ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті

С. Ә. Мәшеков

МАТЕРИАЛТАНУ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ МАТЕРИАЛДАР ТЕХНОЛОГИЯСЫ

3-бөлім

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
оқулық ретінде ұсынған

Алматы 2015

ӘОЖ 620.22 (075.8)
ББК 30.3я73
М 37

Пікір жазған:
Д. Ұ. Смағұлов, техн. ғыл. док., профессор, ҚазҰТУ
*Б. Әбсадықов,*техн. ғыл. док., профессор, ҚБТУ
*С. Үсіпов,*техн. ғыл. док., профессор, ҚБТУ

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2015 жылғы жоспары бойынша басылды.

М 37 Мәшеков С. Ә. Материалтану және құрылымдық материалдар технологиясы: Оқулық. 3-бөлім. – Алматы: ҚазҰТУ, 2015. – 350 б. Сурет 137. Библиогр. – 25 атау.

Оқулық Мемлекеттік білім беру стандартының техникалық мамандықтарға «Материалтану және құрылымдық материалдар технологиясы» жалпы пәні бойынша білім беру талабына сәйкес жазылған.

Машинажасау тетіктерін жасаудың барлық өңдеу сатылары толық қаралған (кеннен тетік бетін өңдеуге дейін).

Бірінші және екінші бөлімдерінде металдар мен қорытпалардың кристалдық құрылымы, кристалдану процестері, пластикалық деформация мен рекристаллизация процестері, құрылымдық материалдардың түрлері мен қасиеттері, айтылған қасиеттерге термо-механикалық және термо-химиялық әсер етудің теориялық және практикалық сұрақтары қаралған. Қорытпаларда құрылатын фазалар мен күйлердің диаграммалары бейнеленген. Термиялық өңдеудің теориясы мен технологиясына үлкен көңіл бөлінген.

Бұл бөлімде машинажасау тетіктерін жасаудың барлық өңдеу сатылары (кеннен тетік бетін өңдеуге дейін) және мынадай қазіргі заманғы және келешегі мол технологиялық тәсілдер қаралған (жеке, сериялы және жаппай өндірістерде қолданылатын): құрылымдық материалдарды алу және өңдеу; құю, пластикалық деформация тәсілдері, пісіру, кесу және басқа тәсілдермен дайындамалар мен машиналар тетіктерін жасау.

«Металлургия», «Машинажасау» және басқа техникалық мамандықтар бойынша оқитын жоғары оқу орындарының бакалаврларына арналған. Жоғары оқу орындарының магистранттарына, ғылыми-зерттеу институттарының ғылыми және инженер-техникалық қызметкерлеріне, металлургиялық және машинажасау өндірісі кәсіпорындарының инженерлеріне пайдалы болуы мүмкін.

ISBN 978-601-228-759-2 (3 б.)
ISBN 978-601-228-756-1 (орт.)

© Мәшеков С.Ә., 2015
© Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰЗТУ, 2015

КІРІСПЕ

Құрылымдық материалдардың технологиясы – бұл қазіргі заманғы өндіріс жайлы, материалдардың қасиеттері, тағы да машиналар мен механизмдер, ғимараттар, аспаптар және басқа техникалық объектілердің әртүрлі тетіктерін жасау үшін қолданылатын материалдарды өңдеудің әртүрлі тәсілдері туралы кешенді ғылым. Өндірістің әрбір саласы өзіне тән ерекшелікті иемденген, бірақ та машинажасау технологиясының негізі болып, оның барлық салаларында қолданылатын жалпы технология саналады. Құрылымдық материалдардың технологиясы кешенді пән болып есептеледі, оның мазмұнына металдар мен материалдарды алудың тәсілдері және дайындамалар мен тетіктерге керекті қасиет пен құрама пішінді беру мақсатымен қолданылатын физика-химиялық өңдеу әдістері туралы қазіргі заманғы жиынтық білім кірген. Құрылымдық материалдардың технологиясы пәнінің мазмұнына келесі тараулар кіреді: қара және түсті металдар металлургиясы; құю өндірісі; қысыммен өңдеу, пісіру, кесумен өңдеу, металл емес материалдар, композитті материалдар.

Оқулық жоғары оқу орындарының машинажасау, металлургия және басқа техникалық мамандықтары студенттері үшін «Материалтану және құрылымдық материалдар технологиясы», «Құрылымдық материалдар технологиясы», «Машинажасау өндірісінің технологиялық процестері», «Өндіріс технологиясы» пәндерінің оқу бағдарламасына сай жазылған.

Оқулықты жазудың мақсаты болып студенттерге машина тетіктерін және әртүрлі аспаптарды жасау үшін материалдарды тағайындау және таңдау әдістерін үйрету, құрылым ерекшелігін, машинажасау материалдарын, тетіктерін қолдану аймағы мен алу технологиясын оқып білу, металдар мен материалдардың технологиялық қасиеті бойынша білім беру, оларды металдарды алудың қазіргі заманғы тәсілдерімен және жоғарғы сапалы машиналар дайындамасы мен тетіктерін жасау үшін

қолданылатын материалдарды құю, қысыммен, кесумен өңдеу технологиясының негізі және басқа да болашағы мол пішінөзгерту тәсілдерімен таныстыру саналады.

Оқулықтың барлық тараулары органикалық байланыспен жазылған, ал материалдарды алудың және қайта өңдеудің технологиялық процестері үшін келтірілген сипаттамалар, олардың химиялық және физикалық мәнінен негіз алған.

Оқулық кіріспеден және тараулардан тұрады.

Қазіргі уақытта отандық және шетелдік әдебиеттерде материалтану және құрылымдық материалдар технологиясы бойынша бірқатар таңдаулы оқулықтар, оқу құралдары жазылған. Осы оқулықтар мен оқу құралдары біздің дәрістердің мазмұнын құруға үлкен әсер етті. Оқулықтың тарауларын жазу үшін негізгі әдебиет ретінде В. С. Чередниченконың «Материалтану, Құрылымдық материалдардың технологиясы», В. Б. Арзамасовтың «Материалтану және құрылымдық материалдардың технологиясы», М. Е. Дрицтің «Материалтану және құрылымдық материалдардың технологиясы», А. М. Дальскийдің «Құрылымдық материалдардың технологиясы» оқулықтары және т. б. оқулықтар, анықтамалар, сөздіктер қолданылды.

Материалдарды баяндау жоғары оқу орындарында оқылатын физика, химия пәнінің деңгейінде жүргізіледі. Керек жағдайда қосымша мәліметтер қысқаша берілген. Оқулықтың соңында кітап жазу үшін қолданылған және терең білім алу үшін пайдаланылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

1. МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІСТІҢ НЕГІЗІ

Бастапқы материалдар және оларды балқытуға дайындау. Металлургиялық пештерде металл мен қорытпаларды өндіру үшін келесі бастапқы материалдарды иемдену керек: руда, отын (егер ол қатты болса) және флюстер. Осы бастапқы материалдарды шихта деп атайды.

1.1. Металл мен қорытпа шығаруға арналған материалдар

Шойын, болат және түсті металдарды шығаруға (өндіруге) мынадай материалдарды қолданады:

1. Кен немесе пайдалы қазбалар;
2. Флюс (кенді қорытуды оңайлату және керекті металды тазарту үшін қосылатын зат, әктас, құм, т. б.);
3. Отын;
4. Отқа төзімді материалдар.

Кен. Табиғатта көп металдар химиялық қосылыс түрінде кездеседі. Мысалы, тотықтар, силикаттар немесе күкіртті қоспалар түрлерінде. Бұл химиялық қоспалар неше түрлі минералдың құрамына кіріп, тау жыныстарын құрайды. Осы уақыттағы техниканың дамуын пайдаланып, тау жыныстарынан металды және оның қоспаларын пайдалы түрде өндеп шығара алатын болсақ, онда кенді өнеркәсіптік деп есептеуге болады. Өнеркәсіптік кен пайдалы екенін шешу үшін, оның құрамында өндірілетін металдың мөлшері қанша екенін табу керек. Мысалы, өндірістік кенде темір 40÷70 %, мыс 3÷5 %, ал молибден 0,005÷0,02 % болуы қажет.

Темір көптеген тау жыныстарының құрамында кездеседі. Бірақ та құрамында темір элементі бар тау жыныстарының бәрі бірдей темір кені бола бермейді. Өндегенде құрамында елерліктей мөлшерде темір элементі бар тау жыныстарын темір кені деп атайды.

Темір кені минерал, бос жыныс және қоспалардан тұрады. Кеннің ең бастысы болып кен минералы есептеледі. Осы кен минералының құрамына темір кіреді. Жиі минералдағы темір оттегі, сирек басқа элементтер және қосылыстармен химиялық байланысқан. Бос жыныс күрделі минералды құратын

кремнезем, глинозем, әк және магнезийден тұрады. Кеннің қоспалары пайдалы және зиянды болып екіге бөлінеді. Пайдалы қоспалар болып марганец, хром, никель, ванадий, вольфрам, молибден, т. б. есептеледі, ал зиянды қоспаларға мыналарды жатқызады: күкірт, фосфор, мышьяк, мырыш, қорғасын және көптеген жағдайда мыс. Бұл қоспалар металдың сапасын нашарлатады (күкірт пен фосфор металдың суыққа және қызуға сынғыштығын жоғарылатады (сәйкес жазылған)), немесе доменді пештің отқа төзімді шегеніне қирата әсер етеді.

Кен минералының типіне байланысты темір кендері мынадай негізгі 4 топқа бөлінеді:

1. Қызыл теміртас немесе гематитті кен. Гематит минералы – сусыз темір тотығы. Таза күйде құрамына 70 % темір және 30 % оттегі кіреді. Бұл ең көп тараған темір кені.

2. Магнитті теміртас немесе магнетитті кен. Минерал – магнетит (72,4 % темір және 27,6 % оттегі).

3. Қоңыр теміртас – құрамында темірі бар темірдің сулы тотықтарының минералдары (құрамына 59,8 %-дан 69 % дейін темір кіреді).

4. Шпатты теміртас – негізін сидерит минералы құратын темір кені (48,3 % дейін темір құрамына кіреді).

Жоғарыда келтірілген төрт темір кендерімен бірге, күкірттік колчедан немесе пирит кендерінің құрамында темірдің едәуір мөлшері бар (46,6 %). Бірақ та пиритті домендік балқытуда қолданбайды. Оны шикізат ретінде күкірт қышқылы өндірісінде қолданады, ал тотыққан темір түріндегі қалдықты аглемаратты өндірген кезде пайдаланады. Тағы да өндірісте мынадай кедей темір кендерін қолданады: магнетитті және гематитті кварциттер. Осы кендердің құрамына 45 % дейін бос кварц түріндегі кремнезем кіреді. Кварциттерді байытып 60 % көп темірі құрамында бар болатын теміркенді концентратты алады.

Темір кенінің құндылығы мынадай шарттармен анықталады:

1. Құрамындағы темірдің мөлшері;

2. Темір құрамына кіретін негізгі минералдың типі;

3. Бос жыныстың құрамы мен қасиеті (SiO_2; $A1_2O_3$; $2SiO_2$; H_20, т. б.);

4. Зиянды қоспалардың (P, S, As, т. б.) мөлшері;

5. Химиялық құрамның тұрақтылығы;
6. Тотықсыздану қасиеті.
7. Беріктігі;
8. Ылғалдығы;
9. Кеуектілігі.

Құрамындағы темірдің мөлшеріне байланысты темір кендері бай (60÷70 %), орташа (50÷60 %) және кедей (40÷50 %) кендер болып үшке бөлінеді. Кедей кендерді әдейілеп өңдейді, оларды байытады. Кенді байытқан кезде олардан керек емес бос жыныстарды алып тастайды. Осы байытудың арқасында құрамында өңделетін металл көп өнім алынады.

Кен орындары химиялық және минералдық құрамға қарай мынадай түрлерге бөлінеді:

1. Магнитті кендер (магнитті теміртас Fe_30_4) – құрамында 55÷60 % темірі бар тығызқара сұр түсті темірдің шала тотығы. Магнитті кендер тотықсызануы қиын кендер қатарына жатады. Бұл кеннің негізгі кенорындары Магнитогорск, Тагил-Кувшин, Қостанай, Курск пен Оралда.

2. Гематит (қызыл теміртас Fe_2O_3) – құрамында 55÷70 % Fe бар, түсі қара-қызғылттан қара сұрға дейін өзгеріп кездесетін темір тотығы. Гематиттің құрамында зиянды қоспалар мөлшері аз және ол оңай тотықсызданады. Бұл кеннің маңызды кендері Курск магнит аномалиясы мен Кривой-Рог бассейні және т. б. жерлерде кездеседі.

3. Қоңыр теміртас ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) – құрамында 37÷55 % Fe бар, табиғатта түрі сарыдан сары-қоңырға дейін өзгеріп кездесетін темірдің сулы тотығы. Кен тез тотықсызданады және құрылымы қуыс, кейде құрамында күкірт, фосфор, кышқыл (мышьяк) сияқты зиянды қоспалар болады. Мысалы, Керчь кенінің қоңыр теміртасы мен Қазақстан темір кендерінің құрамында едәуір фосфор кездеседі. Бұл кеннің негізгі кен орындары Орал (Бокальск), Керчь, Аят, Лысаков, Липецк, Тула, т. б. жерлерде.

4. Карбонатты кендері ($FeCO_3$) – құрамында 30÷40 % Fe бар, сарғыш-ақ түсті темір карбонаты. Сидериттен $FeCO_3$ (темір корбанаты) тұратын кеннің бұл түрін шпатты теміртас деп атайды. Карбонатты кендердің құрамындағы бос жыныстар SiO_2, $A1_2O_3$, MgO түрінде кездеседі, бұл кен темірге кедей

кендер тобына жатады. Сидерит кендерінің бай кенорындарына Бокальск, Златоуст, Киров облысының Омутинск ауданындағы кенорындары жатады.

5. Кешен темір кенорындарына (табиғи қоспаланған кендер) құрамында Ti, Ni, V элементтері кездесетін тау жыныстары жатады. Әдеттегі магнетитпен қосыла өскен титандық қышқылдың темір тұзы негізінде $FeTiO_3$ (ильменит) титан-магнетитті кендер құрылады (36,8 % Fe және 31,8 % Ti). Кендердің мұндай түрі Оңтүстік Оралда, Орск-Халилов аймағында бар.

Қазіргі уақытта шығарылытын кеннің 90 % көбі домендік пешке тиелудің алдында арнайы дайындықтан өтеді. Осы дайындау процесінде жоғарыда көрсетілген кен сипаттамалары едәуір өзгереді. Бірақ та кеннің көптеген қасиеттері аяққы өнімнің сапасы мен қасиетіне қатты әсерін тигізеді Темір кенін бағалаған кезде алдымен темірдің мөлшеріне көңілді бөледі. Темір мөлшері кең алқапта өзгереді. Темір кенінде темірдің мөлшері көп болған сайын домендік пеш экономды және жоғары өнімділікпен жұмыс істейтіндігі түсінікті. Темірдің мөлшері 40 % кіші кендер де қолданылады. Бұл кендер байытылады. Темір мөлшерінің төменгі шегі кенді қолдану мүмкіндігімен анықталады.

Флюстер. Темір кенінен бос жыныстарының құрамына тотықтар кіреді. Бұл тотықтардың балқыту температурасы, домендік пештің ішінде болатын металдардың балқыту температурасына қарағанда жоғары болады (мысалы, Al_2O_3 – 2040 ^oC; CaO – 2570 ^oC; MgO – 2800 ^oC). Бірақ та, егер бұл тотықтардан белгілі бір қарым-қатынаста болатын құрама жасаса, онда тез балқитын құрама пайда болады. Кеннің бос жынысы, концентрат және отынның күлімен тез балқитын қоспалар құру үшін металл балқыту пешіне тиелетін материал *флюс* деп аталады. Кеннің бос жыныстары, концентраттар және кокс отыны шойын өңделген кезде шлак болып ағызылады. Ал болат өндірілген кезде шлак болып флюс, тотық және сульфидтер (күкірттің түрлі металдармен қоспасы) бөлінеді.

Балқыту кезінде домендік пеште пайда болатын шлактың құрамында белгілі мөлшерде тотықтар CaO және MgO кіруі керек. Мұндай талаптың керектігі ол күкіртті металдың

құрамынан алып тастау. Өйткені металда қалған күкірт зиянды болып саналады. Күкірт металға кокстан және темір кенінен балқыту кезінде өтеді. Ғылымның ұсынатыны, ол шлактың құрамында $(CaO + MgO)/(SiO_2 + Al_2O_3) \approx 1$ болуы керектігі. Әдетте кеннің бос жынысының құрамында SiO_2 және Al_2O_3 кіреді. Сондықтан шойын балқытқан кезде флюс ретінде әктас $CaCO_3$ немесе доломиттелген әктас (құрамында $CaCO_3$ және $MgCO_3$) қолданады.

Әдетте шлактың тығыздығы металдың тығыздығына қарағанда аз, сондықтан ол металды балқытқан кезде пештің үстіңгі жағында болады және оңай алынып тасталады. Кейбір уақыттарда металды пештің газынан және ауадан қорғау үшін шлакты қолданады.

Егер шлактың құрамында қышқыл тотықтар (SiO_2, P_2O_5, P-фосфор) бар болса, онда шлак қышқылды деп аталады. Егер шлактың құрамына негізді тотықтар (CaO, MgO, FeO) бар болса, онда шлак негізді деп аталады.

Пештің жұмыс кеңістігінде өте үлкен температура болғанда, шлактар пештің футеровкасымен әсерлесуі мүмкін. Егер пеш қышқылды отқа төзімді кірпішпен қаланған, ал пешке негізді флюс тиелген болса, онда шлакпен отқа төзімді кірпіштердің әсерлесуі пештің футерфкасын қиратуға алып келеді. Егер пеш негізді отқа төзімді кірпішпен қаланған, ал пешке қышқылды флюс тиелген болса, онда шлакпен отқа төзімді кірпіштердің әсерлесуі пештің футеровкасын құлатуға алып келеді. Осындай жағдайлар болмас үшін қышқылды флюсті қышқылды отқа төзімді кірпішпен қаланған пешке тиеу керек. Ал егер пеш негізді отқа төзімді кірпішпен қаланған болса онда негізді флюсті тиеп кенді балқыту керек.

Отын. Металлургиялық пештерде негізгі отын болып кокс, табиғи газ, мазут (мұнайдан керосин, бензин, газолинді айырып алғаннан кейінгі қалдық) және домен пешінің газы қолданылады.

Домендік өндірісте қатты, шашылмайтын тығыз отын керек. Бұл отындар қыздырып балқыту үшін ғана емес, олар тағы да химиялық реактив ретінде темірді кеннен тотықсыздандыруға керек. Жоғарыда айтылған тілектерге сәйкес келетін отын – ол кокс.

Кокты тас көмірді коксқа айналдыратын пеште, 1000 ^{o}C температурада, құрғақ айыру әдісімен алады. Кокты өндірген кезде ауаны кіргізбейді. Кокстау үшін көмірдің қоспаларын қолданады. Бұл көмірдің қоспалары бір-бірімен белгілі қатынаста болуы керек. Кокстау барысында көмір массасы жұмсарады және одан газ сияқты өнім шыға бастайды. Содан соң көмірдің массасы бірігіп уақ тесікті масса құрайды. Кокстау процесі кезінде газ бөлінгендіктен, уақ тесіктері бар масса жарылады және бөлшек-бөлшек болып бөлінеді. Газ сияқты өнімдер кокстау пешінен алынады, содан соң оларды химиялық бөлімге жібереді. Химиялық бөлімде газдан бензол, фенол, көмір шайыры, т. б. бағалы өнімдерді шығарып алады. Кокстау процесі 14÷16 сағ созылады. Содан соң коксештен шығарылады, сумен немесе немесе оқшау (инертный) (басқалармен қосылмайтын газдар) газбен өшіріледі. Кокста 80÷ 88 % C; 8÷12 % күл; 2÷5 % ылғал; 0,5÷1,8 % S (күкірт); 0,02÷0,2 % P (фосфор) және 1,2 % дейін ұшқыш өнімдер бар. Домендік пеште балқытқан кезде шойынның сапасына әсер ететін нәрсе, ол кокстағы күлдің және күкірттің мөлшері. Бұл заттардың мөлшері аз болуы керек. Күкірт зиянды қоспа. Балқытқан кезде ол металға өтеді және оның қасиетін төмендетеді.

Балқыту жүрісіне өте маңызды мағына беретін нәрсе ол кокстың өлшемдері немесе кокстың кесектілігі. Кокстың кесектілігінің өлшемі 25÷60 мм болуы керек. Кокстың жану жылылығы 29,3 МДж/кг болады.

Домендік балқыту кезінде кокстың біраз мөлшерін табиғи газ, мазут және шаң сияқты отынмен айырбастайды. Табиғи газ 90 ÷ 98 % көміртегі және сутегі қоспаларынан тұрады (CH_4 және C_2H_6). Табиғи газға тағы да 1 % азот кіреді. Бұл газдың жану жылылығы 33÷50 МДж/кг. Мұнайдан керосин, бензин және газолинді айырып алғаннан кейінгі қалатын қалдықты мазут деп атайды. Оның құрамында 84÷88 % C, 10÷12 % H_2 және кішкентай мөлшерде күкірт пен оттегі кіреді. Домендік пеште бұл отындар қалпына келтіру атмосферасын жасайды және кеннің темір тотығын қалпына келтіруді тездетеді. Мұның бәрі кокты өнімдеуге әкеледі.

Отқа төзімді материалдар. Металл өндірудің барлық процестері 1200÷2273 К (1473÷2000 °С), кейде бұдан да жоғары температурада жүреді. Сондықтан металл балқыту үшін осындай температураға және қыздыру-салқындауға шыдай алатын материалдар қолдану керек. Жоғары қыздыру-салқындауға бүлінбей, өзінің физика-химиялық қасиетін сақтай алатын заттарды отқа төзімді материалдар деп атайды.

Қара және түсті металлургияның балқыту агрегаттары мен қыздыру қондырғыларының ішкі жағы осындай отқа төзімді материалдармен астарланады.

Технологиялық процестің ерекшелігі мен атқаратын қызметіне байланысты, отқа төзімді материалдарға мынадай шарттар қойылады:

1. Балқытылатын металл немесе балқыманы балқытқан кездегі қыздыру-салқындаудан жоғары қыздыру-салқындауға балқыту агрегаттарының жұмысын қамтамасыз ету үшін материалдың отқа төзімді болуы.

2. Қыздыру-салқындау кенеттен өзгергенде материал өз қалпын сақтап, жарылып сынбай термиялық төзімді болуы.

3. Жоғары қыздыру-салқындау процесіндегі күштік әсерден пайда болатын деформацияға төзімді болуы.

4. Балқыған металл немесе оның тотықтары қож, газбен әрекеттеспеу үшін материалдың химиялық тұрақтылығының жоғары болуы.

Отқа төзімділік дәрежесіне қарай материалдар: төзімділігі орташа 1853 ÷ 2043 К (1580 ÷ 1770 °С), төзімділігі жоғары 2073 ÷ 2273 К (1770 ÷ 2000 °С) және төзімділігі өте жоғары 2273 К (2000 °С-тан астам) болып үшке бөлінеді.

Металлургия өндірісінде көп тараған материалдар химиялық және минералогиялық құрамына байланысты қышқылды, алюмосиликатты, негізді және бейтарап материалдар болып төрт топқа бөлінеді.

Отқа төзімді қышқылды материалдар тобына динас пен кварц құмы жатады. Династан жасалған бұйымдардың түріне байланысты, олардың құрамында 93÷97 % кремнезем SiO_2 болады. Олай болса, династың құрамындағы негізгі зат кварц құмы болып табылады. Династың отқа төзімділігі 1983 ÷ 2003 К (1710÷1730°С). Күштің әсерінен пайда болатын деформацияның

басталуы кезіндегі қыздыру-салқындау 1923÷1943 К (1650÷1670 °С) және термиялық төзімділігі (жылу алмасу саны) 2-3 болады.

Динас бессемер конвертерлерін астарлау, қышқылда болатын процестермен жұмыс істейтін мартен пештерінің алдыңғы және артқы қабырғалары мен түптері, жалын шағылыстырғыш пештердің тік бұнақтары, қабырғалары, күмбездері, қож ұстағыштары мен регенераторлары және шыны қорыту пештерін астарлау үшін қолданылады.

Отқа төзімді алюмосиликатты материалдар шала қышқылды, шамотты, молглиноземді болып үш топқа бөлінеді.

Металлургия өндірісінде шамот пен молглиноземді жадығаттар жиі пайдаланылады. Шамот каолин мен отқа төзімді сазбалшық қоспасын күйдіру арқылы алынады. Бұл материалдың құрамында 30÷46 % $A1_2O_3$ және 50 ÷ 60 % SiO_2 бар.

Түріне байланысты шамоттың отқа төзімділігі 1593÷2003 К (1320÷1730 °С). Күштің әсерінен болатын деформацияның басталуы кезіндегі жоғары қыздыру-салқындауы 1523÷1673 К (1250÷1400 °С), термиялық төзімділігі 20÷25.

Шамот домна пештерін астарлау, оның ауа қыздырғыштары мен мартен пештері регенераторларының қабырғаларын, қож ұстағыштарын, төменгі қабаттары мен әртүрлі қыздырғыш құрылыстарын қалау үшін қолданылады.

Молглиноземді отқа төзімді материалдар құрамында 45 %-дан астам $A1_2O_3$ болады. Бұл материалдардың отқа төзімділігі 2043÷2273 К (1770÷2000 °С). Күштің әсерінен деформацияның басталуы кезінде қыздыру-салқындау 1720÷1878 К (1450÷1600° С), оның термиялың төзімділігі 6÷25.

Молглиноземді материалдар мартен пештерінің регенератор саптамаларының жоғарғы қабырғаларын қалау және әртүрлі қоспалар балқытуға арналған тигельдер жасау үшін қолданылады.

Негізгі отқа төзімді жадығаттар тобына магнезит пен доломит жатады. Магнезитті MgO тау жынысын өндеу арқылы алады. Магнезит материалдарының құрамында магний тотығы MgO 45 %-ға дейін болады. Магнезит материалдары кірпіш және ұнтақ күйінде жасалады. Кірпіш үгіндісінен жасалған магнезит бұйымдарының құрамында 85 % MgO, ал ұнтақ күйінде 85÷91 %-ға дейін магний тотығы болады, отқа төзімділік қыздыру-салқындауы 2273 К (2000 °С-тан жоғары). Күштің

әсерінен пайда болатын деформацияның басталуы кезіндегі қыздыру-салқындауы 1813÷1863 К, термиялық төзімділігі 2-6, ұнтақ бөлшектерінің мөлшері 8÷15 мм.

Магнезит кірпіштері мен ұнтақтары негізді процесс бойынша жұмыс істейтін мартен пештерінің алдыңғы және артқы қабырғалары, бүркеншіктері мен түптері, электр пешінің ішкі қабырғаларын қалау және мартен пеші мен электр пештерінің түптерін пісіру үшін қолданылады.

CaCOз, $MgCO_3$ доломит – құрамында 52÷58 % $CaCO_3$, 35÷38 % $MgC0_3$ және $A1_2O_3$, SiO_2, Fe_2O_3, т. б. қоспалары бар тау жынысы. Бұл материал металлургия өндірісінде шикі және күйдіріліп өңделген күйінде қолданылады. Мартен пештерінің шихта түсіретін тесіктерінің табалдырықтарын, артқы қабырғаларын құю үшін пайдаланылатын доломит 5÷30 мм мөлшерінде ұсақталған шикі күйінде, ал артқы қабырғаларының құламаларына қойылатын доломит 4÷20 мм мөлшерінде күйдірілген күйінде қолданылады. Доломит пен тас көмір қарамайының қоспасын (95 % доломит, 5 % қарамай) жаншу арқылы, болат қорытатын электр пештері мен негізгі конвертерлердің қабырғаларын қалайтын отқа төзімді материал алынады.

Бейтарап отқа төзімді материалдар тобына магнезит-хромнан жасалған бұйымдар жатады. Бұл материалдардың құрамы: 8÷15 % Cr_2O_3, 65÷75 % MgO. Күштің әсерінен деформацияның басталуы кезіндегі жоғары қыздыру-салқындау 1773÷1833 К (1500÷1560 °С), термиялық төзімділігі 25, отқа төзімділігі 2000 °С-тан жоғары.

Соңғы жылдары магнезит-хромит материалдары металлургия өндірісінен динас материалдарын ығыстырып келеді. Өйткені бұл материал негіздік, қышқылдық қасиеті бар ортада жұмыс істеуге тиімді және басқа материалдарға қарағанда отқа төзімділігі мен термиялық төзімділігі жоғары.

Магнезит-хромит материалдары металлургия өндірісінде мартен пештерінің күмбездері мен бүркеншіктерін және болат қорыту пештері мен агрегаттарының ішкі қабырғаларын қалау үшін пайдаланылады.

1.2. Кенді домендік балқытуға дайындау

Домендік пештің өнімділігі, кокстың шығыны және алатын шойынның сапасы балқытуға дайындалған алғашқы материалдың құрамымен байланысты, яғни темір кенінен, кокстан және флюстен. Кендегі темірдің көлемін көбейтсе, кокс бірдей және кішкентай кесектерден тұратын болса, онда домендік пештің өнімділігі өседі, ал кокстың шығыны азаяды. Домендік балқытуға дайындалған шихталық материалда (шихта – кенді балқытып металын алу үшін металлургия пешіне салатын материалдар: көмір, темір кені, флюстер) темірдің ең жақсы мөлшері 60÷61 % екендігін ғылыми зерттеулермен табылған. Бірақ та темірдің мөлшері шығаратын пайдалы қазбалардың құрамында жоғары айтылғаннан төмен болады және көптеген пайдалы қазбалардың құрамында зиянды қоспалар бар. Бұл зиянды қоспалар шойын және болаттың сапасын төмендетеді. Зиянды қоспалар болып күкірт пен фосфор саналады. Домендік шихтада темірдің мөлшерін көбейтуді кенді байытумен, ал домендік пеште шихтаның газөтімділігін жақсартуды ұсақ темір кенін және концентраттарды кесектеумен жетеді, яғни темір кенін балқыту алдында әдейілеп дайындайды. Бұл дайындаудың мақсаты темірдің мөлшерін шихтада көбейту, шихтаның кесектігін біркелкі және кішкентай етіп жасау, ал химиялық құрамын өзгертпеу. Кендегі темірдің мөлшерін 1 % көбейткен кезде пештің өнімділігі 2,0÷2,5 % жоғарылайтындығы, ал кокстың шығыны 1,4÷2 % азаятындығы есептеу және тәжірибе жүргізу жолымен табылған. Кенді балқытуға дайындаудың негізгі әдістері мынадай: уақтау; жіктеу; байыту; кесектеу.

Дайындау әдістері пайдалы қазбалардың немесе кеннің сапасымен де байланысты. Кенді мөлшері бойынша белгілі бір кесек түрінде алу үшін уақтау және сорттау қолданылады. Бұл кесектер балқытуға ең жақсы болуы керек. Кеннің кесектерін уақтау және мөлшері бойынша сорттау үшін әдейілеп жасалған уақтау агрегаттары және топтастырғыштар (тау жыныстарын ажыратын аспап) қолданылады.

Уақтау. Кендерді ашық тәсілмен шығарған кезде кен 1500 мм дейінгі кесек түрінде және жер астынан шығарған кезде 300 мм дейінгі кесек түрінде жер бетіне шығарылуы мүмкін. Кенді уақтауды керекті өлшемі бар кен кесектерін алу үшін өз бетінше жасалатын операция ретінде және темірдің құрамындағы минерал мен бос жыныс арасында бар болатын механикалық байланысты қирату үшін қосалқы операция ретінде кенді байытқанда қолданады.

Уақтаудан кейінгі кеннің өлшеміне байланысты, уақтаудың мынадай 3 сатысын ажыратады:

1. Ірі (уатудан кейінгі кесек өлшемдері 100÷300 мм-ге тең);
2. Орташа (40÷60 мм);
3. Ұсақ (8÷25 мм).

Уақтау процесі уақтау дәрежесімен және нәтижелігімен сипатталады. Уақталу дәрежесін уақтауға дейінгі және кейінгі кесектердің ең үлкен өлшемдері қатынасымен былай анықталады:

$$i = D/d,$$

мұндағы I – уақталу дәрежесі; D және d – уақтауға дейінгі және кейінгі кесектердің ең үлкен өлшемдері (сәйкес жазылған).

Уақтаудың нәтижелілігін шығындалған электрэнергия бірлігіне уақталған материалдың шығуы анықтайды. Уақтау – кенді дайындау жүйесінде ең қымбат операция.

Ұсақ және жұқа уатуды ұсақтау деп атайды және осы ұсақтауды тек байытуға баратын кен үшін қолданады. Ірі, орташа және ұсақ уатуды басымырақ конусты уатқышта іске асырады.

Жіктеу. Жіктеу деп кендерді ірілік бойынша кластарға бөлуді айтады. Металлургиялық зауыттарға байытусыз түсетін кендер үшін жіктеу өз бетінше орындалатын өте маңызды операция болып саналады. Осы операцияны орындаған кезде аглемарация үшін ұсақ кенді (0 ÷ 10 мм) бөліп алады, ал ірі кенді (10 мм үлкен) мынадай екі класқа бөледі: домендік (10÷30 мм) және мартендік (30÷80 мм).

Кен байыту фабрикаларында кенді байытқан кезде, жіктеуді қосымша операция деп санайды. Осы операцияны уақтаумен үйлестіріп қолданады. Бұл уақту қондырғысына тек уақтауды қажет

ететін фракцияны тиеуге мүмкіндік береді. Демек уақтау үшін электрэнергия шығынын азайтуға, уақтау қондырғысының өнімділігін және уақтау сапасын жоғарылатуға мүмкіндік береді. Кенді жіктеуді механикалық ситтерде іске асырады.

Орташаландыру. Тереңде жату және шығару жағдайы бойынша темір кендері тұрақты химиялық құрамға иемденбейді. Кендерде темір мен бос жыныстар мөлшерінің едәуір дәрежеде және жиі тербеліп өзгеруі, домендік пештің жылулық күйі мен шлактың химиялық құрамын жиі өзгертетін жағдайға алып келеді. Бұл пеште балқу процесін біркелкі жүргізбейді. Осылай процесс жүрген кезде кокстың шығыны көбейеді, пештің өнімділігі төмендейді және балқытылып алынған шойынның сапасы нашарлайды.

Домендік пештің көрсеткішіне кеннің химиялық құрамының тұрақты болмай қайшы әсер етуін азайту үшін кенді орташаландыруға түсіреді. Орташаландыру деп химиялық және гранулметриялық құрамды теңестіру мақсатымен теміркенді материалды араластыратын процесті айтады. Барлық шығарылатын кендер кесектеуге түсетін болғандықтан, орташаландырудың негізгі міндеті ең алдымен кенде темір мен кремнезем мөлшерлері тербеліп кетуін азайту. Осы орташаландыру процесінде кендегі темір мен кремнезем мөлшерлерінің тербелісін орташа мәннен ±0,5% аспайтындай орташаландыратын күйге жеткізу керек.

Байыту.Темірдің мөлшерін шихтада көбейту үшін кенді байытады. Байытылған кен екі түрге бөлінеді. Бірінші түрі болып темірдің мөлшері көбейген (60 % жоғары) концентрат есептеледі. Екінші түрі болып темірдің мөлшері азайған шихтаның соңғы жағы есептеледі.

Кендерді байыту әдістері, оған кіретін минералдардың физикалық қасиеттерінің әртүрлі болуына негізделген. Айтылған қасиеттер мынадай:

1. Минералдың тығыздығы;
2. Магниттік күштердің әртүрлігі;
3. Минералдың бет жағының физика-химиялық қасиеті.

Кендердің тығыз минералдарын бос жыныстардан бөлу үшін кенді сумен жуады.

Кенді жеңіл бос жыныстардан босату үшін гравитация немесе бөлектету әдісі қолданылады. Бұл әдіс бойынша суды кен жатқан тербеткіш елеуіштің түбімен ағызады. Осылай судың ағысын қолданғанда жеңіл бос жыныстар жоғарғы жаққа итеріледі және сумен ағызылады, ал кендің ауыр минералдары тербеткіштің төменгі жағына түседі.

Кенді бос жыныстардан бөлу үшін магниттік сепарация (қоспадағы әртүрлі қатты заттардың түйіршіктерін, тығыздығы әртүрлі сұйықтарды, эмульсияларды, сондай-ақ бу мен газда қалқып жүрген қатты түйіршіктерді немесе сұйық тамшыларын бір-бірінен ажырату процестері) әдісі қолданылады. Осы әдіс денелердің магниттік қасиеттерінің әртүрлі болуымен байланысты. Ұсақталған кенге магнитпен әсер етеді. Осы кезде құрамында темірі бар минералдар магнитке тартылады, ал бос жыныстар орнында қалады. Бұл әдіспенен магниттік кендерді байытады.

Қоңыр темір кенін байту үшін оларды магниттік күйдіруден өткізеді. Ол үшін кенді аз тотықсыздандыру атмосферасы бар пеште 600÷800 ^{o}C температурада күйдіреді. Осы жұмыстың арқасында магниттілігі азақ темір тотығы Fe_2O_3 магниттілігі көп темір тотығы Fe_3O_4 өтеді. Осы күйдіруден кейін кенді магниттік сепарацияға жібереді.

Байытылған концетратты керекті өлшемі бар кесекке айналдыру үшін тағы да өңдейді. Ол үшін кесектеу әдісін қолданады. Кесектеу әдісі екі түрге бөлінеді. Біріншісі агломерация, ал екіншісі домалақтау деп аталады.

Темір кенінен (40÷50 %), әктастан (15÷20 %), қайтарылған кішкентай агломераттан (20÷30 %), ұсақ-түйек кокстан (4÷6 %) және ылғалдан (6÷9 %) тұратын шихтаны біріктіру үшін агломерация қолданылады. Біріктіруді агломерациялық машиналарда 1300÷1500 ^{o}C температурада жасайды. Біріктіру кезінде кеннен зиянды қоспалар (күкірт, фосфор, мышьяк) алынады, ал корбанаттар ажырайды. Біріктірілген қоспалардан ұсақ саңылауы бар кесектелген материал шығады. Бұл материал агломерат деп аталады.

Өте кішкентай өлшемі бар концентратты өңдеу үшін домалақтау қолданылады. Кішкентай өлшемі бар концентрат, флюс, отыннан тұратын шихтаны өңдеген кезде оны алдымен ылғалдандырады, ал содан кейін айналатын барабанда өңдеп домалақ түйіршікті жасайды. Бұл түйіршіктердің диаметрі 30 мм және одан да кіші болады. Домалақ түйіршіктерді кептіруді және күйдіруді 1200÷1300 ^{o}C температурада жүргізеді. Күйдірілгеннен кейін домалақ түйіршіктердің керекті қаттылығын және нақ тесіктілігін анықтайды.

Агломерат пен домалақ түйіршіктерді қолдану флюс және әктасты домендік пешке жеке беруді керек етпейді. Өйткені олар агломерат пен домалақ түйіршіктердің құрамына кіреді. Осының бәрі домендік пештің жұмысын жақсартады, оның өнімділігін арттырады және кокстың шығынын азайтады.

1.3. Қазіргі заманғы домендік пештердегі негізгі физика-химиялық процестер

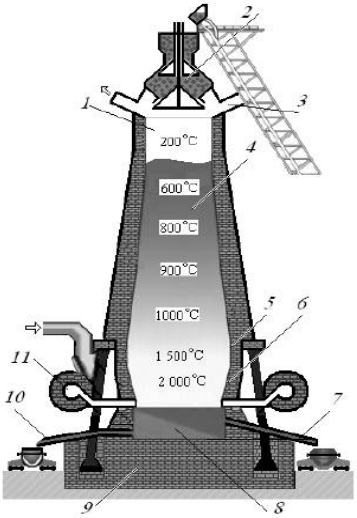
Шойынды қалындығы 30÷35 мм қалың темірмен тысталған, отқа төзімді материалдармен 3 астарланған домна деп аталатын шахталы пеште балқытады. Осы кездегі домна пештері 100 м дейінгі биіктікпен жасалған, ал пайдалы көлемі 2000÷5000 м^3 тең. Оларда тәулігіне 6000 т дейін шойын балқытуға болады. Қосалқы бөліктерін қоса есептегенде күрделі инженерлік құрылыс болып табылады.

Домна пешінің құрылысы мен жұмысы. Домна пеші құрылысының сұлбасы 1.1-суретте көрсетілген. Жұмыс кеңістігі мұнара, шахта, жібіткіш, иықтар, ошақ және лещадьтан тұрады. Алдын-ала дайындалған шихта материалдары (флюстелген агломерат және домалақ түйіршіктер) мұнараға тасушы конвейерлер арқылы жеткізіледі. Мұнараның жоғарғы жағында екі конустан тұратын төгу аппараты орналасқан. Төгу аппаратының атқаратын қызметі, белгілі бір мөлшерде тиісті шихтаны домна пешіне түсіріп тұру. Домна пешіндегі шаң мен газды өткізетін түтікшелер де сол мұнарада орналасқан. Сондықтан да домна процесінде алынатын газды мұнара газы

немесе домна газы деп атайды. Мұнараның төменгі жағында қиық конус пішінді шахта бар. Онда шихта кебеді және темірдің тотықсыздану процестері жүзеге асады. Шахтадан төмен орналасқан кеңірек жібіткіште металл еріп шлак түзіле бастайды. Одан төмен орналасқан кері конус пішінді иықтарда шойын балқытылып шлак бөлінеді. Домна пешінің негізгі бөліктерінің бірі болып ошақ пен лещадь саналады. Ошақтың жоғарғы жағында шеңбер бойымен орналасқан бөлікті фурма деп атайды. Пештің көлемі мен өнімділігіне байланысты осы фурмада саны 12-ден 24-ке дейін жететін шілтерлер жиынтығы орналасқан. Түтік арқылы келетін ыстық ауа (1200÷1300 ^{0}C) осы шілтерден өтіп пештегі болатын физика-химиялық процестердің дұрыс жүруін қамтамасыз етеді.

Ошақтың төменгі жағында шлак ағатын жоғарғы және шойын ағатын төменгі науалар бар. Пайдалы көлемі 5000 м^3, тәулігіне шығаратын өнімі 6000 т болатын домна пештерінде шойын ағатын науалардың саны 3–4-ке жетеді. Ошақтың лещады ірге тасқа орналасқан. Шлак ағатын жоғарғы науа пештің лещадынан 1,5 м биіктікте орналасқан болса, онда шойын ағатын төменгі науа 0,5 м биіктікте ғана орналасқан. Науаларды осылай орналастырғанда шойынмен салыстырғанда шлактың меншікті салмағы төмен екендігі ескерілген. Пеш ошағының диаметрі 10 метрге дейін болуы мүмкін.

Шихталық материалдар кендік аулада орналасқан бункерлерге түседі. Бұл аулаға флюстелген агломерат агломерациялық фабрикадан, ал кокс кокс өндірісінен әкелінеді. Бункерлерден шихталық материалдарды таразы орналасқан бөлмелерге апарады. Мұнда олар өлшенеді. Содан соң өлшенген кокс пен агломерат тиегіш ыдысқа тиелінеді. Екі тиегіш ыдыс ауыр жүк көтеретін шығырдың көмегімен төккіш аппаратқа қарай жантайған көпірдің үстімен қозғалады. Тиегіш ыдыс домендік пештің бас жағына жеткеннен кейін шихтаны қабылдау шұңқырына төгеді. Төгілген жер шихтаны бөлу орны болып саналады. Төккіш аппараттың кішкентай конусы төмен түскенде тостағанға, ал үлкен конусы төмен түскенде домендік пешке шихта құлайды.



1.1-сурет. Шахта типті домендік пештің сұлбасы:
1 – мұнара; 2 – төгу аппараты; 3 – газшығарғыш түтікшілер; 4 – шахта; 5 – кеңірек жібіткіш; 6 – иықтар; 7 – шлак науасы; 8 – ошақ; 9 – лещадь; 10 – шойын науасы; 11 – фурмалар

Домендік пештен газдарды ауаға (атмосфераға) шығармау қажет болғандықтан төккіш аппараттың механизмдері осындай кезекпен жұмыс істейді. Төккіш аппараттың және шихта көтеру ыдыстарының барлық механизмдері белгілі бағдарламамен автоматы түрде жұмысты жасайды. Пеш жұмыс істеген кезде шихталық материалдар ақырындап төмен түседі, ал тиеу құрылғысы арқылы пешке жаңа шихталық материалдар беріледі. Жаңа шихталық материалдар пештің пайдалы көлемі толғанша тиеледі. Шихтамен пештің лещадынан үлкен конустың төменгі жағына дейін толатын көлем пештің пайдалы көлемі деп аталады. Осы заманғы домендік пештердің пайдалы көлемі 2000÷5000 м^3. Домендік пештің пайдалы биіктігі – 35 м. Ошақтың жоғарғы жағында ыстық ауа беретін құрылғы бар. Кокс немесе газ сияқты отын жақсы жануы үшін ыстық ауа беріледі. Домендік пеште жылуды жоғалтпау үшін берілетін ауа алдын ала жылытылады.

Домна процесі. Шойын алу – күрделі химиялық процесс. Домна пешінде материалдар үздіксіз қарама-қарсы қозғалыста болады, өйткені жоғары жақтан шихта материалдары төмен түседі, ал төменнен жоғары қарай отын (кокс) жанғанда пайда болған қалдықтар көтеріледі.

Отынның жануы. Ыстық ауа берілетін жерде, яғни фурма маңында кокстың көміртегісі оттегімен әрекеттесіп жанады

$$C + O_2 = CO_2 = 393{,}51 \text{ кДж}.$$

Реакция нәтижесінде түзілген көміртегінің қос тотығы жоғарғы қарай көтеріліп шихтаның құрамындағы кокспен әрекеттесіп мынандай реакция жүреді:

$$CO_2 + C = 2CO - 171{,}88 \text{ кДж}.$$

Осындай кезде ыстық ауа беретін жерден, яғни фурмадан біраз қашықтықта кокс көміртегінің жартылай жану реакциясы жүреді:

$$C + 1/2\ O_2 = CO = 110{,}5 \text{ кДж}.$$

Кокстың жануының себебінен домендік пеште жылу бөлінеді де газдың тасқыны пайда болады, яғни кокстың жануының нәтижесінде домна пешінде құрамында CO, CO_2 газдары бар газ қозғалысы пайда болады. Сонымен, пештің фурма деңгейінен жоғарырақ аумақта температура 2000 ^oC-тан асатын температураға дейін көтеріледі. Ыстық газ жоғары кетерілген сайын шихта материалдарын қыздырады, ал мұнараға жеткенде өздері 400÷300 ^oC температурасына дейін салқындайды. Газдың температурасы 450÷700 ^oC жеткен пештің бөлімінде көміртегі тотығының біразы ажырайды.

Көміртегі тотығы ажыраған кезде күйелі көміртегі пайда болады. Ол шихталық материалда шөгіп қалады

$$2CO = CO_2 + C \downarrow.$$

Қалған газдар CO, CO_2, N_2, H_2, CH_4 газдарынан тұрады. Осы газдар құбырмен пештен алынады және тазаланғаннан кейін отын ретінде ауақыздырғыштарда қолданылады.

Шихталық материалдар (агломерат, кокс) газдардың тасқындарына қарсы жүріп төмен түседі және олар ыстық

газдармен кездескендіктен қызады. Нәтижесінде шихтада біраз химиялық айналымдар пайда болады. Мысалы, ылғал кетеді, отыннан ұшатын зат бөлінеді, ал шихтаны 570 ^{o}C температурасына дейін қыздырғанда негізгі процесс басталады. Негізгі процесс дегеніміз агломератқа кіретін темір тотығының қалпына келуі.

Домендік пештегі темір тотығының тотықсыздануы. Ыстық газдың үздіксіз қозғалысынан шихта материалдары қызатындықтан, пеште әртүрлі химиялық өзгерістер жүреді: ылғал буланып, отыннан ұшқыш заттар бөлінеді, ал шихта температурасы 570 ^{o}C-ға дейін көтерілгенде темірдің тотықсыздынуы басталады.

Темір екі түрлі жолмен тотықсызданады. Темірдің көміртегі арқылы тотықсыздануын тікелей, ал газбен тотықсыздануын жанама тотықсыздану деп атайды. 570 ^{o}C дейінгі температурада темірдің тотықсыздануы мынадай реакциялармен жүреді:

$$3\ Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2;$$
$$Fe_3O_4 + 4CO = 3Fe + 4CO.$$

Температура жоғарылған сайын (750÷900 ^{o}C) темірдің тотықсыздануы күшейе түсіп тотықсыздану мынадай реакциялармен жүреді:

$$3\ Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2;$$
$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2;$$
$$FeO + CO = Fe + CO_2.$$

Осы температураларда, домна пеші шахтасының төменгі аумағында орналасқан кеннен қатты кеуекті темір пайда болады. Бірсыпыра темірдің шала тотықтары төменгі жібіткішке және иықтарға дейін түседі. Темір тотығының таза темірге дейін тотықсыздануы негізінен тікелей тотықсыздану реакциясы бойынша былай жүзеге асады:

$$CO_2 + C = 2CO$$
$$FeO + CO = Fe + CO_2$$
$$\text{----------}$$
$$FeO + C = Fe + CO.$$

Темірді тотықсыздандыру реакциясына тағы да күйелі көміртегі және сутегі қатысады. Бұлардың реакцияға қатысуы домендік пешке табиғи газ бергенде көбейеді.

Шихта төмен түсе келе пештің 1000÷1100 ^{o}C температуралы аумағына жетеді. Осы температурада кеннен тотықсызданған қатты темір көміртегі тотығы, кокс және күйелі кеміртегімен әсерлесіп үдемелі түрде көміртектенеді. Мұндай көміртектену темірдің қатты күйінде көміртекті еріте алу қабілеттілігіне байланысты, яғни

$$3Fe + 2CO = Fe_3C + CO_2;$$
$$3Fe + C = Fe_3C.$$

Көміртегімен қаныққаннан кейін темірдің балқу температурасы төмендеп, темір төменгі жібіткіш және иықтарға жеткенде толық балқиды. Темір-көміртекті қорытпаның тамшылары кокс кесектерінің арасынан өткенде тағы да қосымша көміртек (4 % жоғары), марганец, кремний, фосформен қанығады. Жоғарыда айтылған химиялық элементтер кеннен тотықсызданады. Темір-көміртекті қорытпа тағы да кокстың құрамына кіретін күкіртпен де қанығады.

Марганец кеннің құрамына мынадай түрмен кіреді: MnO_2, Mn_2O_3, Mn_3O_4. Бұл құрамалар MnO-ға дейін жеңіл тотықсызданады. Біраз MnO 1000 ^{o}C-тан жоғары температурада қатты көміртегімен мынадай реакциямен тотықсызданады:

$$MnO + CO = Mn + CO_2$$
$$CO_2 + C = 2CO$$
$$\text{----------}$$
$$MnO + C = Mn + CO.$$

Осы уақытта марганец тағы да қатты көміртегімен әсерлеседі және карбид Mn_3C құрайды. Мұның бәрі қорытпадағы көміртегінің мөлшерін көбейтуге әкеледі. MnO басқа бөлігі шлактың құрамына кіреді.

SiO_2 түрінде бос кеннің құрамына кіретін кремний 1100 ^{o}C-тан жоғары температурада қатты көміртегімен былай тотықсызданады:

$$SiO_2 + C = SiO + CO$$

$$SiO + C = Si + CO$$
$$\text{----------}$$
$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO.$$

Пайда болған кремний темірде ериді. Ал SiO_2 қалған бөлімі шлактың құрамына кіреді.

Фосфор кенге $(FeO)_3\ P_2O_5$ және $(CaO)_3\ P_2O_5$ түрінде кіреді. Жартылай темір фосфаты көміртегі тотығымен былай тотықсызданады:

$$2Fe_3\ (PO_4)_2 + 16CO = 2Fe_3P + 2P + 16CO_2.$$

Температура 1000 ^oC жоғары болса, онда тотықсыздандыру қатты көміртегімен былай жүреді:

$$2Fe_3\ (PO_4)_2 + 16C = 2Fe_3P + 2P + 16CO.$$

Температура 1300 ^oC жоғары болса, онда тотықсыздандыру кальций фосфатында төмендегідей жолмен жүреді:

$$(CaO)_3\ P_2O_5 + 16C = 3CaO + 2P + 5CO.$$

Пайда болатын темірдің фосфиді (Fe_3P) және фосфор түгел темірде ериді және шойынның құрамына кіреді.

Органикалық күкірт және қоспалар (FeS_2, FeS, $CaSO_4$) түрінде кен және кокста күкірт болады. Күкірт ұшатын болғандықтан, олардың бірыспырасы шихтаны пеште қыздырған кезде газбен бірге шығып кетеді. Оттегі үрлейтін жерде күкірт кокстан тотығады SO_2 дейін, содан кейін газбен жоғары шыққанда қатты көміртегімен былай тотықсызданады:

$$SO_2 + 2C = S + 2CO.$$

Осыдан кейін бірталай күкірт S және FeS түрінде шойында ериді. Күкірт зиянды қоспа болып есептеледі, өйткені олар шойынның сапасын төмендетеді. Күкіртті металдан ажырату үшін CaO мөлшерін шлакта көбейтуге тырысады. Осы себептен бірталай күкірт металдан алынып шлакқа кетеді. Күкірттің шлакқа CaS түрінде өтуі мынадай реакциямен жүреді:

$$FeS + CaO = CaS + FeO;$$
$$FeO + C = Fe + CO.$$

Сөйтіп, темір тотығының, біраз марганец пен кремний тотықтарының, содан соң фосфат пен күкірт қоспаларының тотықсыздану процестерінің нәтижесінде, тағы да темірде көміртегі, марганец, кремний, күкірт және фосфордың еруінің нәтижесінде шойын пайда болады.Ештің төменгі жағында кеннен бос жыныстар тотықтары, флюстер қалдықтары және отын күлінің қалқып шығуы нәтижесінде шлак пайда болады. Домендік пеште жұмыс жасалған да кеннің бос жыныстарына кіретін Al_2O_3, CaO, MgO тотықтарының бәріде шлакқа ауысады. Шлактың құрамына тағы да тотықсызданбаған SiO_2, MnO, FeO және CaS тотықтары кіреді. Шлак біртіндеп пайда болады және оның құрамы ошаққа ағып барғанға шейін өзгереді. Ошақта шлак шойынның үстіне жинала береді, өйткені оның тығыздығы шойынға қарағанда кіші.

Шлак пен шойын жиналған соң, оларды пештен жібереді. Шойынды 3 ÷ 4 сағ кейін жібереді, ал шлакты 1,0 ÷ 1,5 сағ соң ағызады. Шойын мен шлакты сәйкестесіктерден шығарып жібереді. Шойын шығатын тесікті бұрғылау машинасымен ашып, шойын шығып болғаннан кейін отқа төзімді массамен жабады. Шығарылғаннан кейін шойынды шойын таситын ожауға, ал шлакты шлак таситын тастағанға төгеді. Бұл ожау мен тостаған темір жол платформасында орналасқан. Шойын таситын ожаудың сыйымдылығы 90 ÷ 140 т.

Сонымен темірдің көміртегімен күрделі қорытпасы – шойын пайда болды. Оның құрамында қоспалар бар екендігі жоғарыда айтылды. Дәлірек айтқанда шойын дегеніміз құрамында 2,14 %-дан астам көміртегісі бар күрделі темір қорытпасы.

Шойынның құрымында 92 %-ға дейін темір, 2,14 %-дан 5 %-ға дейін көміртегі, 4,3 %-ға дейін кремний, 2,0 %-ға дейін марганец, 0,07 %-ға дейін күкірт, 1,2 %-ға дейін фосфор болады.

Домна процесінің өнімдері. Домна пештеріне екі сұйық өнім – шойын мен шлак және мұнара газы алынады. Шойын ақ шойын (томас, бессемер, мартен шойындары) және сұр (құйма) шойын болып екіге бөлінеді.

Ақ шойыннан конвертор және мартен пештерінде болат алынады. Оның құрамында 4,0 ÷ 4,4 % C; 0,6 ÷ 0,8 %-ға дейін Si; 0,25 ÷ 1,0 %-ға дейін Mn; 0,15 ÷ 0,3 % P және 0,03 ÷ 0,07% S бар.

Ақ шойынның құрамында темір мен көміртегі химиялық қосылыс түрінде (Fe_3C – цементит) кездесетіндіктен, оның қаттылығы жоғары, сынығы ақ түсті, морт сынады, өңделуі өте қиын. Домна пештерінде балқытылатын шойынның 80÷90 % ақ шойын түрінде қорытылып, болат өндірісіне жіберледі.

Құйма шойынның құрамында кремнийдің мөлшері жоғары болғандықтан (2,75÷3,25 %), көміртегі графит (механикалық қоспа) түрінде кездеседі. Бұл шойынның сынығы сұр түсті, өзі жұмсақтау болғандықтан, оны құрылымдық материал ретінде қолданады. Осы шойыннан салмағы 15 ÷ 25 кг болатын чушка-қорытпа жасап тұтынушыға жібереді. Домна пешінде алынатын құйма шойындардың мөлшері 8 ÷ 18 %.

Ферроқорытпа деп құрамында белгілі бір элементтің (Si, Mn, Cr, Mo т. б.) мөлшері шектен тыс көп болатын шойындарды айтады. Оларды болатты балқытқанда қоспалау үшін қолданады. Домнадан алынатын өнімнің 2÷3 % осы ферроқорытпалар.

Домна пешінде қосымша өнім ретінде шлак пен мұнара газы алынады. Шлактан шлаковата (жылу өткізбейтін материал), шлакблок, цемент жасалады. Тазартылғаннан кейін мұнара газы домна пешіне үрлейтін ауаны қыздыруға және металлургиялық зауыттарда отын ретінде қолданалады.

1.4. Кеннен темірді тура тотықсыздандыру технологиясы

Металлургияда технологиялық прогрестің маңызды бағыты болып домендік пешті қолданбай тотықтардан темірді тура тотықсыздандыру (төменгі және жоғарғы температурада) саналады. Кокстанатын көмір қорының қысқаруы, оның бағасының үлкеюі, шойын мен сүймен негізінде таза сапалы болатты алу қиындығы, домендік пештің капиталсыйымдылығының жоғарылауы, қоршаған ортаны қорғау керектігімен кокссыз металлургияны қолдану кеңінен таралып келеді. Коксхимиялық өндіріс биосфераны ластандыратын ірі көз екендігі белгілі.

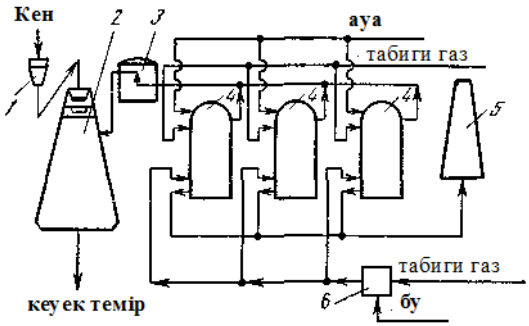
Темірді тура тотықсыздандырудың сипаттамасы ретінде шикізаттың құрамында болатын (%), тотықсыздандырылған темірге сәйкес келетін, алынған өнімді металдандыру дәрежесі қабылданған. Тура тотықсыздандырудың өнімі болып металданған материалдар саналады, яғни тура

тотықсыздандырумен кеуек темір, т. б. өнімдерді алады. Белгілеуі бойынша осы алынған өнімдерді мынадай 3 топқа бөледі: домендік (70 ÷ 85 % Fe); болат балқыту өндірісі үшін (90÷98 % Fe); шихталар және темірлік ұнтақ өндіру үшін бастапқы өнім (99 % Fe).

Кеннен төменгі температурада темірді тура тотықсыздандыруды агрегаттардың әртүрлі типтерінде кенді кесектендіретін процесте іске асырады.

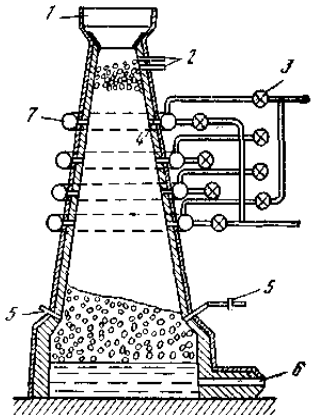
Кокссыз металлургия процесі 1.2-суретте көрсетілген. Қабылдау шанағынан 1 түсетін бастапқы материалды (бай кен немесе кенбұршақ) тотықсыздандыруды шегенделген шахталық пеште 2 жүргізеді. Регенератор типті периодты конверторлар 4 табиғи газды бумен өңдеу жолымен тотықсыздандыратын газды алу үшін пайдаға асады. Олар араластыру араластырғышта 6 жүргізіледі. Конвертордың саптамасын қыздыру, ал олар арқылы тотықсыздандыратын газды қыздыру, жанған табиғи газдың жылуымен іске асырылыды. Жану өнімдері түтін құбыры 5 арқылы шығарылады. 900 ÷ 950 ^{o}C температурасына дейін қыздырылған тотықсыздандыратын газ температураны теңестіретін жабық 3 арқылы өтіп пешке түседі.

Сұйық темірді тура тотықсыздандырған кезде қолданылатын бір сатылы жоғарғы температуралы процесс өте ұтымды. 1350÷1650 ^{o}C температураларында тотықсыздандыру реакциясы және жылу алмасу процестері едәуір қарқынды жүреді.



1.2-сурет.Кеннен темірді тура тотықсыздандырғанда қолданылатын төменгі температуралық процестің сұлбасы

Қарсы ағынды шахталық пеште сұйық темірді алудың жоғары температуралық бір сатылы процесі 1.3-суретте көрсетілген. Кен тиеу құрылғысы 1 арқылы пешке түседі. Тесік 2 арқылы оттегіні пешке кіргізеді. Жоғалқан жылуды толықтыру мақсатымен осы оттегі пештің жоғарғы жағында СО біткенше жағуды қамтамасыз етеді. Сақиналы құбыр 7 және тесік 4 қолданып тотықсыздындыратын газ пешке беріледі. Концентрациясы бойынша тотықсыздындыратын атмосфераны реттеу клапан 3 көмегімен жүргізіледі. Тотықсызданған темірдің балқуын шілтір 5 көмегімен іске асырады. Тура тотықсыздандырудың өнімін шығарғыш тесік 6 арқылы ағызады.



1.3-сурет. Кеннен темірді тура алудың жоғарғы температуралық процесінің сұлбасы

1.5. Болат өндірісі. Өндірістің мәні

Болат өндірісінің басты материалы. Болат өндірудің алғашқы және негізгі материалы болып қайта өңделетін шойын және болат сыныктары есептеледі. Қайта өңделетін шойын және болаттың химиялық құрамдарын салыстырғанда байқалатыны, ол шойынға қарағанда көміртегі және басқа қоспалардың мөлшері болатта елеулі түрде аз болуы (1.1-кесте).

Сөйтіп, шойынды болатқа айналдыру үшін, осы шойындағы көміртегі мен қоспалардың мөлшерін азайту керек. Сондықтан

шойынды болатқа металлургиялық жолмен айналдырудың мәні болып, көміртегі мен қоспалардың мөлшерін іріктеп тотықтандыру арқылы азайту болып есептеледі. Тотықтандырған кезде көміртегі мен қоспалар шлак пен газға балқыту температурасында өтеді. Шойынды болатқа айналдырудың бірінші кезеңінде іске асырылатын тотығу реакциясы нәтижесінде көміртегі оттегімен қосылып CO құрайды және пештің атмосферасына ұшып кетеді. Кремний, марганец, фосфор, күкірт тотықтарды және басқа қоспаларды құрайды. Бұл тотықтар мен құрамалар металда ерімейді немесе аз ериді (SIO_2, MnO, CaS), сондықтан балқыту процесі кезінде шлакқа жартылай кетіріледі.

1.1-кесте

Қайта өңделетін шойын және көміртегісі аз болаттың құрамы

Материал	Құрамы				
	C	Si	Mn	P	S
Ақ шойын	4,0–4,14	0,76–1,26	1,75-ке дейін	0,15–0,3	0,03–0,07
Көміртегісі аз болат	0,14–0,22	0,12–0,3	0,4–0,65	0,05	0,055

Бірақ қоспаларды толық тотықтандыру өте қиын екен. Мұның себебі, қоспалардың темірге қарағанда оттегіге өте үлкен ұқсас болуына қарамай, олардың мөлшері азайған сайын массалар қатынасы заңы сақталып, осы қоспалардың тотықпауы. Қоспалардың тотығуы аяқталған кезде темірдің тотықтануы басталады. Темірдің тотықтары темірде ериді және оттегімен металды қанықтырады. Оттегісі бар болат қысыммен өңдеуге жарамайды, өйткені осы металдан жасалған дайындаманың түрін өзгертіп бұйым жасаған кезде жарықтар пайда болады.

Оттегінің мөлшерін болатта азайту үшін балқыту процесінде оны әдейілеп түріп қышқылсыздандырады, яғни болатқа оттегіге өте үлкен ұқсастығы бар элементтерді кіргізеді. Болаттың оттегісімен әсерлесе отырып бұл элементтер ерімейтін тотықтар құрайды. Бұл тотықтардың біраз мөлшері шлакқа қалқып шығады. Болатты қышқылсыздандыруға ферроқорытпалар (ферросилиций, ферромарганец, алюминий) қолданылады. Қышқылсыздандыруды болат балқытудың ең соңғы кезеңінде жүргізеді.

Сонымен, болаттың сұр шойыннан негізгі айырмашылығы құрамында көміртегі мен зиянды қоспалардың аз болуында. Болат дегеніміз – құрамында 2 %-ға дейін көміртегі, аз мөлшерде Si, Mn, P және Cr, V, Ti сияқты қоспалаушы элементтері бар күрделі қорытпа. Болатты алу үшін негізгі материалдар ретінде ақ шойын мен болат сынықтарын қолданады. Көміртегі мен қоспалар шойынға қарағанда болатта аз болатындығын 1.1-кесте көруге болады.

Сондықтан, қайсыбір металлургиялық өңдеу жолымен шойынды болатқа айналдырған кезде, балқыту процесінде көміртегі мен қоспаларды тотықтырып, газ бен шлаққа көшіреді. Шойынның құрамында темір көп болғандықтан, болатты балқытатын пеште шойын мен оттегі әрекеттесіп, темір былай тотықтана бастайды:

$$Fe + 1/2O_2 = FeO + 263{,}68 \text{ кДж}.$$

Темірмен қатар Si, P, Mn, C, т. б. элементтер тотықтанады. Пештік атмосфераның газтотықтырғыштары металмен әрекеттесіп металда еріген осы элементтерді тотықтырып мынадай реакциялар жүреді:

$$[Si] + O_2 = (SiO_2);$$
$$[Mn] + 1/2O_2 = (MnO);$$
$$[C] + 1/2O_2 = CO.$$

Айтылған қоспалардың тотығуы металда еріген оттегімен былай да жүруі мүмкін:

$$[Si] + 2[O] = (SiO_2);$$
$$[Mn] + [O] = (MnO);$$
$$[C] + [O] = CO.$$

Пайда болған (құрылған, түзілген) темір оксиді жоғарғы температурада темірмен қанығып оттегісін шойындағы қоспаларға беріп, оларды тотықтырады:

$$2FeO + Si = SiO_2 + 2Fe + 330{,}5 \text{ кДж};$$
$$5FeO + 2P = P_2O_5 + 5Fe + 225{,}94 \text{ кДж};$$
$$FeO + Mn = MnO + Fe + 122{,}59 \text{ кДж};$$
$$FeO + C = CO + Fe - 153{,}93 \text{ кДж}.$$

Сұйық металда (қорытпада) темір оксиді қаншама көп болған сайын қоспалар жылдамырақ тотықтанады. Қоспалардың тотықтануын жылдамдату үшін болат ерітілетін (қорытылатын) пешке темір кеңдерін, темір қағы бар темір оксидтерін қосады. Сонымен қоспалардың көпшілігі темір оксидінің оттегісімен тотықтанады. Балқытудың бас кезінде, металдың температурасы төмен жағдайда, кремний, фосфор, марганец қарқынды түрде тотықтанып жылу бөлініп шығады, ал көміртегі тек жоғарғы температурада (балқытудың орта шегінде және соңында) қарқынды тотықтанады. Болат балқыту пешінде шихта ерігеннен кейін екі бірікпейтін орта пайда болады: сұйық металл мен шлак. Металл мен шлактың тығыздығы әртүрлі болғандықтан, олар бөлініп тұрады. Ерімейтін қоспалар тығыздықтарына байланысты, не шлакқа, не металға қосылады. Шлакты алғаннан кейін, қажетті мөлшерде флюсті қоса отырып шлак арқылы металдан зиянды қоспаларды (күкірт, фосфор) бөліп алады (не азайтады). Сондықтан шлак құрылымын флюс арқылы реттеу металлургиялық процестердің дамуының басты бағыты деп есептеледі. Осы заңдылықтарды пайдалана отырып, болат өндіру мынадай кезеңдерден тұратынын талдайық.

Бірінші кезең. Бұл кезеңде металдың температурасы жоғары емес. Темір жылдамырақ тотықтанып, содан кейін Si, P, Mn тотықтанады. Ең басты мәселенің бірі шлакқа фосфорды бөліп алу. Фосфор ангидриді темір оксидімен нашар қоспа $(FeO)_3P_2O_5$ құрайды. Төменгі температурада төменде келтірілген формула бойынша фосфор шлакқа өтіп кетеді.

$$2[P] + 5(FeO) + 4(CaO) = (CaO)_4\,(P_2O_5) + 5Fe.$$

Екінші кезең. Температура көтерілген сайын сұйық металл қайнай бастайды. Бұл кезеңде металдан күкіртті бөліп алу мүмкіндігі пайда болады. Болаттың құрамында күкірт сульфид (FeS) түрінде кездеседі. Температура жоғарылаған кезде Fe шлакта балқиды (ериді), демек күкірт металдан шлакқа өтеді.

$$FeS + CaO = CaS + FeO.$$

Бұл реакция металл мен шлак шекарасында да өтеді.

Үшінші кезең. Балқу кезінде қоспаларды тотықтандыру үшін оттегінің көп болғаны жақсы, ал болат дайын болғанда ол

зиянды қоспа болып кетеді. Өйткені болаттың механикалық қасиетін төмендетеді. Болатты тұндырады және диффузиялық әдістерімен қышқылсыздандырады. Тұндыру әдісінде сұйық болатқа көміртегілес, ерігіш ашытқыларды қосады (FeMn, FeSi, Al). Болат балқыту агрегаттарында мынадай реакция бойынша тереңдетілген (металдың ішіне) қышқылсыздандыру қолданады:

$$[Si] + 2[O] = (SiO_2);$$
$$[Mn] + [O] = (MnO);$$
$$2[A1] + 3[O] = A1_2O_3.$$

Нәтижесінде MnO, SiO_2, Al_2O_3 тотықтары түзіледі, олардың салмағы темірден төмен болғандықтан шлакқа қосылады.

Диффузиялық әдісте де шлакты қышқылсыздандыруды қолданады. Ол үшін ферромарганец, ферросилиций ұсақталып шлактың бетіне себіледі. Осындай диффузиялық қышқылсыздандыруды (шлакқа) тотықтырғыш атмосферасы бар агрегаттарда (мысалы, конверторлар, мартендік пештер) жиі қолданады. Диффузиялық қышқылсыздандыруды қолданғанда мынадай реакция жүреді:

$$2(FeO) + Si = (SiO_2) + 2Fe;$$
$$(FeO) + C = Co + Fe;$$
$$3(FeO) + 2A1 = (A1_2O_3) + 3Fe.$$

Темірдің шала тотығы болатта азайып шлакқа ауысады, яғни болатта FeO мөлшері тез азайып болаттың сапасы жоғарылайды. Құрылған тотықтар сұйық болаттың бет жағына қалқып шығады және шлакка өтеді. Темір тотығынан және оттегіден толық тозартылған болатты *тыныш* болат деп атайды. Осындай болаттың құймакесегі тығыз болып кристалданады және газдық көпіршіктер мен кеуектер пайда болмайды. Тыныш болатта құрамында көміртегінің едәуір мөлшері қалып қалады. Бұл болатты мертендік және электрдоғалық пештерде балқытады.

Қайнайтын болат тыныш болатпен салыстырғанда арзан. Осы болаттың құрамында кремний тіпті жоқ. Кремний болатқа морт сыну қасиетін беретіні белгілі. Қайнайтын болат жақсы қалыптанады, яғни жақсы деформацияланады.

Марганец, кремний немесе алюминийдің мөлшері құрамында аз жартылай қышқылсыздандырылған болатты жартылай тыныш болат деп атайды.

Қайнайтын болаттың тотықсыздануы металдағы FeO мен көміртегінің әрекеттесуі нәтижесінде қатаю кезінде де былай жалғаса береді:

$$FeO + C = Fe + CO.$$

Реакциясы кезінде көміртегі тотығы ажырап, болаттан азот пен сутегінің бөлінуіне әсерін тигізеді. Газ көміртектеніп шығып, болатты қайнатады. Қайнайтын болаттың құрамында металл емес бөгде бөлшектер болмайтындықтан, оның созылғыштық қасиеті жоғары болады. Болат өндірудің негізгі әдістеріне оттегілі конверттерлерде, мартен пештерінде және доғалы электрпештерде болаттарды балқытып өндіру жатады.

1.6. Болат өндірудің мартен әдісі

Мартен пешінде шихта материалдары ретінде шойын, болат сынықтары, темір кені, балқыған шойын, қоспалаушы элементтер, ферроқорытпалар пайдаланылады. Отын ретінде табиғи газ, мазут, кокс және домна газы пайдаланылады. Әртүрлі тотықтар (FeO, Fe_2O_3, CaO, MnO, P_2O_5, т. б.) мен үгілген пеш қаламалары өзара әрекеттесіп қож түзеді. Отқа төзімді пеш қаламаларының құрамына сәйкес, мартен процесі *негіздік* (пеш ұлтанының қаламалары CaO, MgO, т. б. тотықтардан жасалған) және *қышқылдық* (пеш ұлтаны SiO_2) процесс деп екіге ажыратылады.

Шихта құрамына сәйкес мартен процесі негізінен 2-ге бөлінеді:

1. Скрап-кен процесі. Шихта құрамы 55 ÷ 75 % сұйық шойыннан, қалғаны металл сынықтары мен темір кенінен тұрады. Бұл әдісті домна пеші бар металлургиялық зауыттар қолданады.

2. Скрап-процесс. Мұндағы шихта құрамына болат сынықтары және 25 ÷ 45 % қатты шойын кіреді. Болат өндірудің бұл әдісі өзінде домна пеші жоқ, металл сынықтары мол, өндіріс шоғырланған жердегі зауыттарда қолданылады. Осы екі

процесте де флюс ретінде әктас – $CaCO_3$ (металл салмағынан 8÷12 %) қолданылады.

Негізді мартен пешінде болатты балқытатын скрап-кен процесі кеңінен қолданылады. Пешке алдымен темір кені мен әктас салып қыздырып, болат скрап (металлургия өндірісінің қалдығы, ол қайта қорытылып іске жаратылады) қосып, сұйық шойын құяды. Балқу процесінде темір кені және скрап шала тотықтары мен шойын қоспалары әрекеттесіп тотықтанады.

Күкіртті темір мен әктас әрекеттесуі нәтижесінде күкірт сульфиді бөлініп шығады.

Балқу процесін қарқындату (күшейту) және қоспаларды тотықтандыру үшін, сумен салқындайтын фурмалар арқылы ваннаға оттегі үрлейді. Оттегіні үрлеу нәтижесінде балқу процесінің уақыты 2÷3 есе азайып, отын мен темір кенінің шығыны кемиді.

Шихта ерігеннен кейін қайнау мезгілі басталады. Осы кезде металдағы көміртегінің тотықтануы күшейе түседі. Көміртегі қажетті мөлшерге жетіп, күкірт пен фосфор азайғанда, қайнату тоқтатылып болатқа ферромарганец, ферросилиций және алюминий қосып қышқылсыздандырады. Болатты пештен құйып алған соң, оны шөміште алюминий және ферросилициймен біржолата қышқылсыздандырады.

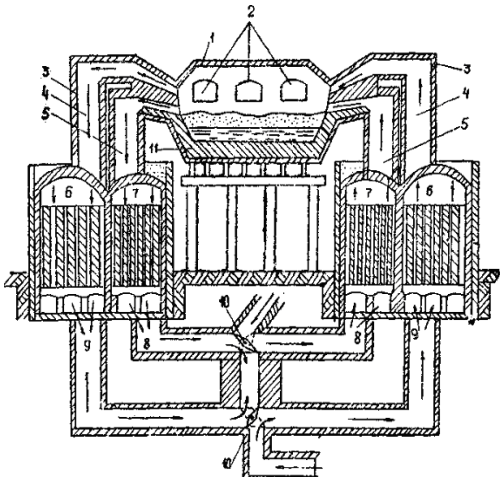
Негізді мартен пештерінде көміртегілі конструкциялық, аз және орташа қоспаланған (марганецті, хромды) болаттар балқытылады.

Қышқылды мартен пештерінде балқытылатын шихтаның құрамында фосфор мен күкірт аз болуы қажет. Негізді пешке қарағанда қышқылды пеште балқыған болаттың құрамында сутегі мен оттегі де аз болады. Сондықтан қышқыл болаттардың механикалық қасиеттері жоғары болып, ірі жылжытқыштардың иінді біліктерін, қуатты турбиналардың роторларын, шарикті мойынтіректер жасауға қолданылады.

Мартен пешінің құрылысы. Газбен жұмыс істейтін мартен пешінің сұлбасы 1.4-суретте көрсетілген. Пештің жұмыстық немесе балқыту кеңістігі көлденең соғылған кең үңгірден тұрады. Жұмыс кеңістігі күмбез 1 және табан 11, алдыңғы және артқы қабырғалар, бүркеншіктермен 3 айнала

қоршалған. Пештің алдыңғы жақ қабырғасында жапқышпен жабылатын, шихта түсіруге, шойын құюға, процесті бақылауға және сынамалар алуға арналған терезелер 2 бар. Артқы қабырғасында болатты ағызатын науа бар. Пештің табаны болат ағатын жаққа қарай қия жасалады. Пеш бүркеншіктерінде газ (немесе мұнай) және ауа өтетін, әрі жану өнімдерін шығаратын симетриялы орналасқан 4 және 5 бұнақтары бар. Газ бен ауаны қыздыратын 6 және 7 регенератор саптамаларының төменгі жағы газ бен ауа жүретін және жану өнімдерін шығаратын 8, 9 бұнақтарымен байланысқан. Жанатын газ бен ыстық ауа қызып тұрған 6,7 регенераторлар арқылы пешке барады. Газ жанғанда шихта мен пештің маңдайшасын қатты қыздырып шихтаны ерітеді. Жылжымалы клапанды 10 мезгіл-мезгіл 30÷40 мин сайын ашып жабу нәтижесінде газ бен ауаның және жану өнімдерінің қозғалу бағытын өзгертіп тұрады. Ауа мен газ бірде оң жақтағы бүркеншікте келсе, енді бірде сол жақтан енеді. Пешке енетін ауа мен газдың температурасы 1100÷1200 °С шамасында болып, пешті қыздырғанда температура 2000 °С-қа жетеді.

Мартен пешінің жұмыстық кеңістігінде отын жанғанда, оның түтіні бүркеншек, қож ұстауыш, регенератор саптамалары арқылы өтіп, оларды қыздырады. Онан соң түтін мұржа арқылы сыртқа шығады.



1.4-сурет. Мартен пешінің құрылысы

Мартен пешінің жұмыс істеу принципі. Шихталық материалдарды пешке тиеу үшін тиеу терезелерін қолданады. Металл балқытылып болған соң болат жіберу тесігі арқылы ағызылады. Пештің екі бүйірінде пеш бастары бар. Бұл бастар отынды ауамен араластыруға және араластырылған қоспаны балқыту кеңістігіне беруге қажет.

Газды отынмен жұмыс істегенде ауаны қыздыру үшін екі регенераторды қолданылады. Регенератор бөлме түрінде қаланған. Балқыту пешінен шыққан газдардың температурасы 1400÷1500 ^{o}C. Регенератордың ішіне кіргеннен кейін осы газдар отқа төзімді материалдарды 1250÷1280 ^{o}C дейін қыздырып, ал газдардың өздері 500÷600 ^{o}C дейін суып түтін мұржасы арқылы кетеді. Осыдан кейін регенератор арқылы пешке ауа беріледі. Бұл ауа отқа төзімді материалдар арқылы өтіп 1100÷1200 ^{o}C дейін қыздырылады. Қыздырылған ауа пештің бастарына барып отынмен араласады. Пештердің бастарынан шыға берісте шырақ пайда болады. Пайда болған шырақ шихтаға қарай бағытталады. Пештен шыққан газдар шаңнан, шлактың кішкене бөлшектерінен тазартылып екінші регенераторға жіберіледі. Осы газдар регенератордың отқа төзімді материалдарын қыздырып түтін мұржасы арқылы шығарылады. Осылай регенератор бірінен кейін бірі жұмыс істеп ауаны қыздырады.

Шырақ жалының температурасы 1750÷1800 ^{o}C. Осы шырақ пештің жұмыс істеу кеңістігін және шихтаны қыздырады. Шырақтың тотықтандыру қасиеті бар. Сондықтан шырақ қоспаларды тотықтандыру жағдайын бүкіл балқыту уақытында жасайды.

Скрап-кен процесі бойынша мартендік пеште болат балқытуды мынадай жолмен жүргізеді. Пештің астыңғы жағын тексеріп және жөндегеннен кейін жинаушы машинаның көмегімен темір кенін және әктасты пешке тиейді. Тиелген материалдар қызғаннан кейін скрап пешке беріледі. Скрапты қыздырып болғаннан кейін сұйық шойынды пешке құяды. Осы сұйық шойын скраптың ішімен өтіп бара жатып темір кенімен әсерлеседі. Балқыту кезінде кен мен скраптың темір тотығының әсерінен шойынның қоспалары үдемелі түрде былай тотықтанады.

$$2Fe_2O_3 + 3Si = 3SiO_2 + 4Fe\ ;$$

$$5Fe_2O_3 + 6P = 3P_2O_5 + 10Fe;$$
$$Fe_2O_3 + 3Mn = 3MnO + 2Fe;$$
$$Fe_2O_3 + 3C = 3CO + 2Fe.$$

Тотықтар SiO_2, P_2O_5, MnO және әктастан бөлінетін CaO шлак құрайды, ал бөлінетін көміртегі тотығы (CO) шлакты көбіктендіреді. Осы себептен шлак пештен шлактық ыдысқа жіберіледі. Шлакты құрау және жіберу шихтаның бәрі балқытылып болғанша жүре береді. Осы балқыту уақтында кремнийдің бәрі тотықтанады, ал марганец пен көміртегінің барлығы дерлік тотықтанады. Тағы да айтылатын нәрсе, ол фосфордың үдемелі түрде болаттан алынуы.

Шихтаны тиеу, шойынды балқыту ақырын жүреді. Содан соң отын көп жұмсалады. Балқытуды үдемелеу үшін және қоспаларды тездетіп тотықтандыру үшін шойын құйылғаннан кейін пешті оттегімен үрлейді. Оттегі пешке сумен суытылатын фурма арқылы беріледі. Оттегі берілген соң біраз жылу бөлінеді және металл үдемелі түрде араласады. Осының бәрі балқыту уақытын 2–3 рет азайтуға әкеледі, содан соң отынның және темір кенінің шығындылығын да азайтады.

Шихта балқытылып болғаннан кейін ваннаның қайнау уақыты басталады. Кайнаған уақытта пешті оттегімен ары қарай үрлейді. Үрлеу үшін оттегі құбырын пайдаланады. Металдың құрамына кіретін көміртегі үдемелі түрде тотықтана бастайды. Осының әсерінен көміртегі тотығы пайда болады. Осы уақытта пешке отын және ауа беруді тоқтатады. Балқыту кеңістігінде газдың қысымы азаяды, ал бөлінетін көміртегі тотығы шлакты көбіктендіреді. Көбіктенудің себебінен шлак пештен ағып шығады. Мұндай операция шлакты үрлеу деп аталады. Шлакпен бірге біраз мөлшерде күкірт пен фосфор кетеді. Осыдан соң отын мен ауа беруді тағы да қосады. Газдың қысымы пеште үлкейеді, ал шлактың көбіктенуі тоқтайды.

Пештегі тотықтандыру атмосферасы темір тотығын (Fe_2O_3) шлак-газ бетінде құрауға мүмкіндік туғызады. Темір тотығы шлак арқылы өтеді және шлак – металл бетінде сұйық темірмен әсер етеді. Темір тотығы (Fe_2O_3) FeO-ға тотықсызданады. Темір тотығы FeO-да оттегіні металға береді. Металға түскен оттегі көміртегімен әсерлесіп көміртегі тотығын құрайды. Осы

көміртегі тотығы ваннаны қайнатады. Осындай реакция мартендік балқытуда ең негізгі болып есептеледі. Өйткені ванна қайнату процесінде металл көміртексізденеді, ваннаның көлемі бойынша температура теңеледі, газбен металл емес қосындылар жартылай алынады және фосфор мен күкіртті металдан алу оңайлатылады.

Темір балқытылып болғаннан кейін болат құйылатын ыдысқа ағызылады.

Пештің сыйымдылығына, қорытылатын болаттың таңбасына, шихтаның сапасына және басқа факторларға байланысты, ондағы балқыту уақыты 3-тен 18 сағ дейін созылады. Мартен пештерінің күрделілігін, алынатын болаттың өзіндік құнының жоғарылығын, балқу уақытының ұзақтығын ескере келіп соңғы жылдары мұндай пештерді салу азайып келеді. Мартен пештерінің негізгі көрсеткіштері болып, оның сөткесіне табанның әрбір $м^2$ аумағынан тонна есебімен алынатын болат мөлшері мен отын шығыны саналады. Сыйымдылығы 900 тпештердің жұмыстық табан аумағы 115÷120 $м^2$. Орта есеппен сөткесіне бұл пештерде 9÷12 $т/м^2$ болат өндірілсе, отын шығыны әрбір тонна болатқа шаққанда 100÷200 кг.

1.7. Оттекті-конверторлы тәсіл

Оттекті-конверторлы процесс. Оттекті-конверторлы процесте негізді футеровкасы бар конверторда сұйық шойыннан болат балқытады және жоғарғы жағындағы сумен суытатын фурмадан оттегіні үрлейді.

Оттекті конвертор – алмұрттың түріне ұқсайтын ыдыс. Сыртқы жағы болат темірінен жасалады, ал ішкі жағы негізгі кірпішпен қаланады. Пешке 130 ÷ 150 т сұйық шойынды құюға болады. Жұмыс уақтысында конверторды көлденең біліктің бойымен 360^o бұруға болады. Конверторды 360^o бұру скрапты тиеу, шойынды құю, болат пен шлакты төгу үшін керек. Шойынды оттегімен үрлеген кезде конвертор тік қалыпта болады. Оттегіні конверторға 0,9 ÷ 1,4 $МН/м^2$ (9 ÷ 14 атм) қысыммен береді.

Шихталық материалдар. Оттекті-конвертерлі процесте шихта болып мынадай материалдар қолданылады: қайта өңделетін шойын, болат сынықтары, әктас, темір кені, боксит

(негізді алюминий кені), шпат (минералдың бір түрі). Оттекті конверторда шойынды қайта балқыту үшін, оның химиялық құрамы төмендегідей болуы керек: 3,7÷4,4 % C; 0,7÷1,1 % Mn; 0,4÷0,8 % Si; 0,03÷0,08 % S; < 0,15÷0,3 % P. Әктас шлакты туралау үшін керек. Оның құрамында 90 % CaO кіру керек және SiO_2 мен күкірттің мөлшері аз болуы қажет. Боксит пен шпатты шлакты сұйылту үшін қолданады.

Балқытудың технологиясы. Дайын балқытылған болатты төккенен кейін конверторды 50÷60^o еңкейтеді, содан кейін скрапты тиейді. Скрапты тиеп болғаннан соң конверторға температурасы 1250÷1400 ^{o}C жететін шойынды шойын таситын ожаумен құяды. Осы жұмыстар жасалғаннан соң конверторды тік бағытталған жұмыс қалыбына келтіреді.

Процестің жүруі. Конверторды қыздырғаннан кейін, оны көлбеу күйге келтіріп, балқытылған шойынды құяды. Бұдан соң конвертерге ауа үрленіп, қайтадан қалпына келтіріледі де, оның ішіне оттекті үрлейтін фурманы кіргізіп оттекті үрлей бастайды. Оттекті үрлеу басталған кезде конверторға шлак құрастыратын материалдар (әктас, боксит, темір кені) тиеледі. Фурманың бас жағы конвертордағы темірдің деңгейнен 0,7÷3,0 м арақашықтықта болуы қажет. Айтылған арақашықтық конвертордың сыйымдылығымен байланысты. Қатты қысыммен конверторға баратын оттегінің ағысы металға кіреді, оны айналдырып шлакпен араластырады. Шойынның қоспалары оттегімен әсерлесіп қарқынды түрде тотықтанады. Осының себебінен фурманың астыңғы жағында температура 2400 ^{0}C дейін жетеді.

Тотықтану мезгілі. Шойынмен оттегінің ағысы қосылатын жерде бірінші болып темір тотығады. Темірдің тотығуы, оның концентрациясының қоспалардың концентрациясымен салыстырғанда мол болуымен байланысты. Темірдің тотығуының реакциясы мынадай:

$$Fe + 1/2\, O_2 = FeO.$$

Темірдің шала тотығы шлак пен металда ериді және металды оттегімен былай байытады:

$$2FeO = 2Fe + O_2.$$

Оттегі шойынмен әрекеттесіп, оның құрамындағы Si, Mn элементтерін мына реакциялар бойынша қышқылсыздандырады:

$$Si + O_2 = SiO_2;$$
$$2Mn + O_2 = 2MnO.$$

Қоспалардың біразы металл-шлак шекарасында темір тотығымен әсерлесіп былай тотықтанады:

$$Si + 2FeO = SiO_2 + Fe;$$
$$Mn + FeO = MnO + Fe;$$
$$C + FeO = CO + Fe.$$

Осы реакциялар нәтижесінде конверторда жылу бөлініп, онын температурасы 1290 ^oC-тан 1600 ^oC-қа дейін көтеріледі. Түзілген тотықтар өзара әрекеттесіп, құрамында 40 ÷ 50 % SiO_2 бар мынадай қожға айналады:

$$MnO + SiO_2 = MnO \cdot SiO_2;$$
$$FeO + SiO_2 = FeO \cdot SiO_2.$$

Оттегі конверторындағы шлакта CaO мен FeO-ның мөлшері көп болғандықтан және металл мен шлак тездетіп араласатындықтан металдағы фосфор мынадай реакциямен оңай алынып тасталынады:

$$2P + 5\,FeO + 4CaO = (CaO)_4P_2O_5 + 5Fe.$$

Пайда болған кальций фосфаты шлакка кетеді. Конверторда қайта өңделетін шойында фосфордың мөлшері 0,15 % болуы керек. Егер фосфордың мөлшері 0,3 % тең болса, онда балқыту кезінде шлакты бір төгіп, жаңа шлак жасау керек. Шлакты осылай төгу фосфорды металдан толық алып тастауға мүмкіндік жасайды, бірақ та конвертордың өнімділігін төмендетеді.

Күкіртті металдан алып тастау мынадай реакциямен жүреді:

$$FeS + CaO = CaS + FeO.$$

Бірақ та шлакта FeO көп болғандықтан (7÷20 %), металдан күкіртті алып тастау реакциясын өткізу қиындатылады. Сондықтан оттегі конверторларында болатты балқытқан кезде құрамында 0,07 % дейін күкірті бар шойын қолданылады.

Бастапқы кезеңде конвертордың мойнынан газбен бірге шойынның майда қиыршықтары ұшқындайды. Бұл кезең 3÷6 мин созылады.

Шойынның құрамындағы көміртегі темірдің шала тотығу және оттегімен 1450 ^{o}С-тан жоғары температурада әрекеттесіп, мынадай реакциялар бойынша көміртегінің шала тотығына айналады.

$$C + FeO = CO + Fe;$$

$$C + 1/2\,O_2 = CO.$$

Осы реакциялар бойынша түзілген көміртегінің шала тотығуы, атмосферада оттегімен қосылып, олардың жануынан шыққан ақ түсті жалынның ұзындығы конвертордың мойнынан 5÷7 м биіктікке дейін көтеріледі. Сонда мынадай реакция жүреді:

$$CO + 1/2\,O_2 = CO_2.$$

Металдың құрамындағы көміртегінің мөлшері азайған сайын жалын бәсеңдейді де, ақырында сөнеді. Осы кезең 8÷10 мин аяқталады.

Балқытудың соңғы кезеңінде шойынның құрамындағы қоспа элементтердің тотықтанылуы аяқталып біраз темір тотығы бос қалатындықтан, конвертордың мойнынан қара-қоңыр түтін шығады. Темір шығынын азайту үшін осы соңғы кезеңді көпке создырмай, конверторды қисайтады да, үрлеуді тоқтатады. Оттекті-конвертор болатынын құрамындағы Si, Mn элементтерінің мөлшерін МЕСТ-ке келтіру және темірдің шала тотығынан оттегіні бөліп алу үшін болатқа тиісті мөлшерде ферроқорытпалар қосады. Болаттың химиялық құрамын автоматтандырылған ЭЕМ қолданып қадағалайды.

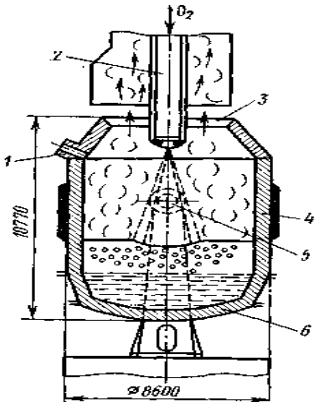
Дайындалған болат конвертордан шөмішке құйылып құю цехына жіберіледі. Оттекті-конвертор процесінде 12 % темір газ қалдық түрінде шығын болып бөлінеді.

ТМД елдерінің бірқатар машинажасау зауыттарында болаттан бұйымды құйып жасау үшін мөлшері шағын бүйірінен үрленетін конверторлар қолданылады. Конвертордың $\pi/2 \div \pi/9$ радианға ($15 \div 20^{o}$-қа) еңкейтіп, балқыған металдың бетіне конвертордың бүйірінен, $15 \div 20^{o}$ бұрыш жасап орнатылған түтіктер арқылы ауа үрленеді. Ауаның құрамындағы оттегінің бір бөлігі шойынның қоспа элементтерін тотықтырады, екінші бөлігі түзілген көмір қышқыл газын конвертордың ішінде жандырады. Сондықтан, мұндай конверторлардың жылысалқындығы жоғары болады да, процесс тез жүреді. Конверторға қажет шойын ваграңкадан алынады.

Конвертор процесін жылдамдату. Конвертор болатының сапасын төмендететін негізгі зиянды қоспалардың бірі болып азот саналады. Ауа құрамындағы азот конвентор жылуының біразын өзімен бірге атмосфераға ілестіре алып кетіп, оның температурасын төмендетеді және шойында ериді. Сондықтан ауаның балқыған шойынмен жанасу уақытын азайту мақсатымен, ауаның орнына таза оттегі үрлейді.Үрленетін ауаның құрамында азот болмағандықтан, алғашқы кезде элементтердің тотығу процестері жылдам жүреді де, конвертордың температурасы тез көтеріліп, кремний элементінің тотығуы 2÷3 мин, марганец пен көміртегі элементерінің тотығуы 16÷18 мин бітеді. Процесс нәтижесінде фосфор тотығының темір тұздары түзіліп, әктас қож күйінде балқыған металдың бетіне шығады, болаттағы фосфор мен күкірт элемементтерінің мөлшері кемиді. Процестің тағы бір ерекшелігі болып мартен шойыны мен темір сынықтарын өңдеу арқылы сапа жағынан мартен болатынан кем түспейтін, құрамында 0,004÷0,006 % азоты бар болатты алу саналады.

Конвертордың құрылысы. Конвертор қалыңдығы 15÷25 мм болат темірмен 4 қапталған, жоғарғы жағында мойыны 3 бар, ішкі жағы динас кірпішімен астарланған алмұрт тәрізді астау (1.5-сурет). Ауа қорабы орналастырылған конвертордың жалғамалы түбі, болат шығырықтарының жәрдемімен оның

цилиндр тәрізді түбіне 6 бекітіледі. Конверторды бүйіріне бекітілген екі білікті, темір бетон іргетасына бекітілген треуіштер ұстап тұрады. Жоғары қысыммен конверторға ауа үрлеу үшін конверторға фурма 2 бекітілген. Оттегілі конвертор астарының қалыңдығы 250÷400 мм, түбі 500÷700 мм. Осы бөлімдер динас кірпіштерімен астарланады. Конвердің астары 500÷600 рет балқытуға шыдайды.



1.5-сурет. Оттегілі конвертордың сұлбасы

1.8. Болатты электр пеште өндіру

Арнайы болатты және жоғары сапалы болатты электрлік пеште балқытады. Болат өндірудің басқа әдістерімен салыстырғанда электрметаллургияның жылутехникалық және өндірістіктехникалық артықшылықтары бар.

Болат балқытқанда жылу ретінде электр энергиясын қолдану, 3500 ^{0}С дейінгі жоғары температураны алуға мүмкіндік береді, яғни электрдоғасын пайдаланып жоғарғы температураны алады. Мұндай температураны қарапайым отын түрлерін пайдаланатын металлургиялық пештерде алу қиын. Сондықтан жоғары балқыту температурасында металдар мен қорытпалар балқыту электр пешінде ғана мүмкін.

Электр тогын металды қыздыруға және балқытуға қолдану, қыздырылатын металда тікелей жылу шығаруды пайда болғызуға мүмкіндік береді. Бұл мартендік пеште болатын жылу

жоғалту кемшілігін жояды. Мартендік пештердің кемшіліктеріне мыналар жатады:

- Балқыту температурасына дейін ауа және газды қыздыру;
- Отынның толық жанбауы;
- Жылу бергендегі шығындар.

Тез және пештің әртүрлі аймақтарында температураны бірдей ғып металды қыздыру, тағы да қыздырудын электр энергиясын дәл ғып реттеу электр пешінде балқытқанда ғана мүмкін. Бұл отын қолданылатын пештерде мүмкін емес. Металды вакумда қыздыру және балқыту, немесе жоғарғы қысымда балқыту электр балқытуды қолданғанда оңай болады. Барлық процесті автоматтандыру және механикаландыру, басқа балқыту пештері процестерімен салыстырғанда жеңіл. Шихталық материалдардың тазалығына электр балқытуды қолданғанда қатал талап қоймайды.

Мартендік пешпен салыстырғанда электр пеште болат балқытқанда тағыда мынадай артықшылықтар бар болады:

- Болаттағы оттегінің мөлшері толық азаяды;
- Металл емес қоспалар толық кетеді;
- Күкірттің мөлшері толық азаяды;
- Қоспалау элементерінің шығыны аз болады;
- Қышқылсыздандыру атмосферасын пеште оңай жасалынады және осы атмосфера ұзақ уақыт пеште ұстап тұруға болады;
- Керекті температура аралығын пешке дәл қоюға болады.

Электрбалқытудың шихталық материалдары. Электрболатты өндіргенде негізгі шихталық материал болып мыналар есептеледі:

- Болат сынықтары;
- Темір кені;
- Қоспаланған металл қалдықтары;
- Қайта өңделетін шойын;
- Шлакқұрастырушылар;
- Тотықтырғыштар;
- Оттегіні азайтатын материалдар;
- Қоспалаушы элементтер.

Электр пешінде балқытатын болат сынықтарында, түсті металдардың қоспалары (мыс, никель, т. б.) және фосфордың

мөлшері 0,05 % көп болмауы керек. Өйткені фосфордың мөлшері көп болса балқыту ұзақтылығы көбейеді және болаттың сапасы төмендейді.

Арнайы қорытпаларды балқыту үшін шихталық материал ретінде темір кенін қолданады. Осы кенді алдымен тотықсыздандырады. Осындай өңдеуден кейін бұл кенде 96 % темір және 0,03 % кем фосфор мен күкірт бар болады. Мыс, хром, никель, марганецтің мөлшері бұл кенде өте аз. Электр пешінде болат балқытқанда болат сынықтарының 30 % осы кенмен ауыстырылады.

Электрболат балқыту процесінде шихталық материалдар ретінде қоспаланған металл қалдықтарын қолданудың үлкен мәні бар. Өйткені қымбат материал (өндірістік қалдықтар) қайтадан қолданылады.

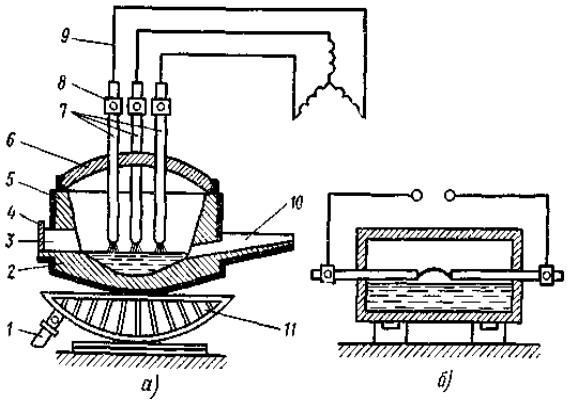
Қайта өңделетін шойынның құрамы жоғарыда айтылды. Шлакқұрастырушы ретінде әктас, балқытуға керекті шпат, шамотты құм, кварцты құм қолданылады.

Доғалық электр пештің құрылысы. Доғалық электр пештің тұрқысы қаптамадан 5 (жұмысшы терезесі 3 табалдырығының жоғарғы жағында орналасқан тұрқының жарты бөлімі), табаннан 2 және ағызба тұмсықтан 10 тұрады (1.6-сурет). Тұрқы темірден жасалған сыртқы қаптамадан және ішкі футеровкадан (негізді немесе қышқылды) жасалған. Пештің тұрқысында мынадай екі тесік бар: балқудың жүрісін басқаратын, ферроқорытпаларды тиейтін, сынаманы алатын, шлакты шайқайтын жұмысшы терезе 3; дайын болат пен шлакты ағызатын терезе 10. Жұмысшы терезе қалқаншамен 4 жабылады. Пешті жұмысшы терезеге қарай (10 ÷ 15^{o}) немесе ағызатын науашаға қарай (40 ÷ 45^{o}) еңкейтуді, гидравликалық жетекшісі 1 бар арнайы механизммен 11 іске асырады.

Алынатын тоғыспа 6 футеровканың ең кішкентай ұзақ тұрақтылығымен сипатталады. Соңғы кездері бұрылатын тоғыспасы бар доғалық электр пештер жасалынып жатыр. Тоғыспада үш графиттелген электродты 7 өткізетін тесіктер бар. Электродтардың диаметрі 300 ÷ 610 мм. Электрпештердің электродтарына электрлік ток (кернеуі 115 ÷ 600 В және күші

10 ÷ 50 кА) электрұстатқыш 8 және иілгіш кабель 9 арқылы әкелінеді. Пештің сыйымдылығы 0,5 ÷ 200 т.

Тура қыздыратын доғалық пештерде (1.6, *а*-сурет), доға электродтар арасында және доға мен балқытылатын металл арасында жанады. Доға энергиясының біраз бөлігі тікелей металдың үстінде бөлінеді. Сәулелі энергияның көптеген бөлімі де металл бетіне түседі. Сөйтіп кішкентай көлемде үлкен қуаттар шоғырланады. Осы металдың жоғары температураға дейін қызуына алып келеді. Сонда жылудың шығыны және температураның өзгеруі жеңіл бақыланады.



1.6-сурет. Доғалық электрпештердің сұлбасы
а − тура қыздыру; б − жанама қыздыру

Тура қыздыратын электрдоғалық пештер, доға аймағында жеңіл балқитын металдарды едәуір буландыратындығымен сипатталады. Осы себептен электрдоғалық пештер болат балқыту үшін ең жарамды.

Доғалық пештерге тағы да жанама қыздыратын пештер жатады (1.6, *б*-сурет). Жанама қыздыратын пеште доға энергиясының бөлімі сәуле шығарумен металға беріледі. Қара металды қайта балқытқанда, металл температурасының салыстырмалы кішкентай болуы, осы пешті қолдануға кедергі жасайды. Сондықтан осы пештер түсті металлургияда кеңінен қолданылады.

Доғалық пеште болат балқытудың негізі. Электрболат балқыту пешінде электрод және металл арасында доға пайда болады. Жанып тұрған доғаның температурасы 3500 ^{o}C жетеді. Доғаның жануы үлкен мөлшерде жылудың шығуымен қошталады. Ток бір электродтан доға және металл арқылы екінші электродқа өтеді. Доғалық пеште электр энергиясы жылу энергиясына айналады және барлық процестердің жүруі үшін жылу көзі болады.

Мартендік пештер және конверторлар сияқты, болат балқытатын электр доғалық пештер негізді және қышқылды болып екіге бөлінеді.

Балқыту процесін мынадай 4 кезеңге бөледі:

1. Шихтаның бетінде доға жанады. Шихта біртіндеп әр үш электродтың қасында балқиды;

2. Шихта балқыған сайын электродтар автоматты төмен түседі. Доғалар шихтаға батады. Электродқа берілетін токтың қуатын үлкейтеді;

3. Электродтың жануынан шихтада құдықтар пайда болады. Доғалар сұйық металдың қабаттарының арасында жанады. Сұйық металдың мөлшері көбейеді. Доға қысқарады. Электродтар автоматты көтеріледі. Электродтар арасындағы шихталар ары қарай балқиды.

4. Барлық шихталар балқып болады. Балқымаған шихта пештің бүйірінде және электродтар арасында болуы мүмкін.

Пешті шихтамен толтырып, оны балқытқан кезде тотықтыратын пештік атмосфера металл элементеріне былай әсер етеді:

$$Fe + 1/2O_2 = (FeO);$$
$$[Si] + O_2 = (SiO_2);$$
$$[Mn] + 1/2O_2 = (MnO);$$
$$[C] + 1/2O_2 = CO.$$

Содан кейін металдың қоспалары шлактың және темір кенінің тотықтарымен келесі реакция бойынша әсерлесіп тотықтанады:

$$[Si] + 2(FeO) = (SiO_2) + 2Fe;$$
$$[Mn] + (FeO) = (MnO) + Fe;$$
$$[C] + (FeO) = CO + Fe.$$

Пайда болған қоспалардың тотықтары CaO-мен бірге әктастан жоғарғы негізді шлакты қалыптастырады. Осы шлак болаттағы фосфорды азайтады. Балқытқан уақыттың өзінде 50 % көп фосфор тотықтанады.

Тотықтану процесінде үлкен рөлді шлак атқарады. Ол пештік атмосферадан және темір тотығынан FeO металға оттегіні беруді қамтамасыз етеді. Металда еритін оттегі тотықтандыру реакциясына былай қатысады:

$$[Si] + 2[O] = (SiO_2);$$
$$[Mn] + [O] = (MnO);$$
$$[C] + [O] = CO.$$

Темірдің және тағы да кремний, марганец, көміртегінің қарқынды тотықтануы (жоғарыда жазылған реакцияларға қараңыздар) пешті оттегімен үрлеудің нәтижесінде жүреді. Осы кезде шихтаның балқуын тез қамтамасыз ететін біраз жылу мөлшері бөлінеді. Жылудың пештің қабырғасына және астыңғы жағына сәулеленуі көбейеді. Сондықтан, пештің қабырғасын және астыңғы жағын балқытпау үшін электродқа келетін токтың қуатын азайтады.

Электр доғасынан басқа жылудың шығатын жері болып, қоспалардың тотығатын экзотермиялық реакциясы және бұрынғы балқытудан қалған пештің футеркасының қызуы есептеледі. Соңғы екі жылу пешке келетін барлық жылудың 15 % береді.

Өте маңызды және жауапты мақсат болып пештің трансформаторындағы кернеуді және доғалық пештің электродына алып келетін электрлік қуатты реттеу болып есептеледі. Өйткені электрлік доғаның жоғарғы температурасында темір және қоспаланған элементтер (вольфрам, молибден, ванадий, хром, марганец, никель, т. б.) белгілі мөлшерде буланады. Содан соң олар ауада тотығады.

Шихта толық балқығаннан кейін және шомылық ішіндегі сұйық металды араластырғаннан кейін, толық химиялық талдау жасау үшін сынама алады. Содан кейін фосфоры бар шлакты төгеді, жаңа шлакты жасайды. Осы кезде балқудың тотығу кезеңі басталады.

Көміртегі мен фосфор ары қарай тотығуы үшін кен мен әктасты бірнеше рет тиейді. Кеннің оттегісі шлак арқылы

көміртегіні тотықтырады. Тотықтандыруды оттегіні үрлеумен қарқындатады. Осы кезде жоғарыда жазылған реакциялар жүреді. Бөлінетін көміртегі тотығының CO көпіршігі металды қайнауға мәжбүр етеді. Осының бәрі шомылықты қыздыруды және металдан газды, металл емес қоспаларды және фосфорды кетіруді тездетеді. Шлакты 2 ÷ 3 рет төгеді және фосфордың мөлшерін 0,01 % дейін жеткізеді. Балқытылған болаттағы көміртегінің мөлшері, осы болаттың ентаңбасындағы мөлшердің ең кіші шегіне тең болғанда қайнатуды, ал сонымен бірге тотықтандыруды бітіреді.

Осыдан кейін болатты мынадай екі тәсілмен қышқылсыздандырады: тотықсыздандыру процесінсіз тереңдетіп қышқылсыздандыру, тотықсыздандыру процесінде қышқылсыздандыру.

Бірінші тәсілді көміртегілі және азқоспаланған құрылымдық болатты балқытқан кезде, тағы да болатты кейінірек пеш сыртында тазартқан кезде қолданады. Болатты балқытқан кезде кейінгі тотықсыздандырғыш шлакты құрмай, оны бір шлак астында балқытады. Металға ферросилиций, ферромарганец, феррохромды енгізеді. Пеште 10÷15 мин қышқылсыздандырғаннан кейін болатты ожауға жібереді. Осы ожауда болатты ферросилиций және алюминиймен ақырғы рет қышқылсыздындырады.

Екінші тәсілді қолданғанда, тотықтандыратын шлакты алғаннан кейін құрылатын тотықсыздандыратын шлактың астында қышқылсыздандыруды жүргізеді. Осы тәсілді қоспалардың немесе қоспаланғанда енгізілген жеңіл тотығатын элементтердің мөлшерін кішкентай ғып алып, берілген қасиеті бар болаттарды балқытқан кезде қолданады. Балқытудың тотықсыздандыру кезеңі, металды қышқылсыздандыру, күкіртті алып тастау, болатты берілген химиялық құрамға жеткізу, металдың температурасын реттеуге бағытталған. Алдымен пешке кокты немесе электродтың сынығын береді. Қосым әсері нәтижесінде металл көміртектенеді. Осыдан кейін пеште массасы металдың массасының 2,0÷3,5 % мөлшеріндей болатын әктас, шпат және шамоттан тұратын қоспаланған әктасты тотықсыздандырғыш шлакты құрады. Содан соң ақ шлактың астында диффузиялық қышқылсыздандыруды жүргізеді. Осындай мақсатпен шлаққа кокс және ферросилицийдің ұнтағын береді.

Шлактағы оксидтердің мөлшерінің азаюы себебінен ол жылтырайды. Шлактағы темір оксидтерінің тотықсыздануы жоғарыда жазылған реакциялар бойынша жүреді.

Шлактағы темір оксидінің мөлшері азаяды және оксидтер металдан шлакқа өтеді.

Тотықсыздандыру кезеңінде күкірт металдан алынып тасталады.

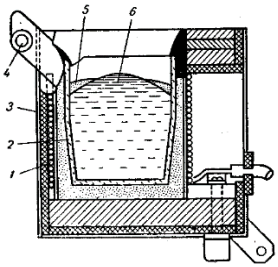
Металдың берілген құрамына және температураға жеткеннен кейін болат металында ақырғы қышқылсыздындыруды жүргізеді. Осыдан кейін металды пештен ожауға жібереді.

Электрпеште балқытудың екінші түрі (қайта балқыту әдісі), шихта құрамында болатын қоспалаушы элементтерді ұтымды қолдануға негізделген. Сондықтан ол тотықтырусыз немесе жартылай тотықтырумен жүргізіледі. Осындай балқыту үшін қолданылатын шихтада, балқытылатын болатпен салыстырғанда фосфор, марганец, кремний және көміртектің мөлшерлері кішкентай болуы керек. Сонымен қатар, атмосфера оттегісімен металды тотықтандырудан және электродтармен металды көміртектенуден қорғайтын шлакты құру мақсатымен шихтаны тиеген кезде, осы шихтамен бірге шлак құратын заттарды кіргізеді. Балқыту уақытысында фосфор мен күкіртті кетіреді. Бірақ та біраз элементтер балқыту кезеңінде тотығады, сондықтан қышқылсыздандырады жүргізу керек. Қоспаланған элементтердің оксидтері ферросилиций, алюминий, ұсақталған кокспен тотықсыздандырады.

Қайта балқыту процесін қарқындату үшін газ түріндегі оттегімен жартылай тотықтандыруды қолданады.

Сыйымдылығы 5÷100 т болатын доғалық электрпеште болат балқытудың жалпы уақыты 3,5÷6,5 сағ созылады.

Болатты индукциялық пештерде өндіру. Сапасы жоғары болаттарды 1.7-сурет көрсетілген индукциялық пештерде балқыту арқылы алады. Индукциялық пештің жұмыс істеу принципі, айнымалы ток трансформаторы сияқты, электромагниттік құбылыстың заңдарына негізделген. Индукциялық пеш мынадай негізгі бөлшектерден тұрады: 1 – индуктор; 2 – оқбақыр (алмалы күмбез); 3 – қаптама; 4 – бұру механизмі мен электр жабдығы.



1.7-сурет. Жоғары жиілікті индукциялық пештің сұлбасы
1 – индуктор; 2 – оқбақыр; 3 – қаптама; 4 – бұру механизмі және электр жабдығы; 5 – шлак қабығы; 6 – балқыған металл

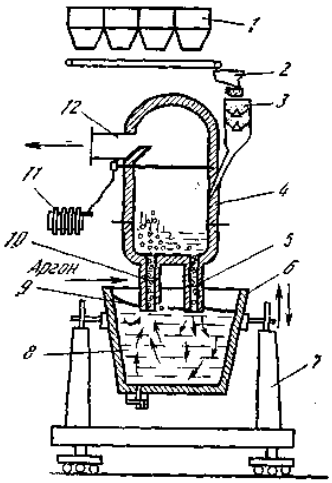
Индуктор – мыс құбырдан жасалған орам саны белгілі катушка. Катушканы суыту мақсатында құбырмен үздіксіз су ағып тұрады. Катушка арқылы жоғары жиілікті айнымалы ток жүргенде, трансформатордың (пештің) бірінші тізбегінде пайда болған айнымалы магнит ағыны трансформатордың (пештің) екінші тізбегінде (оқбақырдағы металл) құйынды электр тогын туғызады. Құйынды токтар оқбақырдағы металда тұқыра тұйықталғандықтан, онда Джоуль-Ленц заңы бойынша жылу энергиясы бөлініп, металл қызады. Металдағы индукция тогының мөлшері ток жиілігіне байланысты болғандықтан, пеш катушкасы жиілігі 500 ÷ 2500 Гц айнымалы токпен қоректенеді. Арнаулы генератордың жәрдемімен жиілігі 50 Гц болатын өндірістің айнымалы токты жиілігі 500 ÷ 2500 Гц-ке және одан да жоғары жиілікке дейін арттырады. Жоғары жиілік генераторының қуаты қорытылатын металдың 1 кг-на 1 ÷ 0,4 кВт электр энергиясы келетіндей етіп жасалған. Индукциялық пештердің сыйымдылығы 50 кг-нан 10 т дейін және ода да артық болады.

Болат өндірудің жеке тәсілдерін салыстыратын болсақ, онда электрпеште болатты балқытқанда өнімнің жарамды шығысы 92÷93 % құрайтындығын, көпоперациялы үрлеу қолданатын конверторда болатты балқытқанда өнімнің жарамды шығысы 91÷92 % құрайтындығын, жоғары жағынан үрлейтін әдеттегі конверторда және мартендік пеште болатты балқытқанда өнімнің жарамды шығысы 90 % құрайтындығын, ал екі шомылығы бар және оттегімен үрлейтін мартендік пеште болатты балқытқанда өнімнің жарамды шығысы 87÷88 % құрайтындығын көруге болады.

1.9. Болатты пеш сыртында тазарту

Қазіргі уақытта қолданылып жатқан техника өндірілетін болатқа жоғарғы талапты қояды. Оттегілі конверторлар, мартендік пештер, әдеттегі электр пештер жоғарғы сапалы болатты алуды қамтамасыз етпейді. Сондықтан металды пеш сыртында тазалау күшті дамып келеді.

Пеш сыртында тазалау әдістерінің бірі болатты айналмалы вакуумдайтын қондырғыда іске асырылған (1.8-сурет). Осы қондырғы көміртекті және азқоспаланған болттарды өндіргенде қолданылады. Вакуумды бөлмешік 4 вакуум құбыры 12 көмегімен вакуумды сорғы жүйесімен қосылған. Бөлмешектің түбіне көтеретін 10 және ағызатын 5 екі жең (келтеқұбырдың) жинақталған. Ожаудағы 6 металдың 8 деңгейінен 0,2÷0,4 арақашықтықта көтеретін келтеқұбырда арнайы кеуекті отқатөзімді ендірме жасалған. Келтеқұбырмен металл жүріп жатқан кезде, осы ендірме арқылы келтеқұбырға аргон үрленеді. Бөлмешікті қыздыру газоттегілі жандырғы немесе коректендіру көзі 11 бар графитті қыздырғышпен жүзеге асырылады.



1.8-сурет. Болатты айналмалы вакуумдайтын қондырғының сұлбасы

Болатты өңдеу сыйымдылығы 40 т-дан 350 т-ға дейін болатын ожауда жүргізіледі. Осы ожау гидравликалық көтергіші бар арнайы арбашыққа 7 қойылады. Гидравликалық көтергіштің бар болуы стационарлы вакуумды бөлмешіктің келқұбырын балқытпаның берілген биіктігіне батыруға мүмкіндік береді. Болатты өңдеу процесінде вакуумды бөлмешекке шанап 1-ден дәлмөлшерлейтін шанап 2 және тиеуші құрылғы 3 арқылы ферроқорытпа түседі.

Вакуумды бөлмешікке шлактың 9 бармауын болдырмас үшін металды өңдеу алдында көтеретін және ағызатын келтеқұбырдың астыңғы жағына шлак бөлгіштерді қояды. Бөлмешектің футеровкасын алдын ала 1450÷1550 ^{o}C температураға дейін қыздырады. Ожау металына бөлмеше жеңін батырғаннан кейін инертті газды қондырғыға береді және вакуумды сорғышты қосады. Аргон сұйық металға қарағанда тығыздығы кішкентай болатын газметалдық қоспаны жасайды. Қоспа қабылдау жеңі бойынша үздіксіз бөлмешекке беріледі. Вакуумдаудың нәтижесінде бөлмешектегі қысымның төмендеуі қышқылсыздындырупроцесінің айқын күшеюіне, газдарды (дегазациялау) және ұшатын қоспаларды кетіруге алып келеді. Осылардың арқасында металдың сапасы едәуір жақсарады. Болатты қышқылсыздандырудың қаралған мысалында үлкен нәтижеге жету үшін инертті газбен үрлеу (жиі аргонмен, бірақ та азот және бу сияқты ауыструшыларды да қолдануға болады) вакуумдаумен үйлестіріп қолданылады.

Белгілі бір биіктікке жеткеннен кейін үлкен тығыздығы бар тазаланған металды ағызатын жең арқылы ожауға қайта ағызады. Міне осылай металды үздіксіз айналдырып тазалауды іске асырады. Вакуумды бөлмешекте өңдеген кезде металл жеке тамшыға бөлінеді. Осы дегазациялау бетін, болатты қышқылсыздандыру жылдамдығын үлкейтуге және сутегіні тез кетіруге мүмкіндік береді.

Болатты ағымда вакуумдау металды бір ожаудан екінші ожауға құйған кезде немесе болатты сауытқорамға құйған кезде жүзеге асырылады. Бұл металды дегазациялаудың өте қарапайым және нәтижелі тәсілі. Болатты құйған кезде бөлінетін газбен металдың ағыншасын ұсақтау іске асырылады. Дегазация бетін үлкейту үшін ағыншаға тағы да инертті газ енгізіледі.

Ожауда болатты өңдеген кезде арнайы вакуумды бөлмешіктер қолданылады. Қысымның төмендеуімен дегазация басталады. Бұл дегазация металл мен шлакты араластыруға мүмкіндік жасайды. Процесті қарқындату үшін электромагнитті араластыру немесе металды электрдоғалық жылыту, тағы да инертті газбен үрлеу қолданылады.

Вакуумда өңдеу химиялық құрамы бойынша ауытқуы және газ бен металл емес қоспаның мөлшері өте кішкентай, тағы да илемділік қасиеті жоғары болатты алуға мүмкіндік туғызады.

Пештен тыс десульфурациялаудың нәтижелі тәсілі болып синтетикалық шлакпен (53÷55 % CaO, 43÷45 Al_2O_3, ≤ 3 % SiO_2 және 1% FeO) болатты өңдеу саналады. Осы өңдеумен бірге металды оттегіден және металл емес қоспалардан тазартуды жүргізеді. Осының арқасында болаттың илемділігі, тұтқырлығы және суыққа шыдамдылығы артады.

Шлакты электрпеште балқытады, содан кейін болат құйғыш ожауға құяды. Сұйық болат ожауға 3 м үлкен биіктіктен төгіледі. Осы кезде шлак эмульсияланады. Нәтижесінде болат балқыту агрегатындағы әдеттегі процестермен салыстырғанда металл-шлак бөліну беті оннан көп рет өседі.

Тағы да нәтижелі болып инертті газ ағыншасында ұнтаққа ұқсас материалдармен болатты десульфурациялау саналады. Осылай, дайын болатта күкірттің мөлшерін 40÷90 % азайтады. Егер алюминиймен алдын ала қышқылсыздандырылған болатты CaO + CaF_2 (5÷15 кг/т) қоспасымен 10÷30 мин уақыт ішінде өңдесе ғана күкірттің мөлшерін осылай азайтуға болады.

Болат балқыту өндірісінің тәжірибесінде кальций, магний, барий, цезий, лантан сияқты металдардың оттегі және күкіртпен берік қосылыстар құру қабілеттілігін кеңінен қолданады. Осы қосылыстар темірде ерімейді.

1.10. Болатты сауытқорамға құю және оның кристалдануы

Балқытылатын металдың аздаған бөлімін құмнан жасалған құю қорамасына құйып болаттан жасалған әшекейлі құйманы жасауға жұмсайды (3 ÷ 5 %). Болаттың негізгі массасы болат балқыту цехтарының құю бөлімдерінде құймакесекті алу үшін

қолданады. Ары қарай құймакесектер илемдеу және ұсталық соғу цехтарына бағытталады.

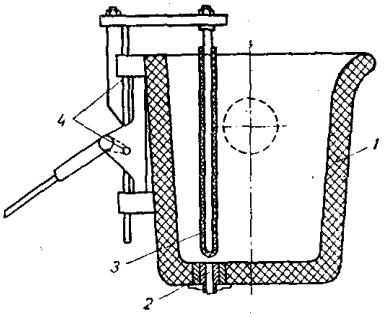
Болат балқыту пештерінде балқытылған металды әшекейлі құймаға немесе құймакесекке айналдыру үшін оны арнайы шөмішке құяды (1.9-сурет). Шөміш шамот кірпішімен 1 астарланып, түбіне орналасқан тесікті 2 ашып-жауып тұратын тоқтатқыш механизммен 3 жабдықталған. Тесікке диаметрі 30 ÷ 60 мм болатын отқа төзімді материалдан жасалған стақан енгізілген. Болатты шөмішке құйылудың алдында стақанның тесігін тығынмен 3 жабады. Тоқтатқыш механизм – сырты шаматтон жасалған құбырмен қапталған өзек. Болатты шөмішке құйған кезде тоқтатқыш механизм стақан тесігін тығыздап жабады, ал болатты шөміштен сауытқорамға құйғанда тесікті ашады. Тоқтатқыш механизм стақан тесігін сырттан ашып-жауып тұру үшін айыр арқылы иінді механизммен 4 байланысқан. Құю шөміштерінің сыйымдылығы 50 ÷ 480 т.

Металдан жасалған сауытқорамның пішіні және өлшемі құймакесектің түрімен және белгіленуімен, қышқылсыздандыру дәрежесімен және болатты құю тәсілімен, металдың біртектілігіне қойылатын талаппен және құймакесектер қысыммен өңделетін жабдық қуатымен анықталады.

Илемдеуге арналған құймакесектер 30 т дейін массамен, ал ұсталық соғу жұмыстарына арналған құймакесектер 320 т дейін массамен құйылады.

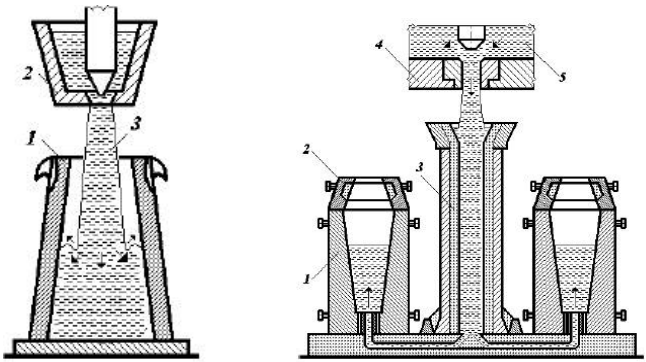
Тыныш болаттарды құю үшін қолданылатын сауытқорамдар ішінен футерленген қосылма жалғамамен 3 қамтамасыз етілген (1.10, *а*, *в*-сурет). Осы жалғаманы қолданудың арқасында кристалданып жатқан құймакесекті металмен толықтыруға жағдай жасалады. Яғни қосылма жалғаманы қолдану металдың сапасын жоғарылатады, шөгіндік қаяуының ену тереңдігін кішірейтеді және құймакесектің жоғарғы бөлігін кескен кезде металдың шығынын азайтады.

Өндірісте таратып құюдың мынадай екі тәсілін қолданады: үстінен құю (ең көп таралған) және сифондық құю. Әдеттегі көміртекті болаттарды үстінен құйған кезде (1.10, *а*-сурет) металл шөміштен 2 сауытқорамға 1 тікелей ағызылады немесе аралық құрылғы арқылы осы сауытқорамға құйылады.



1.9-сурет. Құю шөміші
1 – шамот кірпіші; 2 – тесік; 3 – тығын; 4 – ілінді механизм

Сифондық құю (1.10, *б*-сурет) кіші және орташа құймакесектерді алу үшін және сапалы болатты таратып құю үшін қолданылады. Мұндай жағдайда шөміштен 1 сұйық болатты отқа төзімді құбырмен футерленген қуыс центрлік құюжолына төгеді. Содан кейін сұйық болат отқа төзімді кірпіштен жасалған арнамен тұғырыққа бекітілген сауытқорамның төменгі жағынан келіп, оны толтырады.



а) *б*)

1.10-сурет. Сауытқорамға болатты құю
а – үстінен құю (1 – сауытқорам; 2 – шөміш; 3 – маталл ағыны)
б – сифондық құю (1 – саутқорам; 2 – қосылма; 3 – құюжол; 4 –тұғырық; 5 – сұйық болат)

Құймакесек салқындаған кезде кристалданудың көптеген центрлері пайда болып болат сұйық күйден қатты күйге өтеді, яғни кристалдардың пайда болуы (бірінші саты) және олардың ары қарай өсуі (екінші саты). Егер кристалдардың туындылары сұйық фазада пайда болса, онда кристалдардың пайда болуы гомогенді болып есептеледі. Фаза аралық бетте туындылардың пайда болуын кристалдардың гетерогенді пайда болуына жатқызады. Осындай кристалданулар сұйық күйден қатты күйге өткен кезде кездеседі.

Кристалдардың өсуіне көбінесе жылу мөлшері, жылуды алудың қарқындылығы мен бағыты, қорытпадағы қоспалардың саны әсер етеді.

Болаттардың кристалдану процесі температура аралығының бар болуы және құймакесектің қатаюының жылдамдығымен сипатталады.

Болат сұйық күйден қатты күйге өткен кезде құймакесектің сызықтық өлшемдері мен көлемінің өзгеруі байқалады. Мұны қаралып жатқан агрегатты күйлерде болаттың тығыздығының әртүрлі болуымен түсіндіруге болады. Осы құбылысты шөгу деп атайды және осы шөгу құймакесектің құрылымының қалыптасуына және оның сапасына едәуір әсерін тигізеді.

Құймакесектің физикалық және химиялық құрамының бір текті еместігі (ликвация) және оның шөгуі қалдық кернеу, сызат және т.б. ақауларды пайда болғызуға алып келеді.

Қышқылсыздандырудың дәрежесіне байланысты балқытылған болатты тыныш, қайнау және жартылай тыныш деген түрлерге бөледі. Тыныш болатты марганец, кремний және алюминиймен қышқылсыздандырады. Оттегі осы кезде өзінің белсенділігін көрсетпейді. Осы себептен көміртегінің тотықтану реакциясы тез бітеді. Сондықтан тыныш болаттың таратылып құйылуы және кристалдануы газ бөлінбей жүреді дерлік. Қайнау болатын жартылай марганецпен қышқылсыздандыруға тартады. Қайнау болатын таратып құйған және кристалдандырған кезде көміртегінің тотығуы жүреді және CO газының көбікшесі белсенді түрде бөлінеді. Жартылай тыныш болат тыныш және қайнау болаттары арасында аралық жайды алады.

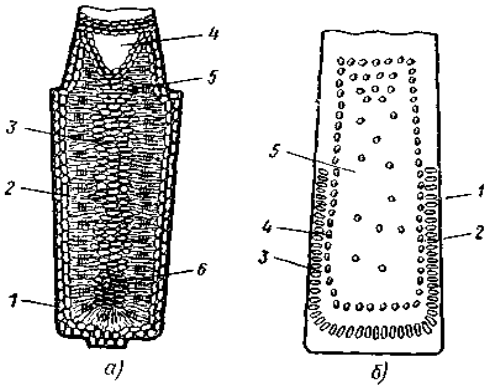
Тыныш болаттың құймакесегі құрылымдық, физикалық және химиялық бір текті еместігімен сипатталады.

Тыныш болат құймакесегінің құрылымы (1.11, *а*-сурет) бойлық және көлбеу осьтері бойымен өзгереді және келесі аймақтардан тұрады: майда және тең осьті кристалдары бар сыртқы аймақ 1, бағаналы кристалдары бар аймақ (дендриттер) 2, ірі тең осьті кристалдары бар осьтік аймақ 3. Пайда болған кристалдар құймакесектің ортасында сұйық балқытпа әлі бар болғанда жартылай төмен түседі. Осы кезде құймакесектің ортасында конусты түрдегі шөгінді пайда болады. Сауытқорамның қосылма жалғамамен қосылатын аймағында пайда болатын «көпір» 5, жалғаманы артық металмен үздіксіз толықтыратын болғандықтан тығыз металдан тұрады. Сұйық күйден қатты күйге өткен кезде болаттың тығыздығының өзгеруі салдарынан және толықтыратын сұйық металдың жылытылған жалғамада ұзақ болуы себебінен құймакесектің жоғарғы жағында шөгіндік қаяуы 4 пайда болады.

Газдың мол болып шығуы қайнау болаты құймакесегінің құрылымы мен сапасына үлкен әсерін тигізеді. Қайнаған кезде пайда болған газдардың көптеген бөлімі кетіріледі, ал аздаған бөлімі құймакесектің газдық көпіршіктеріне, қуыстарға немесе кеуектерге таралады. Қайнау болаты құймакесегінің құрылымы 1.11, *б*-суретте көрсетілген. Майда кристалдардан тұратын тығыз сыртқы қабаттық аймақ 1 сұйық болат пен сауытқорам қабырғасы жанасқан кезде пайда болады. Қайнау болаттарында да бағаналы кристалдар өседі. Осы кристалдар арасында қоспалармен (ең алдымен көміртегі және оттегі) байытылған сұйық балқымалар орналасады.

Сұйық және қатты фазалардың шекарасында CO-ның газдық көпіршігі пайда болады. Пайда болған газдың біраз бөлімі жоғарғы жаққа кетеді, ал біраз бөлімі өсіп келе жатқан дендриттерде қалады және ұзартылған көпіршік ретінде дендриттер арасындағы кеңістікте орналасады. Осылай кәрізді көпіршік аймағы 2 қалыптасады. Осы кәрізді көпіршік аймағы құймакесектің төменгі жағына (құймакесек биіктігінің 2/3 тең бөлімінде) таралады. Құймакесектің жоғарғы бөлігіндегі газ кетеді. Кристалдану процесінің бастапқы кезінде CO-дан тұрған көпіршіктер кейінірек тағы да сутегімен толады. Аралық тығыз аймақ 3-те салыстырмалы тығыз және таза металдар бар. Осы аймақта ликвациялық процестер жүреді. Бірақ та осы процестер

көп болып байқалмайды, өйткені газдық қоспалар негізінен кәрізді көпіршіктер аймағы пайда болған кезде әлдеқашан бөлініп шыққан.



1.11-сурет. Болат құймакесегінің құрылымы:
а – тыныш; б – қайнау

Газдық қоспалар концентрациясының мөлшері едәуір болатын уақыт туады. Бұл қосымша көпіршіктер аймағының 4 пайда болуына алып келеді. Кристалдардың өсу жылдамдығы (пішіні дұрыс емес кристалдардың түйіршіктерінің өсу жылдамдығы) енді үлкен емес. Сондықтан жұмырланған пішіні бар газдық көпіршіктер алынады. Осы уақыттарда сауытқорам толады және құймакесектің үстіңгі жағында қатты қабыршық құрылады. Осы қатты қабыршық металдан газдық көпіршіктердің шығуын қиындатады. Екінші және төртінші аймақтың газдық көпіршіктері кейінірек илемдеп өңделген кезде пісіріліп жабылады.

Құймакесектің ортанша бөлімі едәуір қоспасы бар тең осьті кристалдардан тұрады. Осы орташа бөлімде газдық көпіршіктер бар және олардың көбісі құймакесектің жоғарғы бөлімінде жиналады. Айтылған газдық көпіршіктер илемдеп өңдеген кезде пісіріліп жабылмауы мүмкін. Сондықтан тыныш және қайнайтын болаттар құймакесегінің жоғарғы бөлімі илемдеп өңдеген кезде кесіледі және қайтадан балқытуға жіберіледі.

Сауытқорамда газ бөлініп металл белсенді қозғалатындықтан қайнау болатының құрылымында біраз ерекшеліктер бар. Тыныш болаттардың құймакесегімен салыстырғанда қайнау болаттың құймакесегінде кристалдық біртекті еместік азырақ байқалады. Металл ағыстары бағаналы кристалдардың едәуір дамуына мүмкіндік бермейді. Бірақ та айтылған себептерден құймакесектің әртүрлі аймақтарында металл құрамының біркелкі еместігі едәуір байқалады.

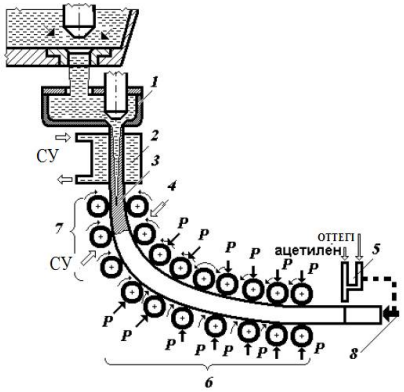
Жартылай тыныш болатты шөміште жарым-жартылай қышқылсыздандырады (алюминийсіз). Сонда алдымен металл қайнайды. Осы, қайнау болатында сияқты көпіршіктердің пайда болуына мүмкіншілік береді. Содан кейін тыныш болаттың құймакесегі сияқты металл қатаяды. Жартылай тыныш болаттың құймакесегінде шоғырланған шөгіндік қаяуы болмайды.

Тыныш болатты қайнау болатына, тіпті жартылай тыныш болатына ауыстыру экономикалық тиімді. Тыныш болат құймакесегінің алынып тасталатын бөлімі 15÷20 %-ды құрайды. Құймакесектерді жоғырыда айтқандай ауыстыру металдың шығу жарамдылығын 5÷10 % жоғарылатады. Осы кезде қарапайым құрылымы бар сауытқорам қолданылады.

1.11. Болатты үздіксіз құю

Болатты үздіксіз құю металлургиялық өндірістің аса тиімді, материал мен еңбекті сақтаушы процестерінің бірі болып саналады. Сауытқорамға болатты құюмен салыстырғанда осы процесте мынадай артықшылықтар бар: металдың жарамды шығысы 95÷98 % тең болуы; құю процесін автандыру мүмкіндігінің және құймакесекті қалыптастыруға тұрақты жағдайдың бар болуы; өнімнің жаңа түріне тез қайтабаптау мүмкіндігі; жаншығыш орнақтарды (слябинг, блюминг) қолдану керек еместігі; қол еңбек шығынының азаюы; еңбек жағдайының жақсаруы; өндірістің едәуір жеңілденетіндігі және техника-экономикалық көрсеткіштердің едәуір жоғарылайтындығы, т. б. Құймакесекпен салыстырғанда үздіксіз құйылған дайындаманы қолданған кезде материал сыйымдылық 1,15÷1,19 рет кіші болады және энергия шығыны едәуір қысқарады.

Болатты үздіксіз құюды дайындаманы үздіксіз құятын машиналарда (ДҮҚМ) іске асырылады. Осы машиналар қалыптасатын дайындама қозғалысының өзгешілігіне қарай мынандай түрлерге бөлінеді: радиалды және қисықсызықты (жоғары өнімді цехтардың жағдайында); тік (сапалы болатты құю үшін); көлденең (кішкентай көлденең қимасы бар дайындаманы құйғанда, бірақ та жасалатын дайындаманың түржиыны көп болғанда). 1.12-сурет дайындаманы үздіксіз құятын машинаның соңғы түрөзгертушісі көрсетілген. Сұйық болат шөміштен 1 футерленген металл қабылдағыш және металл өткізгіш арқылы түбі жоқ сауытқорамға (кристалдандырушыға) 2 үздіксіз беріледі. Кристалдандырушы қондырғы машинаның негізгі технологиялық түзілімі болып саналады. Осы кристалдандырушыны тұтас (мыстан) немесе құрастырылған ғып (мыс-графиттен) жасайды. Жұмыс істеген кезде айтылған кристалдандырушы сумен салқындатылады. Кристалданушыда жарым-жартылай қатқан дайындаманы тартатын қондырғының 5 көмегімен қосымша салқындату аймағы 4 арқылы үздіксіз тартады. Осы жерде де дайындаманың бетіне су беру үшін бүркігіш қойылған.



1.12-сурет. Болатты үздіксіз құюдың сұлбасы:
1 – шөміш; 2 – кристалдандырушы; 3 – құймакесек; 4 – бүріккіш; 5 – газды кескіш; 6 – жаншитынпішінбіліктер; 7 – тартатын пішінбіліктер; 8 – газды кесушінің қозғалмалы тіреуші; р – қысым

Үздіксіз құйылған дайындаманың құрылымы тең осьті майда кристалды, бағаналы кристалды және үлкен концентрациялы қоспасы мен шөгіндік қаяу құбылысының ізі бар тең осьті кристалды аймақтардан тұрады.

Металдың сапасы электрмагниттік араластыруды және кристалданушыда металды аргонмен үрлеуді қолданғанда жақсарады.

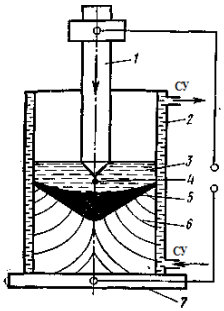
Дайындаманы үздіксіз құятын машинасы бар құю цехтарында ұсақ түржиынды дайындамаларды, сляб пен блюмдерді шығарады.

1.12. Болат өндірудің қайта балқыту процестері

Металдың сапасын едәуір жақсарту үшін төмендегі сұлбамен іске асырылатын қайта балқыту процестері қолданылады: жұмсалатын электродтың (қайта балқытылатын болаттан жасалған дайындаманың) бұйірін қыздыру, тамшы қалыптасатын орындарға жұқа кілегей түрінде балқытылған металдың ағып баруы, жеке тамшыларды катализаторға тасымалдау, осы катализаторда металдың ретпен қатты күйге өтуі, балқытылатын құймакесекті қалыптастыру. Қоспалардың асылып тұрған бөлшектері электродтың бұйірімен сұйық металдың кілегейге ұқсап ағатын сатысында алынып тасталынады. Содан кейін металл кристалданатын құймакесектің шомылғышында одан арғы тазартуды өтеді. Металл емес кірмелер шомылғыштың бетіне қалқып шығады. Кристалдану үлкен температуралық айырмашылықта және едәуір жылулық ағымда іске асырылады. Осы кристалдардың өсу жағдайын жасайды. Сондықтан сумен салқындалатын кристалдандырғыштарда негізінен жіп типті дендритті кристалдар пайда болады. Осы жіп типті денедриттерді қалыптастыруға балқытпадан ең таза металдар жұмсалады. Қоспалар құймакесектің жоғарғы бөліміне тықсырып тасталынады. Қоспаларды тықсырып тастауға анық көрсетілген және бағытталған төменнен жоғарыға қарай кристалдардың өсуі мүмкіндік береді. Металды қосымша тазарту шлак, вакуум немесе плазма құрайтын газдардың әсері есебінен іске

асырылады. Нәтижесінде құймакесектің құрылымы тығыз және біркелкі болып алынады, ал металл жоғарғы механикалық және пластикалық қасиетпен айырмашылықта болады.

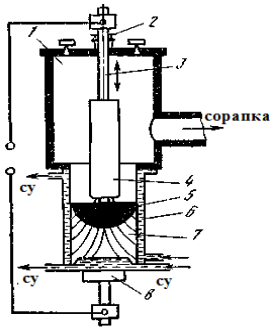
Е. О. Патон атындағы электрпісіру институты жасаған электршлактық қайта балқыту әдісі ТМД елдерінде және алыстағы шетелдерде кеңінен таралған (1.13-сурет). Осы әдіс бойынша балқытылған металды қайтадан балқытады. Бұрын балқытылған металдан алдымен электрод жасайды. Электрод пен балқытылатын құймакесек арасындағы электр тізбегі үлкен электр кедергісіне иемделген балқытылған шлак қабаты арқылы тұйықталады. Сонда шлак 1600÷1700 ^{o}C температурасына дейін қызады. Осы тұтынатын электродтың аяғын балқытуға алып келеді. Электрод металының тамшылары 4 шлактық шомылғыш арқылы өтіп металдық шомылғышты 5 құрады. Осы металдық шомылғыш сумен салқындалатын тұғырық 7 және кристалдандырушы 2 әсерінен құймакесекке қалыптасады. Электршлактық балқыту қондырғысында бірнеше электородтар бір немесе бірнеше тұтас немесе қуыс құймакесектерге, сортты немесе қанылтырлы дайындамаларға, тағы да тұтас немесе қуыс әшекейлі құймаларға шапшаң өңделеді. Массасы 250÷300 т болатын әртүрлі қималы құймакесектерді жасауға болады.



1.13-сурет. Электршлакты қайта балқытудың сұлбасы

Вакумды-доғалы қайта балқыту тәсілі болатты вакууммен өңдеп, оның қасиетін жақсартқан кезде қолданылады. Вакуумды-доғалы пеште (1.14-сурет) вакуумды бөлмешік 1 бар. Бөлмешіктің осі бойымен, оның жоғарғы қақпағына сырғанайтын вакуумды қымтағыш 2 жинақталған. Осы қымтағыш бөлмешекке

электрұстағыш соташығын кіргізуге және бөлмешектегі вакуумды бұзбай соташықты үдемелі қозғалтып қайтаратын қозғалысты ұйымдастыруға мүмкіндік жасайды. Соташыққа болатты қайта балқытқанда қолданылатын құймакесектен жасалған тұтынатын электродты 4 бекітеді. Пештегі электрлік доға қайта балқытылатын электрод пен сұйық металл шомылғышы 5 арасында жанады. Кристалданғыш 6-да сұйық металл жиналады және құймакесек 7 қалыптасады (массасы 37 т дейін). Тұғырық 7 кристалдандырушыны төменгі жақтан жабады. Жоғарғы температураның әсеріне ұшыраған кристалданушы мен тұғырық сумен салқындалады. Осы баяу балқитын металдарды (Mo, Nb, Ta, Zr, Ti, т. б.) қайта балқытуға мүмкіндік береді. Айтылған металдарды балқыту тәсілдері үшін жылудың үлкен шоғырлануы және жоғарғы температура керек.

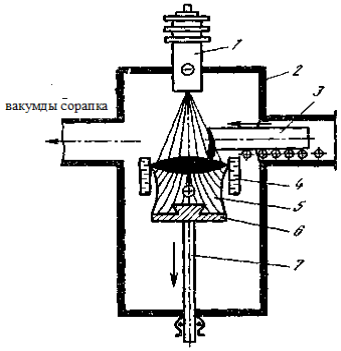


1.14-сурет. Тұтынатын электроды бар вакуумды доғалық пештің сұлбасы

Болаттарды және қорытпаларды тереңтазарту үшін электронды-сәулелі қайта балқыту қондырғыларын (пештерін) қолданады. Осы қондырғыда металды электрон ағынымен қыздырады. Өйткені электрондар металды бомбалап, оның бөлшектеріне өзінің кинетикалық энергиясын береді. Электронды-сәулелі қондырғыларда электрон көздері болып сақиналы катод, радиалды немесе аксиальды электронды зеңбірек саналады.

Қондырғыда аксиальды зеңбірек 1 (1.15-сурет) қолданылады. Осы зеңбіректе конусқа ұқсайтын электронды сәуле фокустанады. Қондырғыдағы электронды зеңбірек балқыту кеңістігінен тәуелді болмайды. Балқытудың вакумды бөлмешегінде 2 электронды зеңбірекпен бірге тұтынатын электрод (қайтадан балқылатын металдың дайындамасы) 3,

сумен салқындатылатын кристалдандырушы 4, балқытылып қаптастырылатын құймакесекті 5 тартып шығаратын механизмге кіретін шүрпі 6 және сумен салқындатылатын соташық 7 орналасады. Балқылатын дайындамаға немесе сұйық шомылғыштың бетіне электронды сәулені шоғырландыру есебінен жылдамдықты және құймакесекті кристалдандыруды тәуелсіз басқаруға мүкіндік жасалады.

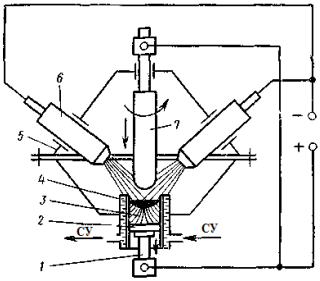


1.15-сурет. Аксиальды зеңбірегі бар электоронды балқыту қондырғының сұлбасы

Қазіргі уақытта қуаты 7500 кВт дейін және жасалатын құймакесектің массасы 100 т және одан кіші болатын электронды-сәулелі пештер қолданылады.

Жоғарғы сапалы болат алудың экономды және болашағы мол тәсілдерінің бірі болып плазмалы-доғалы балқыту саналады. Плазмалы-доғалы пештерде металды қыздыру және балқыту плазматрондарда алынатын қысылған (плазмалы) доғаның қызуының әсерімен іске асырылады. Болатты тазалауды Е. О. Патон атындағы электрпісіру институты жасаған сумен салқындатылатын кристалдандырғышта дайындаманы плазмалы-доғалы қайта балқытатын қондырғыда жүргізеді (1.16-сурет). Қондырғының вакуумды балқытатын бөлмешегі 5 екі қиылған конустан тұрады. Конустың жоғарғы қақпағында бірнеше тесіктер бар. Осы тесіктердің біреуі арқылы қайтадан балқытылатын дайындама 7 беріледі, ал басқа тесіктерге плазмотрондар 6 және бақылайтын құрылғылар

бекітіледі. Металды біркелкі балқыту үшін дайындаманы айналдырады. Плазмотрондар радиалды дайындамаға және кристалдандырушыға 4 бұрышпен орналасады. Кристалдандырушылар мыстан жасалады. Шүрпісі 2 бар ток жүргізілетін және сумен салқындалатын соташық көмегімен кристалдандырушыдан балқытып қаптастырылған құймакесек 3 тартылып шығарылынады. Құрылғыда дайндаманың балқыту жылдамдығын және құймакесектің кристалдануын тәуелсіз реттеуге мүмкіндік бар.



1.16-сурет. Плазмалы-доғалы қайта балқыту құрылғысының сұлбасы

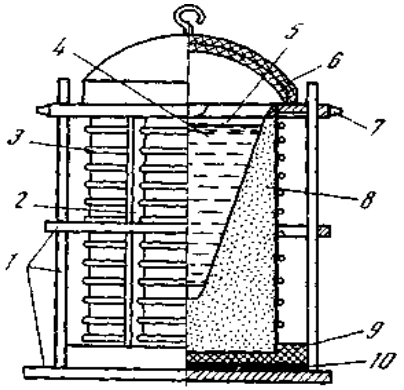
Болатты қайта балқыту құрылғыларында 1800 кВт дейін плазматронның қуаты бар болуы мүмкін, ал балқылатын құймакесектің массасы 5 т дейін жетеді.

Қайта балқытумен тазарту тәсілдерінің кемшіліктері болып олардың басқа болат балқыту агрегаттарында алдын ала болатты балқытуды талап етуі саналады. Тағы да электродтарға немесе дайындамаларға материалдарды қайта балқыту үшін сәйкес дайындық керек екендігі де кемшілік болып есептеледі. Сөйтіп металдың шығыны өседі, тағы да алынатын өнімнің өзіндік құны көбейеді.

Сондықтан шихталық материалдардан арнайы сапалы материалдарды балқыту әдістерін жасау да дамып келеді. Осы мақсатқа арналған металлургиялық агрегаттарға отқатөзімді астары бар плазмалы-доғалы пештер (керамикалық оқбақыры бар), ашық және вакуумды индукциялық пештер және электронды-сәулелі балқытқыш қондырғылар жатады.

Керамикалық оқбақыры бар плазмалы-доғалы пештерде электрлік доға плазматрон мен пештің табанына арнайы бекітілген электрод арасында жанады. Плазмалы доғадағы жылудың жоғары концентрациясы тез қыздыруға және шихтаны тез балқытуға мүмкіндік береді. Бақыланатын атмосфераның бар болуы, шлактың жоқ болуы немесе оның құрамын жеңіл түзетуге мүмкіншіліктің бар болуы қоспаланатын қосындалырды, қоспаланатын немесе тазартатын газды тез сіңіруге жағдай жасайды.

Ашық индукциялық пештер электрлік пештер ішіндегі ең жетілдірілген типтерінің біреуі болып саналады. Оларды мынадай 2 типке бөледі: өзекті және өзексіз. Бірінші типті пештерде металл индуктордың айналасында сақиналы науашада орналасады, ал индуктордың ішімен өзекше өтеді. Осы пештер тағы да жеңіл балқытылатын түсті қорытпаларды балқыту үшін қолданылады. Екінші тип болып өзексіз болат балқытатын индукциялық оқбақырлы пештер саналады (1.17-сурет). Сумен салқындатылатын индуктор 3 айнымалы магниттік ағын жасау үшін қолданылады. Осы айнымалы магнитті ағын оқбақырдағы 8 металдық шихта кесектерінен өтіп кетіп, оларда құйындатылған токтарды жасайды. Жасалған құйындатылған токтар балқыту және керекті аса қыздыру температураларына дейін металды 4 қыздырады. Осы пештерде металда тікелей бөлінетін жылуды өте толық қолданады. Металдың беткі жағында шлактық қорғау 5 жасалынады. Осы шлак та металдық шомылғыштың жылуын сақтайды. Пештің қақпағы 6 металл мен шлактың жылулық шығынын азайтуға арналған. Оқбақырды қышқыл (кварцит немесе кварцты құм), көбінесе негізгі (магнезиттің ұнтағы, техникалық глинозем, т. б.) отқатөзімді материалдардан жасайды. Индуктор және оның қаңқасы 1, 2 оқбақырға, пешті бұрған кезде еңкейту механизмінің шетмойыны көмегімен бекітеді. Оқбақыр және индуктор тұғыр 9 және жылулық оқшалауықта 10 қойылған.



1.17-сурет. Индукциялық оқбақырлы пештің сұлбасы

Басқа пештермен салыстырғанда индукторлы оқбақырлы пештердің артықшылығы болып, олардың жоғарғы өнімділігі, еңбектің жақсы жағдайы және балқыту процесін басқарудың мүмкіншілігі саналады. Бірақ та индукциялық пештерде мынадай басты технологиялық кемшілік бар: металмен қыздырылатын болғандықтан шлактың аз белсенділігі.

Кішкентай габаритті өлшемі бар болғандықтан индукциялық пештерді вакуумды қылып жасауға болады. Индукциялық вакумды пештерде болатты терең дегазациялауға, вакуммен ұзақ өңдеп және балқыманы электрмагниттік араластырып толық тазартуға болады.

Индукциялық оқбақырды пештердің сыйымдылығы 0,06 т-дан 60 т-ға дейін жетеді.

1.13. Алынатын болаттардың сипаттамасы және оларды қолданатын өндіріс аймақтары

Әртүрлі әдістермен алынған болаттардың сапасы оның химиялық құрамы, зиянды қоспалар, газдар және металл емес кірмелер мөлшерлерімен анықталады.

Оттегілі-конверторлы тәсіл барлық көміртекті және қоспаланған болаттарды балқытуға мүмкіндік береді. Осы тәсілмен сапасы бойынша мартендіктен, ал пеш сыртында өңдеуді кіргізгенде электрболаттікінен басымырақ болатты да

алуға болады. Бұған негізінен былай жетуге болады: шихталық материалдардың және оттегінің ($\geq$ 99,6 % O_2; $\leq$ 0,02 % N_2) тазалығын жоғарылатумен; балқытудың берілген жылулық режімін жасау және ұстап тұрумен; конверторға ауаны тартуды азайтумен.

Оттегілі конверторларда көміртегісінің мөлшері аз (0,02÷0,04 %) мынадай болаттарды алуға болады: армко темір типті трансформаторлық болаттар; электр және радиотехника өндірісі үшін басқа болаттар.

Конверторда болатты өндірген кезде газдың мөлшерін төмендетуге ұмтылады. Азоттың мөлшері 0,002÷0,005 % болатын болатты балқытуға болады. Осы ентаңбасы 08кп, 10кп және басқа азкөміртекті болаттарды суық күйде қалыптау мүмкіншілігін едәуір жақсартады.

Конверторлы болаттар сутегінің мөлшері аздығымен (2÷3,5 $см^3$/100 г металда) сипатталады. Осы флокеннің (металдың іште жарылуын) пайда болуын болғызбайды.

Балқытудың аяққы кезеңінде металда күкірт, оттегі және азоттың мөлшері кішкентай болатындықтан, конверторлы болат сульфид, оксид және нитрид түріндегі металл емес кірмелердің аздығымен айырмашылықта болады. Осы тағы да болаттың сапасын жоғарылатады.

Мартендік пештердегі скрап-кенді процесс азкөміртегілі және кішкене қоспаланған болаттарды алуға мүмкіндік береді. Орташакөміртектенген болаттарды шомылғышты оттегігімен қарқынды үрлейтін болғандықтан кейбір қиындықпен шығарады. Конверторлық болаттармен салыстырғанда мартендік болаттар газдың және металл емес кірмелердің мөлшерімен ұтылады. Оттегілі фурманың жанында ашық металдың пештік атмосферамен жанасуының нәтижесінде, оның азотпен қанығуы жүреді. Сондықтан конверторлы болатпен салыстырғанда мартендік негізгі болатта азот көп (0,004÷0,008 %). Осы жағдайда болатта күкірт те бірнеше есе көп болады. Сутегі бойынша да осы болат төменгі көрсеткішпен сипатталады. Қышқылсыздандырудың өнімі мартендік болатты металл емес кірмелермен бірнеше рет көп қып былғайтындығын да айта кету керек.

Мартендік қышқыл болат жоғарыда қаралған болаттармен салыстырғанда газдардың, әсіресе оттегінің аз мөлшерін құрамына кіргізеді. Осыған тым таза шихта, аз газөтімділігі бар

тұтқыр шлактарды қолдану, балқыту жүрісі бойынша пеште оттегінің мөлшерінің тым кішкене болуы, т. б. факторлар мүмкіндік туғызады. Болатта тағы да металл емес кірмелер өте аз. Осының бәрі қышқыл болаттың жақсы механикалық қасиеттерін қамтамасыз етеді, яғни қасиеттері әсіресе тұтқырлығы және серіппелігі бойнша тым тұрақты болаттар алынады. Қышқыл мартендік болатты қиын жағдайда жұмыс істейтін (турбинаның роторы, әртүрлі машиналардың иінді біліктері, т. б.) бұйымдарды өндіру үшін қолданады.

Электрпеште (доғалық, индукциялық) болатты балқытқан кезде ең көп болып күкірт, фосфор және оттегі алынып тасталынады. Сондықтан оларда сапалы көміртекті, қоспаланған және жоғарықоспаланған, аспаптық және отқаберік болаттарды, т. б. алады.

Доғалық пештерде балқытылған орташақоспаланған болаттарда азоттың мөлшері 0,006-дан 0,012 % дейін өзгереді. Осы конверторлы және мартендік пештерде алынған болаттардан бірнеше есе көп, ал жоғарықоспаланған болатта азот осыдан да көп (0,02 %). Электрболаттарының құрамында сутегінің мөлшері де былай жоғарылайды: орташақоспаланған болатта 4÷9 $см^3$/100 г, ал жоғарықоспаланған аустенитті болатта 10÷11 $см^3$/100 г дейін.

Пеш сыртындағы вакуумда металды дегазациялау бастапқы мөлшерден сутегінің мөлшерін 40÷60 % дейін, оттегінің мөлшерін 50÷70 % дейін, азоттың мөлшерін 5÷10 % дейін азайтады және металл емес кірмелердің мөлшерін кішірейтеді. Осы болаттың қасиеті едәуір жақсарады, яғни илемділік пен соққы тұтқырлығы, суыққаберіктік өседі және сызат пайда болуға бейімділік азаяды. Осыдан да жақсы нәтижеге жетуге болады. Сөйтіп электрдоғалық жылытумен шөміште вакуумдық өңдегенде және металды аргонмен үрлегенде оттегінің концентрациясы 0,2 %-дан 0,001 %-ға дейін жетеді, ал сутегінің мөлшері 1,0÷1,5 %-ға дейін құлайды. Синтетикалық шлакпен тазартылған болат жоғарғы илемділік пен соққы тұтқырлығына ие болады, ал күкірттің мөлшері 0,015÷0,033-тен 0,005÷0,012 %-ға дейін азаяды. Вакумдалған болатқа сілтілі-жерлі металды енгізген кезде күкірттің мөлшері 0,02÷0,025-тен 0,001÷0,005 %-ға дейін азаяды.

Қайталап балқыту болатты қоспалардың мөлшері бойынша былай жақсартады: мартендік болатты 2,1 рет, конверторлық болатты 2,0 рет, ал электрболатты 1,5 рет.

Кәзіргі заманғы болат балқыту өндірісінің технологиясы өте үлкен деңгейге жетті. Мерзіммен әсер ететін қазіргі заманғы агрегатта (оттегілі конверторда, мертендік пеште, т. б.) металлургиялық операцияның ұзақтығы қосымша операцияның уақыт нормасымен өлшемдес болып қалды. Сондықтан үздіксіз болат балқыту процестері жасалынып жатыр. Бүгінгі күнде металлургиялық өндірістің көптеген процестері үздіксіз болып есептеледі. Мысалы, домендік балқытуға шикізатты дайындау, домендік пеште шойынды балқыту, дайындаманы үздіксіз құятын машинада болатты құю, болатты илемдеу. Сөйтіп, үздіксіз болат балқыту процестері металлургиялық өнімді алудың үздіксіз технологиялық тізбегінің бөлімі болып жатыр. Осы кезде болаттың сапасы елеулі жақсарады. Едәуір еңбек жағдайы жақсарып, қоршаған ортаға зиянды заттарды лақтыру азаяды.

1.14. Түсті металдар өндірісі

Темір мен оның қорытпаларынан, хром және марганецтен басқа металдардың бәрі түсті металдарға жатады. Қара металдарға қарағанда түсті металдар жер қойнауында кемірек кездеседі. Түсті металдарды өндіру күрделі және таза күйінде олардың беріктігі төмен болғандықтан машинажасау өндірісінде негізінен олардың қорытпалары қолданылады. Түсті металдардың негізгісі болып мыналар саналады: мыс, алюминий, магний, титан, цинк, никель, қорғасын және қалайы.

1.14.1. Алюминий өндіру

Металл алюминийді алудың өндірістік тәсілі болып балқытылған криолитте Na_3AlF_6 ерітілген Al_2O_3 тотығын электролиттік ыдырату саналады.

Алюминийдің тотығы (бокситтер, нефелиндер, алуниттер, каолиндер) құрамына көп болып кіретін тау жыныстарын алюминийлік кен деп атайды. Кеннің сапасы құрамына кіретін глинозем Al_2O_3 мөлшерімен, тағы да кремнилік модульмен, яғни

Al_2O_3 мөлшерінің SiO_2 мөлшеріне қатнасымен анықталады. Алюминийді алу үшін негізгі шикізат болып боксит саналады. Осы шикізатқа алиминий алюминийдің гидрототығы $Al_2O_3 \cdot H_2O$ және $A1_2O_3 \cdot 3H_2O$ түрінде кіреді. Бокситтің химиялық құрамы өте күрделі болғандықтан тек мынадай негізгі сыңарларды ғана айтайық: 44,5÷60,0 % Al_2O_3; 1,6÷13,0 % SiO_2; 11,0÷23,0 % Fe_2O_3; 0,1÷10 % TiO_2. Бокситтер кремнийлік модулі жоғары болуымен айырмашылықта болады. Бокситте глиноземнің үлесі 60 % жетеді.

$A1_2O_3$ құрамына аз кіруіне қарамастан (27,3÷29,3) нефелиндерді $(Na, K)_2O_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ қайта өңдеу де экономикалық тиімді болып саналады. Алюминиймен бірге нефелиндерден кальцийленген сода, поташ және цементті алады.

Алюминийді өндіру мынадай екі сатыдан тұрады: глиноземді алу және балшықжер электролизімен металды алу.

Бокситтерден глиноземді көбнесе К. И. Байер жасаған сілтілік тәсілмен алады. Алдымен бокситтер арнайы дайындықты өтеді. Ол үшін бокситтерді қозғалатын тақтасы бар тоқпақтық ұсатқышта ұсатады (бөлшектерінің мөлшері 30–40 мм-ге жеткенге дейін). Содан кейін құбырлық диірменде ұнтақтайды (ылғалды ұсату). Диірменге ащы сілтіні және 3–4 % әкті қосады. Соңғысы $A1_2O_3$ шығаруға жақсы жағдай жасайды.

Диірмендерде алынған дымқыл пульпаны бокситті сілтілеп өңдейтін автоклавтарға қарай жібереді. Автоклавтарда 100–240 ^oC температурасында пульпаны араластырған кезде сілтінің сулы ерітіндісінмен боксит әсерлесіп, осы бокситтің химиялық ыдырауы былай жүреді:

$$Al_2O_3 \cdot 3H_2O + 2NaOH \leftrightarrow Na_2O \cdot Al_2O_3 + 4H_2O. \qquad (1.1)$$

Осылай алюминийдің гидрототығы алюминат натриінің ерітіндісін пайда болғызады. Реакция оңға қарай жүреді.

Автоклавта кремнезем мынадай реакция бойынша натрий силикатын құрады:

$$SiO_2 + NaOH = Na_2\ SiO_2 + H_2O.$$

Силикат алюминат натриімен әсерлеседі. Осы мынадай ерімейтін күрделі қосылысты пайда болғызуға алып келеді:

$$2(Na_2 \cdot SiO_2) + Na_2O \cdot Al_2O + 4H_2O =$$
$$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 4NaOH.$$

Натрилі алюмосиликат (пермутит) $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ тұнбаға түседі. Темір және титан оксидтері де тұнбаға ауысады. Осы оксидтер тұнбаға қызыл түс береді, сондықтан тұнбаны қызыл шлам деп атайды.

Пульпа арнайы араластырғышқа сұйылту үшін түседі, ал содан кейін алюминатты ерітіндіні қызыл шламнан бөлу үшін қоюлатқышқа түседі. Ары қарай шлам (12÷15 % Al_2O_3, 45÷50 % Fe_2O_3, 6÷11 % SiO_2) ағымға қарсы режімінде жуылады және қоймаға жіберіледі. Ол шойын және қышқыл шлакты балқыту үшін шикізат бола алады.

Қоюлатқыштан төгілген алюминатты ерітінді сүзгілінеді және жіктеуге (декомпозициялауға) жіберіледі. Декомпозициялау процесі осы жағдайда солға қарай жүретін кері қайтатын реакция (1.1) негізделген. Ерітіндіні сұйытылады, 50÷55 ^{0}C дейін суытылады, қатырғы ретінде $Al(OH)_3$ порциясын енгізеді. Алынған пульпаны араластырады. Декомпозицияны ауалы араластырғышы бар декомпозаторда жүргізеді.

Декомпозаторда алынған ерітіндіні буландыруға жібереді. Буландыру қабыршақ типті буландырғыш апараты бар көп тұрқылы батареяда жүргізіледі.

Глиноземді алудың аяқтау кезеңі болып алюминий гадросидін құрғату, яғни мынадай реакциямен жүретін кальцинация саналады:

$$Al_2O_3 \cdot 3H_2O = Al_2O_3 + 3H_2O.$$

Кальцинацияны 200-ден 1200 ^{0}C-қа дейінгі температурада құбырлы пешті қолданып жүргізеді.

Байер әдісімен глиноземді алған кезде 90 % дейін Al_2O_3 шығарып алуға болады.

Бокситерді қақтала жабыстырумен қайта өңдеуді, осы бокситтерде 6÷8 %-дан 17÷20 %-ға дейін SiO_2 болған кезде қолданады. Осы тәсіл жуықты 82 % Al_2O_3 шығаруға мүмкіндік береді. Кейбірде қиыстырылған сұлбаны, яғни Байер мен қақтала жабыстыру тәсілдерін қиыстыратын сұлбаны

қолданады. Осы тәсілдерді қолданудың арқасында глиноземді толық шығаруға мүмкіндік пайда болды.

Глиноземнен алюминийді шығару үшін алдын ала криолитті алу керек. Криолитті өндірген кезде мынадай бастапқы материалдарды қолданады: байытылған плавикті шпат, күкірт қышқылы, алюминийдің гидрототығы және кальцийленген сода. Алдымен плавикті шпаттан фторлы сутегіні, ал содан кейін плавикті қышқылды алады. Плавикті қышқылдың ерітіндісіне алюминийдің гидрототығын енгізген кезде мынадай реакция жүреді:

$$12HF + Al_2O_3 \cdot 3H_2O = 2H_3AlF_6 + 6H_2O.$$

Пайда болған фторалюминийлі қышқылды содамен бейтараптайды, нәтижесінде криолит былай алынады:

$$2H_3AlF_6 + 3Na_2CO_3 = 2Na_3AlF_6 + 3CO_2 + 3H_2O.$$

Тұнбаға түскен криолитті сүзгілейді және арнайы атанақта кептіреді. Балқытылған криолит глиноземді ерітуге және электролиздеуге орта болады.

Электролиз катодты және анодты құрылғысы бар электролизер деп аталатын арнайы қондырғыда жүргізіледі. Алюминий шомылығы іргетасында көміртекті шығыршықтан жасалған катодты құрылғы жинақталған. Осы көміртекті шығыршаққа болаттан жасалған ток алып келуші қосылған. Шомылғыштың түбінде балқытылған алюминий орналасады, ал жоғарғы жағында электролит бар болады. Анодты құрылғы ені үлкен көміртекті анод болып саналады. Болаттан жасалған ток алып келуші қадалығы бар анод электролитке батырылады.

Электролизерге алып келінетін тұрақты токта 70-тен 75 кА дейін күш және 4,0÷4,5 В кернеу бар. Ваннаны 1000 ^{0}С дейін қыздыру электролит арқылы ток өткенде бөлінетін жылумен қамтамасыз етіледі. Электролиттің құрамы мынадай: 78÷82 % Na_3AlF_6, 4÷5 % AlF, 2÷8 % Al_2O_3, 8÷10 % (CaF_2 + MgF_2). Балқытылған электролиттің қабатына (200÷250 мм) глиноземді береді. Нәтижеде электрохимиялық процесс жүріп, криолит еріп, иондарға ыдырау мынадай реакциялар көмегімен жүреді:

$$Na_3AlF_6 = 3Na^+ + AlF_6^{3-};$$

$$2AlO_3 = 3Al^{3+} + 3AlO_2^- \ ;$$
$$AlO_2 = Al^{3+} + 2O_2^{2-}.$$

Al^{3+} ионы катодта разрядталып астаудың табанына сұйық алюминий жиналады, ал O^{2-} ионы анодта разрядталып, бөлінген оттегі анодпен әрекеттесіп газдар CO және CO_2 күйінде астаудан ұшып шығады.

Астауға жиналған сұйық алюминийдің үстіңгі қабатында электролит тұрады. Сұйық алюминий 1÷2 тәулік ішінде құйылып алынады, бірақ та астау бірқалыпты жұмыс атқаруы үшін оның түбінде аздаған алюминийді қалдырылады.

Электролиз процесін көмірлі анодта және сұйық алюминийлік катодта глиноземнің ыдырауы түрінде мынадай екі реакциямен көрсетуге болады:

$$Al_2O_3 + 3C = 2Al + 3CO;$$
$$2Al_2O_3 + 3C = 4Al + 3CO_2.$$

Электролизбен 1 т алюминий өндіру үшін шамамен 16 мың кВт/сағ. Электр қуаты және 0,6 т көмір аноды қажет.

Өндірілген алюминийдің құрамында темір, кремний, мыс, глинозем қоспалары болады. Сондықтан оны тазартады. Тазарту үшін сұйық металды 10÷15 мин уақыт ішінде хлормен үрлеу қажет. Буланған хлорлы алюминий $AlCl_3$ металл қоспасынан өткенде зиянды қоспалардың бөлшектерін біріктіріп, оларды сұйықтың үстіңгі қабатына шлак ретінде алып шығады. Алюминийді хлорлау нәтижесінде Na, Ca, Mg элементтерінен және алюминийде еріген газдардан (оттегі, көміртегі тотығы) алюминий тазартылады.

Газдар мен металл емес қоспаларды кетіру үшін сұйық алюминийді ковшта немесе электр пешінде 30÷40 мин 690÷730 ^{0}C температурасында ұстап тұрады. Осындай тазартудың нәтижесіде тазалығы 99,5÷99,85% алюминий алынады.

Тазалығы бұданда жоғары алюминий қажет болғанда электролитті тазарту тәсілі қолданылады. Осы тәсіл бойынша тазартуды балқытылған ортада жүргізеді. Балқытуды жүргізген кезде былғанған алюминий анод, таза алюминий катод, ал сусыз фторлы және хлорлы тұздар электролит болады. Электролитті тәсілмен тазалығы 99,99 % болатын алюминий алынады.

Алғашқы алюминидің сапасы оның тазалығымен анықталады. МЕСТ бойынша ол мынадай 3 топқа бөлінеді: ерекше таза алюминий А999 (99,999 % Al); тазалығы жоғарғы алюминий А995, А99, А97, және А95 (99,995; 99,99; 99,97 және 99,95 % Al); техникалық тазалығы бар алюминий А85, А8, А75, А7, А6, А5, А5Е, АО (ұқсас түрде алюминийдің мөлшерлік үлесі көрсетіледі).

Алғашқы алюминий массасы 5,15 және 1000 кг болатын құйым немесе цилиндрлік құймакесек түрінде сатылады. Алюминий алюминийлік қорытпаларды өндіру үшін, тағы да болатты қышқылсыздандыру және ферроқорытпаны жасау үшін қолданылады.

1.14.2. Мыс өндіру

Мыс кендерінің құрамында 1÷5 % мөлшерінде мыс болады. Мыс кендері күкүртті қоспалардан CuS, Cu_2S, $CuFeS_2$, Cu_5FeS_4, тотықтардан CuO, Cu_2O және карбонаттардан (магний және кальций) тұрады. Бұл кендердің құрамында мыстан басқа никель, цинк, қорғасын, алтын, күміс, т. б. металдар да кездеседі.

Мысты негізінен сульфид кендерінен пирометаллургиялық әдіспен өндіреді. Мыс кендерін балқытудың алдында байытады. Сонда байытылған концентратты алады. Байыту үшін кенді ұсақтайды және ұнтақтайды, содан кейін механикалық, пневматикалық немесе құрастырылған машиналарда кендік минерал мен бос жыныстарды бір-бірінен айырады. Машинаға кеннің судағы жұқа ұнтақталған суспензиясы болып келетін пульпаны тиейді, ауамен үрлейді және араластырады. Пульпаға кішентай мөлшерде әртүрлі реагенттерді қосады. Минералдар реагенттердің әсерінен суда дымқылдану мүмкіндігін жоғалтады. Олардың түйіршіктері ауаның көпіршіктеріне жабысып, сол көпіршіктермен бірге ваннаның бетіне қалқып шығады. Ваннаның бетінен алынған минералды бөлшектері бар көбікті құрғатып мыс кенінің концентратын алады.

Концентраттағы күкірттің мөлшерін азайту үшін, оны 750÷800 ^{0}C температурасында күйдіреді. Нәтижесінде концентраттағы күкірттің мөлшері екі рет азаяды, ал алынған

күкіртке бай газдар (18÷20 % дейін SO_2) күкірт қышқылын өндіру үшін қолданылады.

Мыс өндірудің келесі кезеңі болып концентратты штейнге балқыту есептеледі. Осы кезде концентраттың балқытылған массасы мынадай 2 бөлімге бөлінеді: сульфидті өзіне қосатын штейн және тотықты өзіне қосатын шлак. Осы кезеңде өзіне құнды металды қосатын мыс кенінен басқа металдарды да, соның ішінде бағалы металдарды да қатарласа шығаруға болады. Концентратты штейнге балқытудың бірнеше тәсілдері бар.

Қазіргі кезде мыс штейнінің үлкен үлесін шағылдырғыш пешті қолданып 1300÷1350 ^{0}C температурасында шығарады. Бұған процестің қарапайымдылығы және экономдылығы себепші болып отыр. Шағылдырғыш пеште келесі құрамы бар штейн қалыптасады: $Cu_2S + FeS + MeS + Fe_3O_4$, мұндағы MeS – қоспалардың қарапайым сульфидтері. Шихтаны қыздырған кездегі мезгілде пеште шлак та жасалынады.

1250÷1300 ^{0}C температурасында мыс тотығы (СиО) мен жоғарғы темір тотықтары қалпына келтіріледі. Пайда болған мыс тотығы ($Cи_2O$) FeS-пен әрекеттесіп $Cи_2S$ түзеді. Балқытқан кезде концентраттан 40 % дейін S-ті кетіреді. Негізінен тек сульфидтен тұратын штейн ваннаның түбіне жиналады, ал темірдің балқытылған силикатында еріген тотықтардан тұратын шлак жоғарғы жақта орналасады. Штейнді және шлакты шығару бөлек жүргізілінеді. Штейндегі мыс мөлшері 20÷45 %, ал шлактағы мыстың мөлшері 0,4÷0,6 % болады.

Штейн өндірген кезде шахталық пеште балқытуды да кеңінен қолданады. Осы пешті қолданған кезде, мыс кеніндегі күкіртті күйдіруді (тотықтырғыш) бөлек жүргізбей штейнді алу процесімен бірге өткізеді. Құрамында мысы бар екінші қалдықтарды балқытып мысты алғанда шахталық пешті қолдануға болады. Шахтаны кесекті кен, флюс және кокс қоспасымен толтырады. Отын жанып сульфидтер тотығу үшін фурма арқылы шахтаның төмен жағына ауа үрленеді.

Балқытудың осы тәсілінің артықшылығына жоғарғы өнімділік, жылудың жақсы қолдануы, отынның аз шығыны жатады. Штейндегі мыстың мөлшері 15÷25 %, ал бай кеннің штейніндегі мыстың мөлшері 45÷50 %, ал шлактағы мыстың мөлшері жуықты 0,3 % тең болады.

Түсті металдарды өндірген кезде электрлік пештерді қолдану кеңінен орын тапты. Күкірті және бояу балқитын концентраты аз мыс кендерін балқытқан кезде кентермиялық пештер де қолданылады. Шағылдырғыш пеште балқытумен салыстырғанда кентермиялық пеште балқытудың мынадай артықшылықтары бар: түсті металды кеннен көп мөлшермен шығару; балқытқан кездегі температураның жоғарылығы; газ бөлуді 6÷10 рет азайту; флюстер шығынының аз болуы.

Соңғы уақыттарда концетратты асылған күйде балқытуды көп қолданады. Осындай балқытудың әсіресе мынадай 2 түрі көп таралған: қыздырылған ауаны үрлеп жүргізілетін оттегілі-ауалы балқыту (ОАуБ) (мысқа кедей және мырыштың мөлшері аз концентратты өңдеу үшін қолданады); оттегілі-алаулы балқыту (ОАлБ) (мысы 25÷35 % және мырыштың мөлшері кішкентай болатын концетраттарды өңдеу үшін қолданады). Асылған күйде балқыту үшін кепкен концентратты қолданады. Сондықтан бір пеште осы концентратты күйдіруді және темір сульфиді тотыққан кезде пайда болатын алауда балқытуды қатарынан жүргізеді. Сыртқы жылуды жеткізбейтін болғандықтан балқытудың осы түрін автогенді процесс деп атайды. ОАлБ үшін қолданылатын пеш шағылдырғыш пешке ұқсас. Осы пеш екі шихталы-оттегілі шілтермен қамтамасыз етілген.

Отегілі-асылған циклонды электртермиялық балқыту (ОАЦЭБ) тәсілі қазіргі уақытта қолдануды тауып келеді. Осы тәсіл отын қосып тотықты немесе азсульфидті концентратты балқыту үшін жасалған.

Автогенді балқытқан кезде штейндегі мыстың мөлшері 45÷55 % (ОАуБ,ОАлБ) және 45÷50 % (ОАЦЭБ), ал шлактағы мыстың мөлшері 0,5 % көп емес болады.

Асылған күйдегі балқытудың артықшылығына мыналар жатады: өнімділіктің жоғары болуы (шағылдырғыш пештің өнімділігінен үш рет үлкен); газ бөлінудің кішкентай болуы (10÷40 рет кішкентай, осы шикізатты кешенді қолдануға мүмкіндік береді); процестің химиялық реакциясы жылуын қолдану мүмкіншілігінің бар болуы (энергия шығынын 30 % қысқартады).

Штейн қара мыс алу үшін бастапқы өнім болады. Осы кезде мыс және темір сульфиттері тотықтанады, ал пайда болған тотықтар шлакка жіберіледі. Күкірт те тотытықтанып SO_2-ге өтеді. Процесс бүйірлік үрлеуі бар (қысылған ауа) көлбеу конверторда жүргізіледі.

Конверторлаудың бірінші кезеңінде темір сульфидінің тотықтануы былай жүреді:

$$2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2;$$
$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2.$$

FeS бар болған кезде мыс тотығы тұрақсыз болады және мынадай реакция бойынша сульфидке айналады:

$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO.$$

Темір оксиді FeO кварцтық флюспен былай шлакқа ауыстырылады:

$$2FeO + SiO_2 = (FeO)_2 \cdot SiO_2.$$

Конверторды аса қыздырудан сақтау үшін (керекті температура 1130÷1260 ^{0}C) штейннің жаңа бөлігін, мыстың және кварцтың қалдықтарын тұрақты тиеп отырады.

Тағы да бірінші кезеңде магнетит мынадай реакциямен пайда болады:

$$6FeO + O_2 = Fe_3O_4.$$

Бірақ та магнетит баяу балқитын болатындықтан оны алу орынсыз. Сондықтан ол кремний оксидімен SiO_2 байланысып шлакқа ауыстырылады.

Екінші кезеңде ақ штейннен қара мыс былай пайда болады:

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2;$$
$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2.$$

Қара мыстың құрамында 98,4÷99,4 % Си, 0,01÷0,04 % Fe, 0,02÷0,1 % S және аздаған қоспалар болады. Конвертордан мысты шөмішке құяды, ал содан кейін сауықорамға төгеді.

Керекті тазалығы бар мысты алу үшін қара мысты отты, ал содан кейін электролитті тәсілдермен тазартады.

Отты тазарту мысқа қарағанда оттегіге үлкен ұқсастығы бар қоспаларды тотықтандыруға, ал содан кейін оларды газбен

немесе шлакпен кетіруге бағытталған. Мысты 10 сағ бойымен шағылдырғыш пеште балқытады, содан кейін болаттан жасалған құбыр арқылы сұйық ваннаға оттегіні беріп оны тотықтандырады. Осымен оттегінің, демек бүкіл ванна бойынша тотықтану өнімінің, яғни мыс тотығының Cu_2O, бірқалыпты таралуын қамтамасыз етеді. Мыс тотығы мыстағы қоспаларды (Me – Al, Fe, Ni, Zn, Sb, Sn) былай тотықтырады:

$$Me + Cu_2O = MeO + 2Cu.$$

Отты тазалау мысты қалпына келтірумен бітеді. Осы мақсатпен мысқа мазут пен табиғи газды кіргізеді. Осы мазут пен табиғи газдың жіктелуінен мыс тотығын қалпына келтіретін газдар мен көмірсутектер бөлінеді:

$$Cu_2O + H_2 = 2Cu + H_2O;$$
$$Cu_2O + CO = 2Cu + CO_2.$$

Күкіртті толық тотықтыру үшін ваннаны қатты араластырады. Сонда мына реакция жүреді:

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2.$$

Алынған мыста аздаған мөлшермен алтын мен күміс және тағы да әртүрлі қоспалар қалады. Жоғарыда айтылған қоспалар мыстың электр өткізгіштік қасиетін төмендетеді. Осы қоспаларды кетіру үшін арнайы ваннада электрлік әрлеуді жүргізеді. Отты тазаланған мыс анод болады, ал таза мыстың жұқа қаңылтырлары катод болады. Элетролит болып күкіртті қышқылмен қышқылдандырылған мыстың күкіртқышқыл ерітіндісі қабылданады. Осы электролизді тазарту тазалығы 99,95 % мыс алу үшін қолданылады. Электролизді ішінен винипласт немесе қорғасынмен қапталған астауларда жүргізеді. Жоғарыда айтылғандай анодтарды отпен тазартылған мыстан жасайды да, катодтар жұқа таза мыс қаңылтырдан тұрады. Электролит ретінде күкірт қышқылымен қышқылданған мыстың күкіртқышқылды ерітідісін пайдаланылады.

Тығыздығы 100÷400 А/м^2, кернеуі 2÷3 В ток өткенде анод еріп, мыс катион ретінде ерітіндіге айналып, катодтарға мыс ионы ажырайды: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$.

Қоспалар (мышьяк, висмут, т. б.) астаудың түбінде шлам ретінде шөгеді. Кейде шламның құрамында 35 %-ға дейін Ag, 6 %-ға дейін Sb, 3 %-ға дейін Fe, 1 %-ға дейін Au, т. б. құнды элементтер болады. Сондықтан сол элементтерді алу мақсатында шламдарды қайта өңдейді (ұқсатады).

МЕСТ-ке сәйкес бірінші мыс келесі таңбамен жасалады: МОО (99,99 % Cu), МО (99,95 % Cu), М1 (99,9 % Cu), М2 (99,7 % Cu), М3 (99,5 % Cu).

1.14.3. Магний өндіру

Магний өндіретін кендерге мыналар жатады: хлоридтер (карналлит $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, бишофит $MgCl_2 \cdot 6H_2O$), карбонаттар (магнезит $MgCO_3$, доломит $CaCO_3\,MgCO_3$). Ең оңай өңделетін шикізатқа карналит жатады. Ол табиғатта болатын калий тұздарынан жолай шығарылады. Карналитті өндеген кезде бишофитті алады. Оның сарқылмас қоры теңіздік суда болады. Теңіздік судың әрбір 1 кг-да 1 г магний бар. Кейбір жағдайда кәсіпорындар хлоридті және корбонатты шикізатта бірдей жұмыс істейді.

Магний алудың негізгі тәсілі болып оның балқытылған тұздарының электролизі есептеледі.

Алдымен карналитті байытады, өйткені оның құрамында бар жоғы 7÷8 % Mg бар. Осы мақсатпен $MgCl_2$ және KCl-ды сулы ерітіндіге ауыстыру есебінен KCl және ерімейтін қоспаларды бөледі. Ерітіндіні вакумды кристализаторда салқындатқан кезде байытылған жасанды карналит кристалы бөлініп шығады. Осыдан кейін оны құрғатады. Ол үшін алдымен айналатын құбырлық немесе қайнайтын қабат (ҚҚ) пештерін қолданады. Ақырғы құрғатуды электрлік пеште 750÷800 ^{0}C температурасында балқытумен, содан кейін миксерде 780÷850 ^{0}C температурада тұндырумен жүргізеді.

Магнийді электрлік жолмен алуды электролизерде іске асырады. Электролизердің анодты жиынтығы графиттік тілімшеден орындалған, ал болаттан жасалған тілімше катод болады. Электролиз кезінде пайда болатын магний мен хлордың әрекеттесуін жоқ қылу үшін ваннаны қымтайды және одан хлорды

сорып тастайды. Ваннаның жоғарғы жағына керамикалық бөгет қояды. Төмендегідей құрамы бар электролитті ваннаға құяы: 10 % $MgCl_2$, 45 % $CaCl_2$, 30 % NaCl, 15 % KCl және NaF, CaF_2 қоспалары.

Электролиз 700÷720 ^{0}C температурасында жүргізіледі. Осы кезде сұйық магний алу қамтамасыз етіледі және оның қатуын ваннадан сорған кезде болдырмайды. Ванна ток күші 150 кА, кернеу 5,5 В болған кезде жұмыс істейді. Осындай жағдайларда басымырақ $MgCl_2$ ыдырайды. Электролиттік ыдыраудың өнімдері, яғни хлор иондары анодқа қозғалып ваннадан алынып тасталатын хлор көбікшесін құрайды, магний ионы катодта бөлінеді, ал сұйық магний ваннаның бетіне қалқып шығады. Осы сұйық магнийді вакуум шөмішімен алып тастайды. Электролитке процестің жүрісі кезінде $MgCl_2$ балқытпасын немесе карналлит қосады.

Хлорлы магнийді электролиздеген кезде бағалы жанама өнім хлор бөлінеді.

Металдық магниді тағы да термиялық тәсілмен алуға болады. Ол үшін жоғарғы температурада және салыстырмалы терең вакуумда көміртегі, кремний немесе ферросилицимен магний тотығын қалпына келтіреді.

Магнийді флюспен тазалайды. Флюстер магнийдің құрамындағы қажетсіз қоспалармен әрекеттесіп, шлакқа қосылады. Пайда болған шлакты (негізінен металл емес кірмелер $MgCl_2$, KCl, NaCl, MgO) магнийден алып тастайды. Тазалаудың басқа әдісі болып 600÷620 ^{0}C температурасындағы вакуумда айдау тәсілі саналады.

Тазартылған магнийдің тазалығы 99,9 %-ға дейін жетеді. Одан да таза магний өндіру үшін вакуумда сублимация қажет.

МЕСТ алғашқы магнийдің мынадай 3 ентаңбасын қарастырады: Мг 96 (99,96 % Mg), Мг95 (99,95 % Mg) және Мг90 (99,90 % Mg).

1.14.4. Титан өндіру

Ең көп таралған титандық кендерге ильменит $FeO \cdot TiO_2$, рутил TiO_2, титанмагнетит $FeTiO_3 \cdot Fe_3O_4$ және титанит $CaO \cdot SiO_2 \cdot TiO_2$ жатады.

Титандық кендерде титан тотығының мөлшері кішкентай болғандықтан оны мынандай әртүрлі тәсілдермен байытады: гравитация; магниттік және электрлік сеперация, т. б. Осыдан кейін титандық концентраттарды алады. Осы концентратта титанның мөлшері 42÷65 % дейін көбейеді.

Титан өндірудің келесі кезеңі болып титан тотығынан TiO_2 темір тотықтарын FeO және Fe_2O_3 (ең көп таралған ильменитті кендердің концентрациясында олардың мөлшері 40 %) алып тастау саналады. Ильменитті кендер концентрациясындағы темір мен титан тотықтарын тотықсыздандыру үшін, оны кен балқытатын пештерде, 1600÷1650 ^{0}C температурасында ағаш көмірмен, антрацитпен қосып балқытады. Осы кезде темір тотықтары төменгі реакциямен тотықсызданады:

$$FeO \cdot TiO_2 + C = FeO + TiO_2 + CO.$$

Осы процеспен бірге титан тотықтары TiO_2, Ti_3O_2, және TiO пайда болады, мысалы

$$2TiO_2 + C = Ti_2O_3 + CO.$$

Пайда болған темір көміртектеніп шойынға айналады да шомылғыштың түбіне түседі, ал титан тотығы және кірмелер шлакқа айналып шойынның үстінде орналасады. Шойын мен шлакты бөлек құйып алады. Шлакты өндеу процесінде төменгі тотықтардан TiO_2 пайда болады. Шлакқа титанды шығару 96÷97 % құрайды. Шлактың құрамы мынадай болады: 80÷90 % TiO_2; 2÷5 % FeO; 2÷4 % SiO_2; 0,5÷1 % CaO; 2÷4 % Al_2O_3, қалғандары MgO, MnO, V_2O_5, Cr_2O_3. Титандық шлакты төртхлорлы титан алу үшін хлорлайды.

Шлакты ұсақтайды, көмір немесе кокспен және байланыстыратын затпен аралыстырады. Қоспаны баспалдыққа баспақтап, ауаны кіргізбейтін пеште 650÷800 ^{o}C температурасында қыздырады.

Баспалдықты хлорлауды үздіксіз әсер ететін шахталы хлораторларда жүргізеді. Шахтаға хлорды жүкті түсіретін жерден 2 м биіктікте орналасқан фурма арқылы береді. Баспалдықтарды жоғарғы жақтан тиейді және төменге біртіндеп түсіреді. Оларға қарама-қарсы хлор қозғалады. Көміртегісі бар

болатын шахтада, 800-1200 ^{0}C температурада төртхлорлы титан $TiCl_4$ мынадай реакциямен пайда болады:

$$TiO_2 + C + 2Cl_2 = TiCl_4 + 2CO_2.$$

Осы негізгі операциямен бірге тағы да қоспалардың хлоридтерінің пайда болу реакциялары жүреді. Сондықтан хлорлаудың нәтижесі болып бугазды қоспаны ($TiCl_4$, $AlCl_3$, $FeCl_3$, Cl және басқа газдар); сұйық хлоридтерді ($CaCl_2$, $MgCl_2$, олардың қайнау температурасы процестің температурасынан жоғары) және хлорланбаған материалдарды санайды. Төртхлорлы титанды бугаз қоспасынан сұйықтайтын және сүзгілейтін құрылғыларда ректификация әдісімен бөліп алады.

Хлорлауды тұз балқымасында да жүргізуге болады.

Төртхлорлы титаннан титанды тотықсыздандыруды магнийтермиялық тәсілмен жүзеге асырады. Процесті реакторда 800÷900 ^{o}C температурасында жүргізеді. Алдымен реакторға құймадағы магнийді тиейді. Содан кейін ауаны сорып тастайды және тек аргонды бергеннен кейін бу сияқты $TiCl_4$ пешке тиейді. Сұйық магнийдің және $TiCl_4$ әсерлесуі нәтижесінде металдық титан мынадай реакциямен пайда болады:

$$2Mg + TiCl_4 = Ti + MgCl_2.$$

Титан қатты бөлшектер түрінде магнийді және магний хлоридін сіңіріп алған губкалы массаға бірігеді. Осы губкада қоспалардың мөлшері 35÷45 % жетеді. Шлактағы титанды губкаға жалпы шығару 70÷75 % құрайды.

Титандық губкадан құймакесекті вакуумды-доғалы қайта балқыту тәсілімен алады. Сумен салқындатылатын оқбақыр мыстан біренші электрод, ал баспақталған титандық губкалардан екінші электрод жасалады. Пештегі доғаны оқбақыр түбі және электрод арасында жағады. Доға жанғанда түтік балқып, титан тамшылары оқбақырға ағып құймакесек болып қатады. Вакуум металды тотығудан сақтап еріген газдардан тазартады. Бірақ та жасалған құймакесектерде біраз мөлшерде қоспалар және әртүрлі ақаулар бар. Сондықтан екінші қайта балқытуды қолданады. Сонда құймакесектер тұтынатын электродтар қызметін атқарады. Екінші балқытудан өткен құймакесектер титанның жақсы тазалығымен сипатталады.

Губкадан қайта қорытумен алынған титанның тазалығы 99,6–99,7 %.

Төртйодты титанды жоғары температурамен қыздырғанда йод және өте таза титанды былай алуға болады: $TiJ_4 = Ti + 2J_2$.

Ол үшін титан сымы арқылы 1400 ^{0}C температурасында электр тогын өткізу қажет. Пайда болған титан жіңішке титан сымына жабысып жуандай береді. Титанды тазартудың бұл тәсілі өте құнды, бірақ өндіріс өнімділігі төмендеу. Сондықтан йодты титанның құндылығы жоғары.

Титанның басқа металдарға қарағанда меншікті салмағы аз болғандықтан, ол массасы аз машиналары мен жабдықтары қажет болатын өндіріс салаларында конструкциялық материалдар ретінде пайдаланылады.

МЕСТ бойынша губкалы титанның ентаңбасы анықталған (ТГ90, ТГ100÷ТГ150). Ентаңбасы ВТ1-0, ВТ1-00 болатын техникалық титандарды губкалы титан мен өндіріс қалдықтарын балқыту арқылы алады.

2. ҚҰЮ ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

2.1. Тетіктің, өлшемнің анықтамасы және өзара ауысымдылық туралы түсінік. Өңдеудің дәлдігі және өңделген беттің сапасы

Машинажасау өндірісінің өнімі (машина және оның тетіктері немесе элементтері) *бұйым* деп аталады. Бұйым болып тағы да кейінірек механикалық өңдеуді өтетін дайындамалар есептеледі.

Тетік біркелкі материалдан жасалынады. Оны жасағанда құрастырушы операцияларды қолданбайды. Осы тетікте ажырамалы немесе ажырамайтын қосылыстар болмайды. Тетік машинаның бірінші құрастырушы элементі болады.

Тетікте номиналды өлшем бар. Осы номиналды өлшемге қатысты шекті өлшемдерді анықтайтын. Айтылған номиналды өлшем, ауытқуды анықтаудың бастапқы жайы болып саналады. Номиналды өлшемді беріктікке және қатаңдыққа есептеумен табады. Осымен бірге айтылған өлшемдер, тетіктің технологиялығынан және геометриялық пішінінің ұтымдылығынан тәуелді болады.

Өндірістік жағдайда тетіктің дәл өлшемін алу мүмкін емес. Өйткені өңдегенде және өлшеу процесінде қателіктер енгізіледі. Сондықтан тағы да тетіктің нақты өлшемі қаралады. Тетікте ең үлкен және ең кіші шекті өлшемдері де бар. Тетіктің нақты өлшемі, осы өлшемдердің арасында болады немесе осы өлшемдердің біреуіне тең болады.

Өздерінің белгіленуі бойынша өлшемдер, тетіктің өлшемі мен пішінін анықтаушы, құрылымдастырушы, құрастырушы, жинақтаушы және технологиялық болып бөлінеді.

Бұйымның *өзара аусымдылығы* деп көптеген бұйымдарды кез келгенін бір типті түрмен тең құндылықты ауыстыру мүмкіндігін айтады.

Көп қолдануды толық өзара аусымдылық тапты. Толық өзара аусымдылық орындалғанда, тетік пен бұйым жасалғаннан кейін тетіктің өлшемі, пішіні және сипаттамасы, тағы да бұйымның құрамдық бөлімі қойылған шектен аспайды.

Өндірісте толық емес (шектелген) өзара аусымдылық түсінігін қолданады. Осы түсінікті қолданғанда, өзара аусымдылық параметрлердің барлығымен емес, ал параметрлердің бөлігімен іске асырылады.

Өңдеудің дәлдігі деп өлшем, пішін, беттердің өзара орналасуының дәл орындалуын түсінеді. Тетіктің құрылымдық өлшемдерінен, оның өңделген беттерінің нақты өлшемдерінің ауытқуы, өлшемнің дәл орындалуын анықтайды. Құрылымдық өлшемдер МЕСТ-пен қойылған сәйкес ауытқумен (шақтама) сызбада көрсетіледі.

Өлшемнің *шақтамасы* деп ең үлкен және ең кіші шекті өлшемдер арасындағы айырманы айтады немесе жоғарғы және төменгі ауытқулардың арасындағы алгебралық айырманың абсолюттік мөлшерін айтады.

МЕСТ тағы да өңделген бет пішінінің (конус тәрізділік, бөшке тәрізділік, т. б.) шекті ауытқуын және беттің өзара орналасуының дәлдігін анықтайды. Дәлдік квалитеттері еңгізілген. Осы квалитеттер мыналарды қамтиды: ұзындықтың шеткі өлшемдерінің өлшемдік шақтамасы; ерекше дәл бұйымдардың және мөлшерлегіштердің өлшемдік шақтамасы; тетіктердің жанасатын және жанаспайтын беттерінің өлшемдік шақтамасы. Квалитеттер JT әріптерімен және квалитет нөмірімен белгіленеді. Мысалы, JT7 өлшемдерге жетінші квалитет бойынша шақтама екендігін білдіреді. Жанасатын беттер өлшемдеріне шақтаманы 5...12 квалитеттен таңдайды, ал жанаспайтын беттердің өлшемдеріне квалитетті 13...17 квалитетпен белгілейді.

Дайындаманың жоғарғы дәлдікпен жасау, тетікті кейінірек жасаған кезде еңбексыйымдылықты азайтуға және материалдың шығынын төмендетуге мүмкіндік береді. Ал тетікті жоғары дәлдікпен жасау, жабдықты жоғары өнімділікпен құрастыруды, өзара аусымдылықты және машинаны жөндеудің мерзімін қысқартуды қамтамасыз етеді.

Тетік бетінің сапасы деп бір немесе бірнеше тізбекпен қолданылатын технологиялық тәсілдердің әсер ету нәтижесінде алынатын беттік қабаттың күйін түсінеді. Осы беттің сапасы кедір-бұдырлық, толқындылық және беттік қабаттың физика-механикалық қасиеттерімен сипатталады.

Беттің *кедір-бұдырлығы* деп салыстырмалы кішкентай қадаммен орнықты ұзындықта алынған беттің жиынтықты тегіс еместігін айтады. МЕСТ бойынша кедір-бұдырлық алты параметрмен сипатталады. Осы параметрлердің ішінде басты болып пішіннің орташа арифметикалық ауытқуы R_a саналады. R_a-ның мәні 100-ден 0,008 дейін өзгереді.

Беттің *толқындығы* деп периодты қайталанатын тегіс еместіктің жиынтығын түсінеді. Осы тегіс еместік жиынтығында, көршілес үстірт немесе ойымдар арасындағы арақашықтық орнықты ұзындықтан артық болады.

Беттік қабаттың физика-механикалық қасиеттеріне мыналар жатады: қаттылық; құрымдылық және фазалық бөлшектер; қалдық кернеулердің мәні, таңбасы және таралу тереңдігі; метериалдың кристалдық торының деформациясы; беріктенудің мөлшері және тереңдігі.

2.2. Өңдеудің басқа тәсілдерімен салыстырғанда металды қолданудың нәтижелігі

Құю өндірісі деп балқытылған металды арнайы пішінге құю жолымен, пішінді дайындаманы немесе тетікті жасаумен айналысатын машинажасау саласын айтады. Арнайы пішіннің қуысында дайындаманың (тетік) сыртпішіні бар. Салқындаған кезде құйылған металл қатады және қатты күйде өзі құйылған қуыстың сыртпішінін сақтайды. Сөйтіп, құю өндірісінде қара және түсті металдар мен олардың қорытпаларын арнаулы қалыптарға құйып құймалар алады. Яғни, ішкі кеңістігінің түрі, жасалынатын бұйымның сыртқы түріне сәйкес келетін қалыпқа балқытылған металды құйып құйманы жасайды. Балқытылған металл кристалданған және кейінірек салқындаған кезде, құйманың механикалық және пайдалану қасиеттері қалыптасады.

Құю өндірісінің негізгі технологиялық операциялары болып мыналар саналады: үлгі жабдықтары мен құю қалыптарын жасау; металл балқыту; қалыпқа балқытылған металды құю; құйманы қалыптан ажырату; тазарту; кесу. Қазіргі кезде құю өндірісінің өнімдері еліміздің халық шаруашылығының барлық салаларында қолданылады. Өйткені

құю арқылы тетіктер жасау арзан, кейде тетік жасаудың бірден-бір жолы болып табылады. Машина тетіктерінің 40...50 % құю әдісімен жасалды, ал кейбір машиналар үшін бұл көрсеткіш артады, яғни 80...90 %-ға дейін барады. Мысалы, су трубинасы тетіктерінің 95 %, әмбебапты жонғыш білдегі тетіктерінің 80 % құю әдісімен жасалады. Құю әдісімен салмағы бірнеше граммнан жүздеген тоннаға дейін, ал ұзындығы бірнеше сантиметрден 20 м-ге дейін жететін, әртүрлі құймалар жасауға болады. Осы тетіктердің қабырғасының қалындығы 0,5...500 м болады.

Құйманы жасау үшін мынадай әртүрлі құю тәсілдерін қолданады: құмды қорамаға құю; сыртқабықша қорамына құю; балқытылған құймаүлгі бойынша құю; темірқорамға құю; қысыммен құю; центргежүгірумен құю, т. б.

Құю қорытпалары жақсы құйылуы (жоғарғы сұйықаққыштық, шөгудің және сызат пайда болуға бейімділіктің аз болуы), тағы да керекті физикалық және пайдалануға икемділік қасиеттерін иемдену керек. Әртүрлі тетіктерге қорытпаны таңдау күрделі мәселе болып саналады. Өйткені нақты өндірісте тетікке қойылатын барлық талапты ескеру мүмкін емес.

Жұқа қабырғалы, пішіні бойынша күрделі немесе өлшемі бойынша үлкен құймаларды ақаусыз жасау мүмкіндігі, қорытпаның құю қасиетімен алдын ала анықталады. Қорытпалардың ең маңызды құю қасиеттеріне мыналар жатады: сұйықаққыштық, шөгу (сызықтық және көлемдік), сызат пайда болуға, газдарды сіңіруге және құймада газдық қаяу мен кеуектілікті құруға бейімділік.

Сұйықаққыштық деп құю қорамағының арнасы бойынша металл мен қорытпалардың балқытылған күйде ағу, құю қорамағының қуысын толтыру және құйманың қарамын анық қалыптастыру қабілеттілігін айтады.

Құю қорытпаларының сұйықаққыштық қасиеті, кристалданудың температуралық аралығынан, сұйық металдың тұтқырлығы мен беттік керілуінен, құю қорамағын толтыру температурасы мен оның қасиетінен, т. б. тәуелді болады.

Қатты ерітінділер құрып қатаятын қорытпалармен салыстырғанда, тұрақты температурада қататын таза металдар

мен қорытпалар (эвтектикалық қорытпалар) жақсы сұйықақ-қыштық қасиетке иемденген.

Тұтқырлық жоғары болған сайын сұйықаққыштық кішкентай болады. Беттік керілу үлкейген сайын сұйықаққыштық азаяды және осы азаю құю қорамағының арнасы кішкентай болған сайын төмендей береді. Құю қорамағын толтыратын балқытылған металдың және құю қорамағының өзінің температурасы жоғарылағанда сұйықаққыштық жақсарады. Құю қорамағы материалының жылу өткізгіштігі үлкейген сайын сұйықаққыштық кішірейеді. Құмды құю қорамағы, металдан жасалған құю қорамағымен салыстырғанда жылуды ақырын кетіреді. Сондықтан балқыманы қарқынды салқындататын металдан жасалған құю қорамағымен салыстырғанда, құмды құю қорамағы балқытылған металмен жеңіл толады.

Құю қарытпаларының сұйықаққыштығын, арнайы технологиялық сынамаларды құю жолымен анықтайды. Балқытылған металды тесігі графитті тығынмен жабылған тостағанға құяды. Тығынды ашқаннан кейін металл алдымен зумпфқа төгіледі, ал содан кейін бір қалыпты шиыршықты толтырады. Сұйықаққыштықтың өлшемі ретінде, миллиметрмен өлшенетін шиыршықтың толтырылған бөлімінің ұзындығын қабылдайды. Ең көп сұйықаққыштық қасиетке сұр шойын, ал ең аз сұйықаққыштыққа магнийлік қорытпалар иемденген.

Шөгу деп қатайған және салқындаған кезде құю қорытпаларының, өздерінің көлемдерін кішірейту қасиетін айтады. Құймаларда шөгу процестері, құю қорамағына балқытылған металды құюды бастаған мезгілден, құйманың өзі толық салқындауына дейін жүреді. Салыстырмалы бірлікте көрсетілген сызықтық және көлемдік шөгуді айырып таниды.

Сызықтық шөгу деп құйманы салқындатқан кезде, балқытылған металдың қысымына қарсы тұратын берік қабыршықты пайда болғызатын температурадан бастап, қоршаған ортаның температурасына дейін сызықтық өлшемнің кішіреюін айтады. Сызықтық шөгуге қорытпаның химиялық құрамы, құйманы құятын температура, құю қорамағында қорытпаны салқындату жылдамдығы, құйма мен құю қорамағының құрылымы әсер етеді. Сөйтіп, көміртегі мен кремнийдің мөлшері үлкейген кезде, сұр шойынның шөгуі

азаяды. Алюминийлік қорытпалардың шөгуін, кремнийдің мөлшерінің жоғары болуы, ал құймалардың шөгуін құю температурасының төмендеуі азайтады. Құю қорамығына құйылған қорытпадан жылуды кетірудің жылдамдығын жоғарылату, құйманың шөгуін үлкейтуге алып келеді.

Құйманың салқындатқан кезде, шөгу механикалық және термиялық тежеледі. Механикалық тежеу құйма мен құю қорамағы арасында үйкелістің бар болуы себебінен пайда болады. Термиялық тежеуге, құйманың жеке бөлімдерінің әртүрлі жылдамдықпен салқындап қатаюы себепші болады. Құрылымы бойынша күрделі құймаларға, механикалық және термиялық тежеулер бірлесіп әсер етеді.

Құйған кезде металдың шығынын, құйманың жарамды болып шығу коэффициентімен анықтайды. Осы коэффициент мынадай қатынаспен табылады:

$$K_{ж.ш.} = M_{қ.м.}/M_{ш},$$

мұндағы $M_{к.м}$ – құйманың массасы (таза); $M_{ш}$ – құйманың, құюжол жүйесі элементтерінің және біржола жоғалатын шығынның (отқабыршық, т. б.) массаларын қосатын металл шихтасының массасы.

Құйманың жарамды болып шығуын үлкейту, металдың, модельдік және қорамағалық материалдардың, электр энергиясының шығынын азайтады, еңбек өнімділігін жоғарылатады және құйманың өзіндік құнын төмендетеді.

Шойыннан жасалған күрделі құйманың жарамды болып шығуы 50…60 %, ал қарапайым құйманың жарамдылығы 75…80 % тең болады. Болатты құюма жасау үшін қолданғанда, осы құйманың жарамды болып шығуы 40…70 % жетеді.

Таңдап алған құю тәсілін қолданудың нәтижелігін мынадай металды қолдану коэффициентімен (МҚК) сипаттайды:

$$МҚК = M_{т}/M_{к.м},$$

мұндағы $M_{т}$ – өңделген тетік массасы.

Құмнан жасалған қорамаға құйған кезде МҚК 0,75…0,95, ал арнайы құю тәсілдерін қолданған кезде 0,9…0,95 мөлшерлеріне жетеді.

Құмнан жасалған қорамаға құюмен салыстырғанда, қабықшалы қорамаға құюды қолданса, $К_{ж.ш.}$ мөлшері жоғарылайды және механикалық өңдеуге қажетті әдіпті кішірейту есебінен (2 ретке дейін) МҚК-де азаяды. Шойынды қолданып осылай құйған кезде МҚК 0,85-тен 0,90 дейін жоғарылайды.

Балқытылатын модельдер бойынша құюды (дәл құю), қиын механикалық өңделетін металдан құрама пішіні күрделі құймаларды жасау үшін қолданады. Қысыммен өңделіп алынатын соғылмалармен салыстырғанда, балқылатын модельдерді қолданып бұйымды құйып жасаған кезде металдың шығыны, механикалық өңдеудің енбексыйымдылығы және тетіктің өзіндік құны 22…80 % азаятындығы анықталған. Мысалы, беріктігі жоғары болаттардан жасалған тетіктер үшін осындай алмастыру, 0,182-ден 0,754 дейін металды қолдану коэффициенттің жоғарылатуға мүмкіндік береді. Дәл құю бір тонна құюға 1,5…2 т илемді экономдауға мүмкіндік жасайды. Құйылған бұйымдарға жиі тек жанасатын беттер үшін механикалық өңдеу белгіленеді.

Кокильге құю құймалардың жарамды болып шығу коэффициентін 75…90 % дейін жоғарылатады. Бұл құю, құм қорамына құюмен салыстырғанда, құймаларды механикалық өңдеу үшін белгіленетін әдіпті 2…3 рет азайтады. Қысыммен құюдың артықшылықтары, механикалық өңдеу үшін әдіпті 0,3…1,0 мм көп емес етіп бегілеуге мүмкіндік береді. Жиі қысыммен құюмен дайын тетіктер алады. Осы тетіктерде кенерек пен құюжол кесілген жер ғана тазаланады. Центрден тепкіш тәсілімен құю, құюжол жоқ болғандықтан өте аз металл шығынымен сипатталады. Осы себептен $К_{ж.ш.}$= 100 %. Дәл ірі дайындамаларды жасаған кезде, құймалардың жарамды болып шығуы бойынша өте жақсы нәтижені электршлакты құю береді.

2.3. Құю қорытпалары

Құймаларды өндіру үшін қара металдың келесі қорытпаларын қолданады: сұр, беріктігі жоғары, соғылмалы және басқа шойындар, көміртекті және қоспаланған болаттар. Айтылған құймаларды жасау үшін түсті металдардың келесі

қорытпаларын қолданады: мыс (қола, жез), мырыш, алюминий және магний қорытпалары. Құймаларды жасағанда қиын балқитын металдардың келесі қорытпаларын пайдаланады: титан, молибден, вольфрам және басқа металл қорытпалары.

Құймалардағы жұқа және қалың бөлімдер біркелкі емес қатқанда және осы құймалар салқындағанда қорамамен шөгудің тежелеуі нәтижесінде құйманың құрылымында ішкі кернеулер пайда болады. Бұл кернеулердің мөлшері, қорама мен өзектердің икемділігі кішкентай болған сайын көп болады. Егер құйманың белгілі бір бөлімінде ішкі кернеулердің мөлшері құю қорытпасының беріктік шегінен асып кететін болса, онда осы құймада ыстық және суық жарықтар пайда болады. Егер құю қорытпасында жеткілікті беріктік пен илемдік бар болатын болса және ол пайда болатын кернеудің әсеріне қарсылық көрсете алатын болса, онда құйманың геометриялық пішіні бұрмаланатын болады.

Құймадағы ыстық жарықтар, кристалдану және шөгу процестерінде металл солидус температурасына жақын температурада сұйық күйден қатты күйге өтетін болса пайда болады. Ыстық жарықтар кристалдардың шекарасы бойымен өтеді және тотыққан бетке иемденеді. Қорытпалардың ыстық жарықтарды құруға бейімділігі, металл емес кірмелер, газдар (сутегі, оттегі), күкірт және басқа қоспалар бар болған кезде көбейеді. Осымен бірге, ыстық жарықтардың пайда болуына, құйманың жұқа бөлімдерінің қалың бөлімдерге қарай кенет өтуі, үшкір бұрыштар, шығынқы бөлімдер, т. б. мүмкіндік жасайды. Құюдың жоғарғы температурасы, металл құрылымы түйіршіктерінің үлкеюіне және құйманың жеке бөлімдері температурасының әртүрлі болуына мүмкіндік жасайды. Осы жарықтардың пайда болу мүмкіндігін жоғарылатады.

Құймаларда ыстық жарықтардың пайда болуын болдырмас үшін, оларда ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыруға мүмкіндік туғызатын жағдайды жасау қажет, құймалардың жұқа және қалың бөлімдерін біркелкі салқындату жағдайын туғызу, құю қораманың икемділігін көбейту және қоратпаны құю температурасын мүмкіндігінше азайту керек.

Суық жарықтар қорытпа толық қатып, осы қорытпада серпімді деформация пайда болған кезде пайда болуы мүмкін.

Құйманың қалың бөлімдерімен салыстырғанда, жұқа бөлімдері тез салқындайды және қысқарады. Нәтижесінде құймада кернеулер пайда болады. Осы кернеулер жарықтардың пайда болуын тудырады. Суық жарықтар жиі күрделі сыртпішінді жұқа қабырғалы құймаларда пайда болады. Осы жарықтар, қорытпаның серпімді қасиеттері жоғары, осы қорытпаның төменгі температурадағы шөгуінің мөлшері едәуір және жылу өткізгіштігі төмен болған сайын көп болады. Құймадағы суық жарықтардың пайда болу қауіпсіздігі, қорытпада зиян қоспалардың (мысалы, болаттағы фосфор) бар болуымен күшейтіледі. Құймада суық жарықтардың пайда болуынан алдын ала сақтану үшін мынадай шараларды қолданған дұрыс: тоңазытқышты қолдану жолымен құйманы барлық қималары бойынша біркелкі салқындатуды қамтамасыз ету; жоғарғы пластикалық қасиеті бар қорытпаны қолдану; құйманы босаңдату термиялық операциясымен өңдеу, т. б.

Шалыстау деп салқындаған кезде пайда болатын ішкі кернеудің әсерінен құйманың пішіні мен өлшемінің өзгеруін айтады. Шалыстау құйманың құрама пішіні күрделі болған кезде және салқындату жылдамдығы жоғарылаған кезде күшейеді. Өйткені айтылған себептер, құйманың жеке бөлімдері арасында біркелкі емес салқындатуды және әртүрлі шөгуді тудырады. Құйманың шалыстауы, шөгуге құйманың жеке бөлімдері пішінің әртүрлі кедергі жасауымен де пайда болуы мүмкін. Құйманы шалыстаудан сақтау үшін мынадай шаралар қолдану қажет: пішіндердің икемділігін жоғарылату; құйманың ұтымды құрылымын жасау, т. б.

Металдар мен қорытпалар балқытылған күйде сутегі, оттегі, азот және басқа газдардың едәуір мөлшерін өзіне белсенді сіңіреді. Осы заттар бастапқы шихталық материалдарды балқытқанда, отынды жаққанда, қоршаған ортамен әсерлескенде, қорамаға металды құйғанда тотықтар мен ылғалдардан пайда болады.

Сұйық металдар мен қорытпалардың температурасы жоғарылаған сайын газдардың ерігіштігі үлкейеді. Газдардың мөлшері мол болған кезде, олар балқымадан газдық көпіршік түрінде бөлінуі мүмкін. Осы газдық көпіршіктер құйманың бетіне қалқып шығуы мүмкін немесе құйманың механикалық

қасиетін және қымталу мүмкіндігін азайтатын газдық қаяуды, кеуектілікті немесе метал емес кірмелерді құрып, құймада қалып қалуы мүмкін. Балқытылған металды құйған кезде, қозғалып келе жатқан балқыма құюжол жүйесіне ауаны алып баруы мүмкін немесе осы ауаны құюжол жүйесі арнасының газөтімді қабырғасы арқылы соруы мүмкін. Осымен бірге қорама қоспасында болатын ылғал буланған кезде пайда болатын қорамадағы газдар металға кіруі мүмкін. Осындай ену металл-қорама бетіндегі химиялық реакция көмегімен жүреді.

Құймадағы газдық қаяуды және кеуектілікті азайту үшін, балқытуды жақсы кептірілген шихталық материалдарды қолдана отырып флюс астында, қорғайтын газ ортасында жүргізген дұрыс. Осымен бірге құюдың алдында балқытылған металды және қолданылатын құралдарды мынадай өңдеулерге түсіру қажет: вакуумдаумен газдан тазарту; инертті газдармен және басқа тәсілдермен үрлеу; құю қорамасының және өзектің газөтімділігін көбейту; қорамалық қоспаның ылғалдылығын азайту, қораманы кептіру, т. б.

2.4. Қорамалық және өзектік қоспалар

Қорамалық материалдар деп қорамалық және өзектік қоспаларды дайындау үшін қолданылатын табиғи және жасанды материалдардың жиынтығын айтады. Бастапқы материалдар ретінде қорамалық кварцтен жасалған құмдар және құюдың қорамалық саз балшықтарын қолданады. Саз балшықтар байланыстыратын қабілеттілікке және термохимиялық орнықтылыққа иемденген. Осы күйігі жоқ құйманы алуға мүмкіндік береді. Егер саз балшық қоспаның керекті қасиетін қамтамасыз етпейтін болса, онда әртүрлі байланыстыратын материалдарды пайдаланады. Осымен бірге күюге қарсылық көрсететін қоспаларды (таскөмірлі шаң, графит), жағылып қорғайтын қосым материалдарды (бор қышқылын, күкіртті түс) және басқа қоспаларды қолданады.

Қорамалық қоспа бұл құю қорамасын жасаудың технологиялық процесі жағдайына сәйкес келетін қорамалық материалдардың көп сыңарлы қоспасы. Қолдану түріне

байланысты қорамалық қоспаны мынадай түрлерге бөледі: қаптайтын; толтыратын; бірыңғай.

Қаптайтын қоспа деп қораманың жұмысшы қабатын жасау үшін қолданылатын қорамалық қоспаны айтады. Осындай қоспалар бастапқы қорамалық материалдардың (құм, саз балшықтар) көп мөлшерін құрамына кіргізеді және жоғары физика-механикалық қасиетке иемденеді.

Толтыратын қоспа деп модельге қаптайтын қоспаны қондырғаннан кейін қораманы толтыру үшін пайдаланылатын қорамалық қоспаны айтады. Сондықтан оны бастапқы қорамалық материалдардың (құм, саз балшық) кішкентай ғана мөлшері бар болатын айналатын қоспаны қайта өңдеу жолымен дайындайды. Қаптайтын және толтыратын қорамалық қоспаны, ірі және күрделі құйманы жасағанда пайдаланады.

Бірыңғай қоспа деп бірмезгілде қаптайтын және толтыратын қоспа ретінде қолданылатын қорамалық қоспаны айтады. Осындай қоспаларды сериялы және массалы өндірісте машиналы қорамалаған кезде және автоматты тізбекте қолданады. Бірыңғай қоспаларды байланыстыратын қабілеттілігі үлкен, ең отқа төзімді құмдар мен саз балшықтардан жасайды. Осы біріңғай қоспалардың ұзақ тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Құйылатын металдың түріне байланысты қорамалау қоспасын болат, шойын және түсті металдарды құю үшін пайдаланатын қоспа деп үшке бөледі.

Қорамалау қоспалары жоғарғы отқа төзімділікке, жеткілікті беріктік пен газөтімділікке, пластикалық қасиетке, икемділікке, т. б. иемденуі қажет.

Отқа төзімділік деп қоспа мен қораманың балқытылған металдың температурасы әсерінен пайда болатын жұмсаруға немесе балқуға кедергі жасау қабілеттілігін айтады. Құм ірі болған сайын, ода қоспа мен шаң аз болады, ал кремнезем көп болған сайын қоспа тым отқа төзімді болып келеді. Отқа төзімділік төмен болған кезде, құйманың бетінде күйік пайда болады, яғни құймының бетімен қорамалық және өзектік қоспалар берік қосылады.

2.5. Құймаларды жасау тәсілдерін топтастыру

Металдан жасалған дайындамаларды және тетіктерді жасаудың негізгі тәсілдері болып құю, қысыммен және кесумен өңдеу саналады. Күрделі пішіні бар бұйымдарды, алдын ала құюмен немесе қысыммен өңдеп жасалған тетіктерді пісіріп, дәнекерлеп немесе тойтарып жасауға болады. Машиналардың көптеген дайындамалары мен тетіктерін ұнтақты металлургия тәсілдерін қолданып жасайды.

Құю өндірісі машинажасаудың бір саласы болып саналады. Құю өндірісінің мақсаты, сұйықаққыштыққа иемденген металдар мен қорытпалардан массасы, өлшемі мен пішіні әртүрлі болатын бұйымдарды (соның ішінде ішкі қуысы бар бұйымдар) жасау. Жасалатын көптеген машиналарда, құйылған тетіктің үлесі орташа 40...50 %, ал оларды жасаудың бағасы 10...15 % құрайды.

Құйған кезде металдық балқыманы бұрынырақ дайындалған құю қорамасына құяды. Осы құю қорамалары бір рет қолданылатын немесе тұрақты пайдаланылатын болып екіге бөлінеді. Бір рет қолданылатын қорамада құйманы жасап, одан кейін оны қиратады, ал тұрақты қорама көптеген құйманы өндіруге жарамды.

Құю тәсілін таңдау, тетіктің жұмыс істеу жағдайы, өндіріс бағдарламасы, экономикалық қажеттілік, тағы да талап қойылатын дәлдік және құйманың бетінің сапасымен анықталады.

Құйманың көптеген бөлімі құмдық қорамаға құюмен жасалынады. Кейбір жағдайда бұл құймалар қойылатын талапты қанағаттандырмайды. Сондықтан құюдың мынадай арнайы тәсілдерін қолданады: қабыршықты корамаға құю; балқытылатын модельдер бойынша құю; металдан жасалған тұрақты қорамаға, яғни кокильге құю; қысыммен құю; реттелетін қысыммен құю; центрден тепкіш тәсілмен құю; электрқажылы құю.

Құйманы жасағанда қолданылатын технологиялық процестің негізгі операцияларын мынадай негізгі 3 топқа біріктіруге болады: қорамалау; балқыту және құю; құймаларды қағымдау және тазалау.

Қорамалау процесі, модель жинағын жасау, қорамалау мен өзектік қоспаларды дайындау, қорамалау мен өзектік элементтерді жасау және құю қорамасын жинау операцияларын өзіне қосады. Балқыту және құю процестерінде мынадай операцияларды іске асырады: балқыту пешін дайындау және тиеу операциялары; балқыту, құю қорамасына балқыманы құю. Құйма қатайып барып салқындағаннан кейін, құйманы қорамадан қағымдайды, тағы да құйманың құюжолын және қосылмасын өңдеумен кесіп алып тастайды.

Ішкі кернеулерді алып тастау үшін және құйма металында берілген құрылым мен механикалық қасиетті алу үшін айтылған құйманы сәйкесті термиялық өңдеумен өңдейді.

2.6. Құмды қорамада құйманы жасау

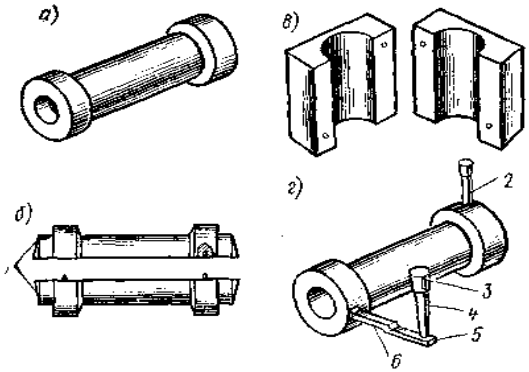
Тәсілдің мәні мынадан тұрады: құйманың құрама пішіні қуысында бар құмнан жасалған қорамаға балқыманы құю; қатайып салқындаған кейін қуыстың құрама пішінін сақтаған металл немесе қорытпадан жасалған құйманы қорамадан шығару.

Құйманы жасау үшін қолданылатын айлабұйымдарды *құю әбзелі* деп айтады. Құйманың қарамы түріндегі пішінді алуға қолданылатын және қажетті технологиялық айлабұйымнан тұратын құю әбзелінің бөлімін *модель жинағы* деп айтады. Қорамалауды жүргізу үшін мыналар болуы қажет: қорамжәшіктер, тақталар, қадалықтар, қимаүлгілер. Осы әбзелдер модель жинағымен бірге қорамалау жинағын құрады.

Шойыннан жасалған төлкі құюмасын алу үшін қолданылатын модель жинағы мыналардан тұрады (2.1, *а*-сурет): құйманың моделінен; құюжол жүйесі элементтерінің моделінен; өзектік жәшіктер моделінен; модельдерді орнату және бекіту үшін қолданылатын модель тақталарынан; кептіру тақталарынан, т. б.

Модель деп (2.1, *б*-сурет), оның көмегімен құйманың құрама пішініне сәйкес келетін таңбадақты қорамада алатын айлабұйымды айтады. Модель құйманын пішінін көшірмелейді. Құйманың металы шөгетін болғандықтан, осы модельдің өлшемі құйма өлшемінен үлкен болады. Осы себептен

құйманың жұмысшы беті кейінірек механикалық өңделеді. Модельдің тік қабырғаларында кішкентай бұрышы бар қорамалау еңістерін қарастырады. Мұндай еңістер қорамалау қуысынан модельді шығаруды жеңілдетеді. Модельдің бүйіржағында ұяны алуға арналған белгі 1 орналасады. Осы белгілерде қораманы жинаған кезде өзектерді орнатады. Сөйтіп модельдің ұзындығы белгінің мөлшеріне үлкейеді. Механикалық өңдеуге әдіптер, қорамалау еңустері, өзектік белгілеулердің өлшемдері МЕСТ-пен белгіленеді.



2.1-сурет. Шойыннан жасалған төлкенің (*а*) құю моделі (*б*), өзектік жәшік (*в*), құйма (*г*)

Модельдер ажырамайтын және бөлінетін бөлімі бар ажырайтын (2.1-сурет) түрлерге бөлінеді. Олар ағаш (жеке және сериялы өндірістер), шойын, алюминий, пластмассадан (массалы өндіріс) жасалады.

Құюжол жүйесінің элементтері, арна және сұйыққойма түрінде арнайы модельдің көмегімен қорамада жасалады.

Өзектік жәшіктерді өзекті жасау үшін қолданады. Осы жәшіктер көмегімен құймада қуыстар мен тесіктер жасалады. Құрылымы бойынша жәшіктер мынадай түрлерге бөлінеді: тұтас; ажырамалы; (2.1, *в*-сурет), қағылатын, т. б. Бұл жәшіктерді модельдерді жасайтын материалдардан жасайды.

Металдан жасалатын модельді тақталар, машиналы қорамалаған кезде құйманың моделін және құюожол жүйесінің элементтерін бекіту үшін қолданады.

Құю қорамасын және өзектерді жасау үшін қолданылатын қорамалатын және өзектік қоспалар, бастапқы қорамалау материалдарынан және пайдаланылған (қолданыста болған) қоспалардан тұрады. Бастапқы негізгі қорамалау материалдары, кварцты құмды және байланыстыратын балшықты құрамына кіргізеді. Осы қоспалардың беріктігі жоғары емес. Сондықтан сұйық металдың қорамаға түсіретін үлкен қысымын ескеріп, құю қорамаларан қалың қабырғалы етіп жасайды. Механикалық, технологиялық және басқа қасиеттерді жақсарту үшін, қорамалау және өзектік қоспаларға мынадай қосалқы қорамалау материалдарын кіргізеді: байланыстыратын материалдар (шайырлар, сұйық шыны), күйікке қарсы материалдар (тозаңға ұқсас кварц, таскөмір тозаңы), қорғау материалдары (бор қышқылы, фторлы қосым), т. б. Қосалқы қорамалау құрамдарын (сылап бітейтін, желім, бояу, т. б.) қорама мен өзек үшін таза өңдеу материалы ретінде қолданады.

Қорамалау мен өзектік қоспалардың физика-механикалық және технологиялық қасиеттері, құю қорамасы мен өзектің сапасын анықтайды. Осы қасиеттерге мыналар жатады: илемділік, беріктік, отқа төзімділік, газөтімділік, икемділік (құйма шөккен кезде қорама немесе өзектің қысымдылығы).

Қорамалау қоспалары бірқатар белгілері бойынша жіктеледі. Қолдану түрі бойынша қоспалар былай бөлінеді: қаптайтын; толтыратын; бірыңғай.

Қаптайтын қоспалар (қалыңдығы 40…100 мм) сұйық металмен тікелей жанасады. Сондықтан ең жүктелетін қоспа болып саналады. Бұл қоспаға жоғарғы физика-механикалық қасиетті беру үшін, бастапқы қорамалау материалының көптеген мөлшерін қосады.

Толтыратын қоспаны қаптайтын қоспаға ілесетін материал ретінде пайдаланады. Сондықтан оған біраз жаңа матералдар кіргізеді. Осы елеулі үемдеуге алып келеді. Бірақ та қораманы екі қорамалау қоспасын қолданып жасағанда еңбексыйымдылық жоғарылайды. Сондықтан толтыратын қоспаны, ірі және күрделі құймаларды өндіру үшін қолданады.

Барлық қорама бір қорамалық қоспадан жасалатын болса, онда осындай қоспаны *бірыңғай қоспа* деп атайды. Осындай қоспаны сериялы және массалы өндіріс цехтарында машиналы қорамалауды пайдаланған кезде қолданады. Бірыңғай қоспаның ұзақ тұрақтылығын, оның құрамына жақсы қасиеттері бар құм мен балшықты кіргізумен жетеді.

Тағы да синтетикалық қорамалау қоспаларын қолданады. Осы қоспаларға балшықты дербес қоспа ретінде кіргізеді. Оларды өндірісте кең пайдаланады.

Қорамаға құйылатын материалдардың түрі бойынша, қорамалық қоспаларды шойын, болат және түсті металды құйғанда қолданылатын деп ажыратады.

Қорамалық қоспалармен салыстырғанда, өзектік қоспалар едәуір үлкен термиялық және механикалық әсерлерге ұшырайды. Өйткені өзек барлық жақтан балқыған металмен қоршалған.

Өзектік қоспалар (құраманың негізгі бөлімі кварц құмы) жасау тәсілі бойынша мынадай қоспаларға бөлінеді: жылумен кептіріп немесе қызатын әбзелде қатайатын; сұйық өз бетінше қатайатын; сұйықшынылы және суыққатайатын қоспалар.

Қазіргі уақытта қорамалық және өзектік қоспаларды дайындау автоматтандырылған.

Құмдық қораманың түрін таңдау, материалмен, құйманың массасы және қабырғасының қалындығымен, тағы да қораманы жасаудың технологиясымен анықталады.

Машинада қораманы жасаған кезде қаптайтын қоспа ретінде сұйық шыныдан (негізі), құмнан, балшықтан, ұсақталған көмірден және феррохромды шлактан тұратын, илемділігі жоғары өз бетінше қататын қоспаны қолданады. Бұл қоспаның ылғалдылығы 3,5 %. Қораманы жасап болғаннан кйін модельді лезде алып тастайды, ал 4...6 сағ кейін қорамаға металды құяды.

Қорамалаған кезде тағы да өз бетінше қататын сұйық қоспалар қолданылады. Бұл қоспаларда 9...10 мин ішінде жоғары аққыштықпен ағатын айырмашылық бар. Осы, оларды қорамжәшікке немесе өзектік жәшікке құюға мүмкіндік береді. Өз бетінше қататын сұйық қоспаны құйғаннан соң, 20...30 мин өткеннен кейін модельді алып тастайды. Бұл өз бетінше қататын сұйық қоспаның негізі болып, сұйық шыны немесе органикалық

байланыстырушы қолданылады. Айтылған қоспадан жасалған қорамаға металды құюды, оны 4 сағ бойы ұстағаннан кейін іске асырады. Өз бетінше қататын сұйық қоспаны жеке және ұсақсериялы өндірісте ірі құйманың қорамасын және өзегін жасаған кезде қолданады.

Орташа және ірі қорамала мен өзекті жасаған кезде, қаптайтын қоспа ретінде суық қатайатын қоспалар (СҚҚ) қолданысты тапты. Суық қатайатын қоспалар құрамына, байытылған кварцты құм, байланыстырушы ретінде фенолформальдегидті және басқа шайырлар және қатаю катализаторы ретінде ортофосфорлы қышқыл кіреді. Айтылған қоспаларды қорамжәшікке немесе өзектік жәшікке құюды 1...1,5 мин ішінде, ал дәстүрлі жағдайда қораманы ұстауды 2 сағ ішінде іске асырады. СҚҚ негізгі кемшілігіне қолданылатын элементтердің улы болуы саналады. Осы, нәтижелі желдеткіш қондырғысын жасауды талап етеді.

Ерекше талапты автоматты қорамалайтын тізбекте (АҚТ) жұмыс істеген кезде қолданылатын қорамалайтын қоспаларға кояды. Бұл қоспалар жүктелген режімде жұмыс істейді. Сондықтан олар жоғары технологиялық қасиеттерді (аққыштық, беріктік, газөтімділік) иемденуі қажет.

Құюжол жүйесі болып арна мен сұйыққойма жүйесі саналады. Осы құюжол жүйесі көмегімен балқыма қорама қуысына беріледі. Оған балқыманы қабылдауға және онымен бірге берілетін қожды ұстауға арналған құюжол құйғышы (тостаған) 3 кіреді (2.1, *г*-сурет).

Тік арнаны (тіреушікті 4) балқытылған металды құйғыштан жүйенің басқа элементтеріне бергенде қолданады. 2...4 % тең конустылық, қорамалаудың ыңғайлығын және балқыманың арынын қамтамасыз етеді. Қожұстағышты 5 металды ары қарай беруге және қажы мен металл емес қоспалардан тазалауға қолданады. Баяу және белгілі бір жылдамдықпен металды тікелей қораманың қуысына беруді, қоректендіргішпен 6 іске асырады. Қораманың қуысынан бу мен газды шығаруды және қорамаға металдың динамикалық қысымын азайтып түсіруді шығарғыштың 2 көмегімен жетеді. Құюжол жүйесіне қосымша қосылмалар және қоректендіретін шығарғыштар кіруі мүмкін. Осындай қосымша қосылмалар мен қоректендіретін

шығарғыштарды болат пен түсті қорытпалардан қалыңдау құйманы жасағанда пайдаланады.

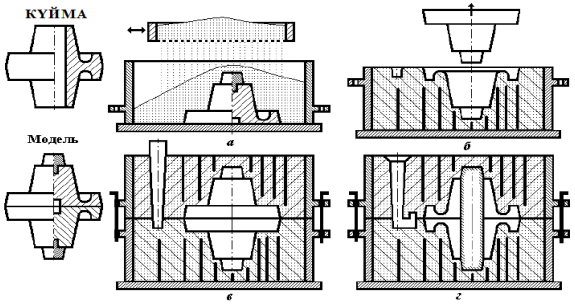
Құюжол жүйесі құрылымы бойынша былай бөлінеді: жоғарғы; төменгі; сифонды; бүйірлік (қоректендірушілерді қораманың ажырамасы бойынша жүргізген кезде); қабатты (қоректендірушілерді әртүрлі деңгеймен жүргізген кезде); жауынды.

Құйманы жасау технологиялық процесінің еңбек сыйымдылықты және жауапты операциясы болып қолмен немесе машиналы қорамалау, яғни құю қорамасын жасау саналады.

Шойыннан жасалатын төлке үшін қолмен қорамаланып құю қорамасын жасаудың ретін қарайық. Қорамжәшіктің төменгі тақтасына 6 ажырама модельдің жартысын 4, тағы да металдан жасалған төменгі жақтауды (қорамжәшікті 3) орнатады (2.2, *а*-сурет). Қорамжәшік шегінде модель мен тақта бетін құрғақ ажырататын құммен себеді. Содан кейін қорамжәшікке қорамалау қоспасы салынып тығыздалады. Алынған төменгі жарты қораманы 5 180^{o} аударады және қайтадан қорамжәшіктің төменгі тақтасына орнатады (2.2, *б*-сурет). Ағаштан жасалған тиек немесе металдан жасалған дюбель көмегімен модельдің жоғарғы жартысын төменгі жартысының үстіне бекітеді, ал жоғарғы қорамжәшік төменгі қорамжәшіктің үстіне орнатылады. Қорамжәшіктердің керекті үйлесуіне жету үшін центрлейтін қадалықтар орнатылады. Модельдің бетін және төменгі жартылай қораманың қорамалау қоспасын ажырама жазықтық бойынша бөлетін құммен себеді.

Құюжол жүйесінің модельдерін орнатқаннан кейін жоғарғы қорамжәшікке қорамалау қоспасын төгеді және оны тығыздайды. Құюжол жүйесінің модельдерін және центрлейтін қадалақтарды шығарғаннан кейін жоғарғы жартылай қораманы 180^{o} аударып және тақтаға немесе түзу бетке қойып айтылған жоғарғы жартылай қорама алынады. Жоғарғы және төменгі жартылай модельдер жартылай қорамалардан шығарылады (2.2, *в*-сурет). Осыдан кейін құю қорамасын жинауға кіріседі. Алдымен төменгі жартылай қорамаға өзектік белгісімен қораманың арнайы ұясына қойылып өзек орнатылады. Содан кейін центрлейтін қадалақтарды қолданып жоғарғы және төменгі жартылай қорамаларды қапсырмамен бекітеді (2.2, *г*-

сурет). Осылай бекіту жоғарғы жартылай қораманың көтеріліп кетуін болдырмайды. Жоғарғы жартылай қораманың көтеріліп кетуі қуысқа құйылған металдың қораманың қабырғасына қысым түсіруімен және осы металдың құрылатын саңылауларға ағуымен байланысты. Металл қатайып салқындағаннан кейін құю қорамасын қиратып құйылған төлкені алады.



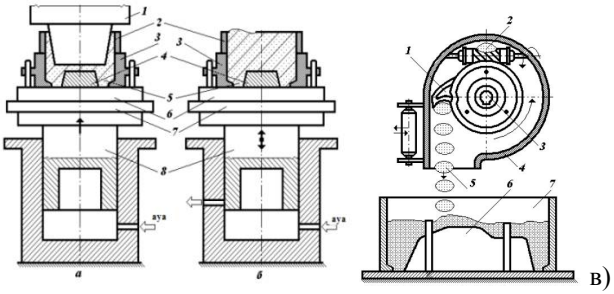
12.2-сурет. Ажыратылатын модель бойынша құю қорамасын жасаудың сұлбасы:
а – төменгі қорамжәшікті қорамалау; б – жоғарғы қорамжәшікті қорамалау; в – төменгі және жоғарғы қорамжәшікті біріктіру; г – дайын қорама

2.7. Машиналарда құю қорамасын жасаудың технологиясы

Массалы және сериялы өндірістерде құю қорамасын машиналарда жасайды. Бұл қорамалау қоспасын едәуір тығыздауға, қорама сапасы мен өнімділікті жоғарылатуға мүмкіндік береді. Машиналы қорамалауды қолданғанда құю қорамасын қолмен қорамалап жасаған кездегі сияқты операциялар ретін қолданады. Қораманы машиналар көмегімен тығыздау тәсілдерді әртүрлі.

Ең көп таралған жоғарыдан баспақтау тәсілін қолданғанда (2.3, *а*-сурет), баспақтық машина үстелі үстіне бекітілген моделі бар үлгі астының тақтасын орнатады. Тақтада қадалақ көмегімен қорамжәшік (биіктігі 200...250 мм) бекітіледі. Осы қорамжәшік үстіне толтырғыш қаңқаны қояды. Қаңқа мен қорамжәшік борпылдақ қоспамен толтырылады. Содан кейін машинаның үстелі жоғары қарай көтеріледі және толтырғыш қаңқаға баспақ маңдайшасына бекітілген баспақтық құрсан кіреді.

Сілкумен тығыздау поршень мен цилиндр негізінде жұмыс істейтін машиналарда жүргізіледі (2.3, *б*-сурет). Машина тұғырына сілкілейтін поршень жинақталған. Осы поршеннің жоғары бүйіріне үстел бекітілген, ал айтылған үстелдің үстіне үлгі астының тақтасы мен модель орнатылған. Энергия тасушы болып қысылған ауаны қолданады. Осы қысылған ауа поршень, үстел, модель және қорамжәшікті 5 25...100 мм биіктікке көтереді. Осыдан кейін пайдаланған ауа шығады, едәуір массасы бар үстел төмен қарай құлап тұғырға соғылады. Мұндай циклді 10...80 рет қайталайды. Осылай борпылдақ қорамалау қоспасын тығыздауды жүргізеді. Модельдің жан-жағы ең жақсы тығыздалады, ал жақсы тығыздалмаған қорамжәшіктің үстіңгі жағын (800 мм-ге дейінгі биіктік) тығыздауды не қолмен, не қосымша баспақтаумен жүргізеді.



2.3-сурет. Машиналы қорамалау кезінде құю қорамасын тығыздаудың сұлбасы: *а – жоғарыдан баспақтау; б – сілкумен тығыздау (1 – баспақ маңдайшасы; 2 – толтырғыш қаңқа; 3 – қорамжәшік; 4 – модель; 5 – борпылдақ қоспа; 6 – модель тақтасы; 7 – жұмысшы үстел; 8 – цилиндр); в – құмшашыратқышпен тығыздау (1 – айналатын шөміш; 2 – қорамалау қоспасы;3 – ротор; 4 – қаптама; 5 – тығыздалған қоспа; 6 – модель; 7 – қорамжәшік)*

Құмшашыратқышпен тығыздауды (2.3, *в*-сурет) өлшемі едәуір құю қорамасын өндірген кезде қолданады. Құмшашыратқыштың негізгі түзілімі болып лақтыратын бастиек саналады. Осы бастиекте айналатын шөміш электрқозғалтқыштың роторына бекітіледі. Бастиеккке қорамалау қоспасы тасымалдаушымен жеткізіледі. Шөміште алдын ала тығыздалған қоспа қорамжәшікке 2…20 м/с

жылдамдықпен беріледі. Осылай беру қоспаның төменде жатқан қабатын жақсы тығыздауға алып келеді.

Қорамалайтын машиналар модельді қорамадан шығаратын құрылғымен қамтамасыз етілген.

Өзекті қолмен немесе машинамен жасаудың технологиясы келесі негізгі операциялардан тұрады: өңделмеген өзекті қорамалау, кептіру, тазалай өңдеу және өзекті сырлау. Өзектерді жасау үшін әдеттегі қорамалау машиналарын (баспақтау, сілкілеу, құмшашыратқыш, т. б.) және арнайы өзектік машиналарды (құм үрлейтін, сілкілейтін, құмшашырататын, т. б.) қолданады. Өнімділігі жоғары өзектік машиналарда массасы 1-ден 700 кг дейін өзгеретін өзектерді жасайды. Өзектік қоспаны тығыздауды, оны қысылған ауа көмегімен өзектік жәшікке 15 м/с дейінгі жылдамдықпен беру арқылы жетеді. Ары қарай периодты немесе үздіксіз әсер ететін арнайы кептіргіште өзектерді кептіреді. Осыдан кейін олар керекті беріктік пен газөтімділікті алады. Кептіруге дейін немесе кептіруден кейін өзектерді отқатөзімді күйікке қарсы бояулармен сырлайды. Ең соңында кептірілген өзектерді тазалай өңдейді (қылаудан тазалау, тегіс еместікті жою, ұсақ ақауларды сылап бітеу, т. б.).

Машиналарда жасалған қорамаларды жинау құйманы жасаудың жауапты бір операциялары болып саналады. Жинағанда мыналарды тексереді: беттің сапасын және қорамалар өлшемдерін; өзектер өлшемдерін; ұяда өзектердің бекітілуін; қимаүлгі көмегімен қораманың негізгі қуыстары өлшемдерінің дәлдігін. Қораманы қысылған ауамен үрлейді. Содан кейін қораманы жинайды және қорамжәшікке бекітеді.

Металды қорамаға құйғаннан, содан кейін ол қатқаннан және салқындағаннан (құйманың массасына байланысты 5 минуттан бірнеше тәулікке созылады) кейін құйманы қағымдауды және тазалауды жүргізеді. Құйманы қағымдау қиын операция болып саналады. Өйткені қағымдауды жүргізген кезде өте көп жылу, шаң және газ шығады. Сондықтан осы операцияны механизациялайды, ал қағымдайтын жерді оқшаулайды. Қағымдауды механикалық немесе пневматикалық жетегі бар арнайы қағымдау торында жүргізеді. Құймадан өзектерді пневматикалық тоқпақ, дірілдеткіш, дірілдететін машина және арнайы гидравликалық қондырғы көмегімен алып

тастайды. Өзектерді қағымдауды суда электрлік сиретілу жүрген кезде пайда болатын гидравликалық соққы көмегімен іске асырады. Қағымдалған құймаларды күйген топырақтан айналатын атанақта, бытыра лақтыратын агрегатта, химиялық немесе электрхимиялық өңдеумен және т.б. аяққы тазаулауды.

Құймаларды тазалай өңдегенде құюжолды, қосылманы, шығарғышты, құйманың жапақшасын (жартылай қорамалар қосылатын жерде пайда болатын кенерік) пневматикалық қашау, таспалы немесе дискілі ара, газдық кесу, баспақ, металл кесетін білдек немесе басқа тәсілдермен алып тастайды. Осылармен бірге құйманың беткі жағы түзетіліп, қылауды кесіп алып тастау жүргізілуі мүмкін. Құйманы дәлдігі: 14...17 квалитет, бетінің кедір-бұдырлығы: R_a = 100...2,5 мкм.

2.8. Қабыршықты қорамаға құю

Алдын ала бекітілген екі жартылай қорамадан тұратын жұқа қабыршықты қорамаға балқытпаны құю осы тәсілдің мәні болып саналады. Қатқан және салқындатылған металл немесе қорытпа жартылай қорама жасалған модельдің құрама пішінін сақтайды.

Қабыршықты қорамаға құйғанда қолданылатын қорамалау қоспасына мыналар жатады: кварцты құм немесе кедей құм, цирконийлі құм, хромит және бірқатар отқатөзімді материалдар, ал тағы да графит. Қабыршықты қораманы жасау үшін пайдаланылатын құмды-шайыр қоспаларында байланыстырушы ретінде мынадай термореактивті шайырларды қолданады: фенолформальдегидті (пульвербакелит) немесе мочевинофор-мальдегидті (карбамид). Құм мен пульвербакелиттің бөлінуін және жасау процесінде шаңның пайда болуын болдырмас үшін қоспаға мынадай ылғалдандырушыларды қосады: керосин, спирт, ацетон, т. б. Модельді тақтаға және өзекті жәшікке жағып бөлу үшін пайдалынатын қаптауларды силиконды сұйықты, эмульсинді, церезинді, т. б. қосып жасайды. Жартылай қораманы біріктіруді пульвербакелиттің немесе мочевиноформальдегидті шайырдың негізіндегі желімдердің көмегімен жүргізеді.

Модельді әбзел құйма модельдері, модельдер тақтасы, өзектік жәшіктер, құюжол жүйесінің моделдері және қабыршықты алу үшін қолданылатын механизмдерден тұрады.

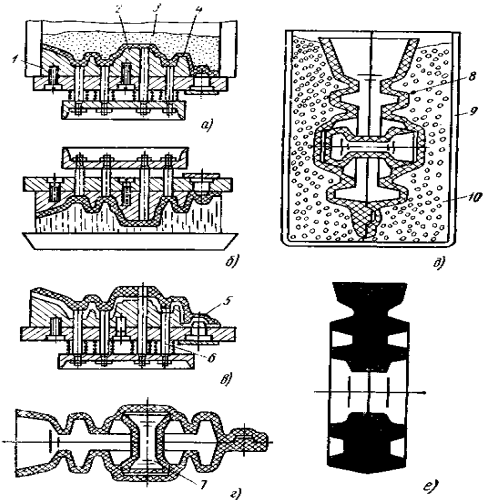
Қабыршықты қораманы жасаудың реті 2.4, *а*...*д*-суретінде көрсетілген. Металдан жасалған модельді тақтаны, құюжол жүйесінің моделі 1 және құйма моделімен 2 бірге 200–250 ºС температурасына дейін қыздырады және оған болашақта жасалатын қабыршық жабысып қалмас үшін бөлетін құраммен қаптайды. Осыдан кейін оған құмшайырлы қоспаны 3 төгеді және 15...25 с ұстауды жүргізеді (2.4, *а*-сурет). Ұстаған кезде шайыр жұқа қабатпен жұмсарады және құмдарды желімдейді. Сөйтіп модельді тақтада және модельдерде қалыңдығы 6...12 мм болатын жартылай қатты қабыршық 4 құрылады және қоспаның артығын алып тастайды (2.4, *б*-сурет). Модельді кешенге қоспаны негізінен аудармалы шанап көмегімен немесе құмшашыратқыш және құммен ататын тәсілмен қондырады.

Ұстауды жүргізгеннен кейін қабыршығы бар тақта пешке қозғалтылады. 280...320 ºС температурасы бар осы пеште 2...3 мин қабыршығы бар тақтаны ұстап қабыршықтың ақырғы қатаюын жүргізеді. Пештен шығарғаннан кейін қабыршық-жартылайқораманы итергіш 6 көмегімен тақтадан алады (2.4, *в*-сурет). Қабыршықты қорама үшін өзектерді тұтас немесе қабыршықты (қуыс) етіп жасайды.

Қораманы құрастырған кезде өзекті 7 орнатады (2.4, *г*-сурет), қарастырылған шығынқы және ойынқы жерлерді 5 пайдаланып жартылайқорамаларды үйлестіреді (2.4, *в*-сурет) және механикалық жолмен (ұсақсериялы өндіріс) немесе желімдеу жолымен (сериялы және жаппай өндіріс) бекітеді. Құрастырылған қораманы 8 қорамжәшікке 9 орналастырады, ал содан кейін құм немесе металдан жасалған бытырамен 10 қораманы сырт жақтан бекітеді (2.4, *д*-сурет) және шөміштегі балқытпаны оған құяды.

Қабыршықты қорамаға құйған кезде құйманы қағымдау және тазалау еңбексыйымдылығы төмен операция болып саналады. Өйткені құймада күйік жоқ, ал құюжол мен қосылманың өлшемдері кішкентай. Балқытпаны құю процесінде шайыр жанып кететіндіктен қабыршықты қорама жеңіл қиратылып, одан құйма оңай шығарылады (2.4, *г*-сурет). Жұмыс жасап кеткен қоспаны және беріктендіретін толтырманы қалпына келтіреді, жаңартады және ағынға қайтадан қайтарады.

Құйманың осы түрін ірі-сериялы және жаппай өндіріс жағдайында қолдану ең ұтымды. Өйткені процесс жоғары механикаландырылған және автоматтандырылған. Қабыршықты қорамаға құю тәсілімен шойын, болат, түсті металдардан автомобильдер, ауылшаруашылық және тоқыма машиналарының массасы 5...15 кг болатын (жеке жағдайларда масса 100...150 кг жетуі мүмкін) тетіктерін жасайды.



2.4-сурет. Қабыршықты қораманы жасаудың сұлбасы:
а – қабыршықтықалыптастыру; б – қоспаны алып тастау;
в – қабыршықты алу; г – қораманы құрастыру; д – қораманы бекіту;
е – дайын құйма

Қабыршықты қорамаға құю тәсілінің артықшылығына мыналар жатады: дәлдігі бойынша модельге жақын құйманы алу мүмкіндігі (12...13 квалитеттерге дейін); салыстырмалы төмен беттік кедір-бұдырлығы бар құйманы алу мүмкіндігі (R_a= 40...2,5 мкм); әдеттегі құмды қорамаға құюмен салыстырғанда қорамалау қоспасының шығынын азайту мүмкіндігі; еңбек өнімділігін жоғарылату мүмкіндігі; ақаудың мөлшерін 1,5...2 рет азайту мүмкіндігі. Құюдың осы түрінің негізгі кемшілігіне құмды-шайырлы қоспа бағасының салыстырмалы үлкен болуы жатады.

2.9. Балқытылатын модельдер бойынша құю

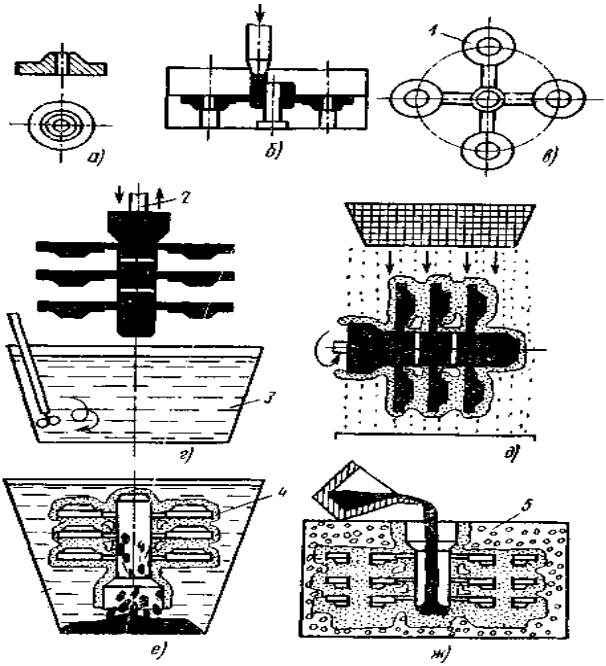
Илемді материалдардан (воск, т.б.) жасалып бір рет қолданылатын дәл және ажырамайтын модель бойынша сұйық қорамалау қоспасынан жасалған ажырамайтын керамикалық қабыршықты қорамаға балқыманы толтырып құйманы жасау осы процестің мәні болып саналады. Өндірісте дайын жеңіл балқитын ПС (50 % парафин және 50 % стеарин), ПВ, КПЦ, РЗ және басқа модельдік құрамдар қолданылады.

Қабыршықты қорама үшін қорамалау материалы ретінде суспензия мен құмды қолданады. Суспензия сұйық байланыстырушыдан (этилсиликаттың гидроландырылған ерітіндісі, сұйық шыны, т. б.) және отқа төзімді толтырғыштан (шаңға ұқсас кварц, корунд, магнезит, т. б.) тұрады. Модельдің блогына қондырылған суспензияның бірінші қабатына себу үшін ұсақтүйіршікті кварцты құмды, ал келесі қабаттарына себу үшін едәуір ірі кварцты құмды қолданады. Сөйтіп, берік қабыршықты қораманы алады. Кварцты құммен бірге балқытылған кварц, шамот, корунд, т. б. қолдануға болады.

Модельдік әбзел өзіне құйманың моделін және құюжол жүйесі элементтерінің моделін қосады. Бұл модельдік әбзел жиынтыққа біріктірілген.

Балқытылатын модель бойынша қабыршықты қораманы жасаудың реті 2.5-суретте көрсетілген. Айналмалы дене типті тетіктің моделін (2.5, *а*-сурет) гипс, ағаш, пластмасса, негізі қорғасын, қалайы, алюминий болатын қорытпадан жасалған бір ұялы баспаққалып тесігі арқылы модельдік құрамды баспақтаумен жасайды (2.5, *б*-сурет) (азсериялы өндіріс) немесе болаттан және алюминий қорытпасынан жасалған көп ұялы баспаққалып тесігі арқылы баспақтаумен жасайды. Массалы өндірісте көп ұялы баспақты болаттан жасайды. 2.5, *в*-суретінде модельден 1 тұратын жиынтық көрсетілген. Арнайы баспаққалыпта құюжол жүйесінің моделін құяды. Осы құюжол жүйесі моделіне құйма моделін бекітеді. Осылай модельді жиынтықты 2 құрастырып, батыру тәсілімен суспензияның 3 бірнеше қабатын (3...10) жағады (2.5, *г*-сурет). Суспензияның әрбір қабатын алғаннан кейін, оған құрғақ құмды себеді (2.5, *д*-сурет). Ауада немесе аммиак буында қораманы кептіргеннен

кейін, ыстық суда немесе буда балқыту жолымен модельді қабыршықтан алып тастайды (2.5, *е*-сурет). Балқыманы құюдың алдында беріктендіру үшін көп қабатты жұқа қабырғалы қабыршықты қораманы 4 металдан жасалған контейнерге орналастырады және отқа төзімді кварцты құммен немесе қолданылған қабыршықты қораманың уатылған сынықтарымен 5 жабады. Осыдан кейін қораманы қыздыру мақсатымен контейнерді 800 ^{o}С температурасы бар пешке орнықтырады, ал контейнерді пештен шығарғаннан кейін қабыршықты қорамаға балқыманы құяды (2.5, *ж*-сурет).



2.5-сурет. Балқытылатын модель бойынша қораманы жасаудың сұлбасы:
а – дайын тетік; б – модельді жасау; в – модельдер жиынтығы; г – суспензияны жағу; д – құмды себу; е – модельді алу; ж – балқыманы құю

Құймалар қатқаннан және салқындағаннан кейін қораманы қағымдайды. Құймаларды керамикалық қабыршықты қораманың қалдығынан тазалайды және олардан құюжолдарды кеседі.

Қазіргі заманда балқылатын модель бойынша құю, осы заманғы машинажасау саласында көп қолданылатын, жақсы меңгерілген, жоғары механикаландырылған және автоматтандырылған процесс болып саналады. Құюдың осы түрі құрама пішіні күрделі және жұқа қабырғалы (0,3 мм дейін), массасы бірнеше грамнан бірнеше он килограмға дейін болатын құймаларды металл мен қорытпалардың кез келгенінен жасауға мүмкіндік береді. МЕСТ-ке сәйкес құйманың дәлдігі 9...10-шы квалитетерге, ал беттің кедір-бұдырлығы R_a = 25...1,25 мкм-ге жетуі мүмкін. Құйманың жоғары дәлдігіне қабыршықты қорамда ажырамалардың жоқ болуы себепші деп есептеледі.

Сөйтіп балқытылған модель бойынша құю металдарды өңдеудің дамушы, материал мен еңбекті үнемдейтін технологиялық процестеріне жатады. Бұл процесс өндірістің кез келген типі үшін экономикалық ұтымды, қорамалау материалын аз шығынымен қолдану, жақсы еңбек жағдайын тудыру және құю өндірісінің қоршаған ортаға кішкентай әсер ету ерекшеліктерімен сипатталады.

Балқытылған модель бойынша құю тәсілінің басты кемшіліктеріне еңбексыймдылықтың едәуір және процестің күрделі болуын, тағы да ірі құймаларды жасаудың белгілі бір қиындығын жатқызуға болады.

2.10. Темірқорамға құю

Темірқорам деп гравитациялық күштің әсерімен балқыма толтырылатын металдан жасалған қораманы айтады.

Тәсілдің мәні болып құйманың құрама пішіні мен қасиетін қалыптастыруға мүмкіндік беретін көп қолданылатын құю қорамын қолданып құйманы жасау саналады. Осы тәсілді қолданғанда құмдық қоспа не мүлде қолданылмайды, не аз шығынмен тек бір реттік өзектерді жасау үшін қолданылады. Осы себептен топырақ дайындау бөлімі цехта қажет етілмейді.

Темірқорамға құйған кезде пайдаланылатын модельді әбзел өзіне қыздырылынатын өзектік жәшікті (тұтас немесе

қабыршықты өзектерді жасау үшін), суық жағдайда қатты күйге айналатын өзектік қоспа үшін керекті жәшіктерді, т. б. қосады.

Құмдық қорамамен салыстырғанда металдан жасалған қорама едәуір үлкен жылусыйымдылық, жылу өткізгіштік, беріктік және нөлдік газөтімділікті иемденген. Темірқорам үшін материал ретінде мыналарды қолданады: сұр шойындар СЧ20, СЧ25; жоғары беріктікті шойын ВЧ 42-12; төмен көміртегілі болаттар 10 және 20; қоспаланған болаттар 15ХМЛ, т. б.; алюминий қорытпалары АЛ9 және АЛ19; мыс.

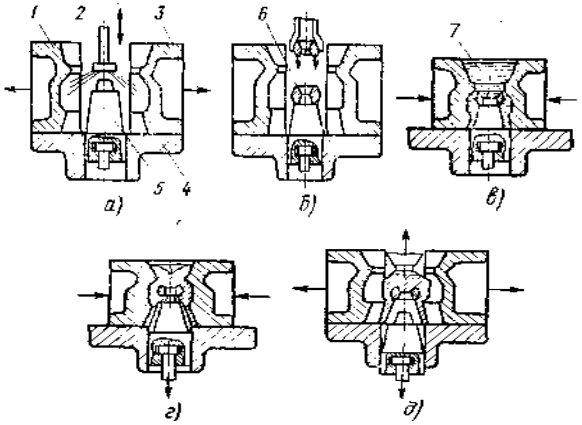
Ең көп таралған болып шойыннан жасалған темірқорам саналады. Металдан жасалған өзектерді құрылымдық көміртегілі (қарапайым пішінді өзектер) және қоспаланған (күрделі пішінді өзектер) болаттардан жасайды. Өлшемі үлкен емес темірқорамды не құйып жасайды, не соғылманы кесумен өңдеп жасайды. Соңғы жағдайда жұмысшы қуыстарды және құюжол жүйесінің элементтерін электрфизикалық немесе электрхимиялық өңдеумен жасайды. Тым ірі темірқорамды құюмен жасайды. Өлшемдерді және пішіндерді тұрақтандыру мақсатымен темірқорамдарды күрделі термиялық өңдеу арқылы өткізеді.

Құрылымы бойынша темірқорамдар қарапайым және күрделі болып бөлінеді. Ажырама жазықтығының түріне және орналасуына байланысты темірқорамдар былай бөлінеді: ажырамайтын (қағылатын); тік, көлденең және күрделі (құрастырылған) ажырама жазықтықты.

Темірқорамда құйманы жасаудың реті 2.6, *а*...*д*-суретінде көрсетілген. Айтылған құйманы жасау реті саны көп емес негізгі операциялардан тұрады.

Темірқорамды жұмысқа дайындау мынадай операциялардан тұрады: жартылай қорамның 1 және 3, тақтаның 4 беттерін ластану мен май іздерінен тазалау (2.6, *а*-сурет); темірқорамның қозғалатын бөлімдерінің ығысуын, центрленуін және бекітілуін тексеру. Осыдан кейін темірқорамды газдық шілтер немесе электрқыздырғыштармен алдын ала 150...200 ^{o}С температурасына дейін қыздырады. Мұндай қыздыру қаптаудың және бояудың темірқорам мен металдан жасалған өзектің 5 жұмысшы беттерімен жақсы ілінісуіне өте керек. Осы оттөзімді қаптаулар сулы суспензия түрінде жағылады. Қаптауларды бүріккіш 2

немесе жаққышпен жағады. Осы кезде темірқорам ашық болады. Қаптама бірнеше қабаттан тұруы мүмкін. Қаптаманың жағырғы беттінің кедір-бұдырлығын азайту үшін бояумен жабады. Бояу мен қаптаманың құрамдары бірдей, бірақ та бояу сұйық етіп жасалады.



2.6-сурет. Металдан жасалған қорамада (темірқорамда) құйманы жасаудың сұлбасы: *а – жартылай қорамаларды тазалау; б – өзектерді орнату; в – балқыманы құю; г – металдан жасалған өзекті жарым-жартылай алу; д – құйманы шығару*

Қаптама мен бояу темірқорамды тез қыздыру және құймамен жабысудан қорғайды, тағы да құйманың салқындау жылдамдығын реттейді. Бұл құйма металының қасиетін алдын ала жақсартуға мүмкіндік береді. Отқа төзімді қаптаманы жаққаннан кейін темірқорамды жұмысшы температураға дейін қыздырады. Осы жұмысшы температураның мәні (әдетте 150...350 ^{o}C) құйманың қабырғасының қалындығы және оның өлшемдері, тағы да құйма металының қасиеттерімен анықталады.

Темірқорамды құрастырған кезде (2.6, *б*-сурет), керек болатын болса, құмнан жасалған өзек 6 орнатады. Осыдан кейін жартылай қорамаларды қосады және арнайы қыспақ немесе темірқорам машинасының бекіту механизмі көмегімен бекітеді.

Құю шөміші немесе автоматты құю қондырғысының көмегімен темірқорамды балқымамен 7 құю жүргізіледі (2.6, *в*-сурет).

Қатайған кезде құйма жеткілікті беріктікке жеткеннен кейін металдан жасалған өзек жарым-жартылай құймадан шығарылады (2.6, *г*-сурет). Бұл шөгіп бара жатқан құймамен өзек едәуір жаншылып кетпес үшін жасалады.

Ашық тұрған темірқорамнан қатайған және салқындатылған құйма шығарылады (2.6, *д*-сурет). Осының алдында металдан жасалған өзек толық алынады.

Құймадан құмнан жасалған өзек қағымдалады, құюжол, қосылма, ауашығарғыш кесіледі. Керек болған жағдайда құймаларды термиялық өңдейді. Құймалар бақылаудан өтеді.

Темірқорамға құю технологиялық процесі жоғары нәтижелі автоматты құю кешендерін жасауға мүмкіндік береді.

Құюдың осы түрі ірі-сериялы және жаппай өндіріс жағдайында қолданылады. Осы тәсілмен қабырға қалыңдығы 3...100 мм болатын және массасы 10 гр-нан 100 кг-ға дейін жететін құймаларды шойыннан және түсті қорытпалардан жасайды. МЕСТ-ге сәйкес құйманың дәлдігі 12...15 квалитеттерге дейін, ал беттің кедір-бұдырлығы R_a = 25...2,5 мкм дейін жетеді. Құймалар механикалық қасиет және тығыздық бойынша тұрақтылығымен сипатталады.

Темірқорамға құю еңбекті және материалды сақтау, аз операция және шығынмен құйманы жасау технологиялық процестеріне жатады. Осы процесс құю өндірісінде еңбек жағдайын жақсартады және қоршаған ортаға аз әсер етуді.

Темірқорамға құюдың кемшілігіне мыналар жатады: темірқорам бағасының жоғары болуы; металдан жасалған темірқораммен балқымадан температура тез алынатындықтан жұқа қабырғалы құйманы жасау қиындығы; болаттан және шойыннан құймаларды жасаған кезде құйма саның салыстырмалы аздығы.

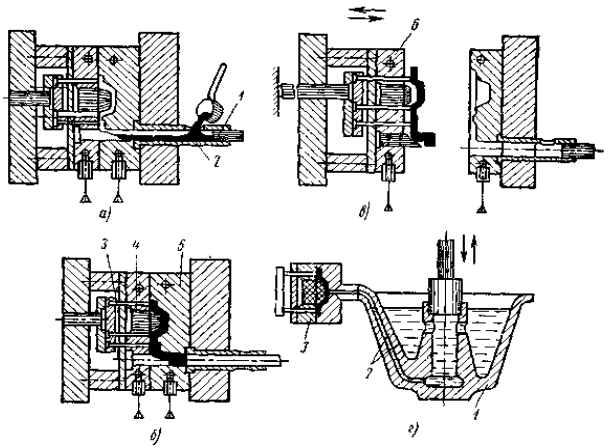
2.11. Қысыммен құю

Сыртқы күштің әсерінен балқыманың металдан жасалған қорамды (баспаққалыпты) толтыруы осы процестің мәні болып саналады. Құйманың қатаюы артық қысымның әсерімен іске асырылыды.

2.7, *а...в*-суретінде көлденең суық баспақтау бөлмешігі бар машинада құйманы жасаудың реті көрсетілген. Баспаққалыпты жапқаннан кейін балқыманы бөлмешікке 2 құяды, ал гидравликалық тығынжыл 1 (2.7, *а*-сурет) балқыманы баспаққалыпқа баспақтайды (2.7, *б*-сурет). Түсіретін қысым құйылатын балқыманың сұйықаққыштығын жақсартуға мүмкіндік береді.

Баспаққалып мынадай екі жартылай қорамадан тұрады: қозғалатын 6 және қозғалмайтын 7. Қозғалатын жартылай қорамада металдан жасалған өзек 4 және итеріп шығарушылар 3 орнатылған. Осы қондырғыларды құйма қатқаннан және салқындағаннан кейін баспаққалыптан шығару үшін пайдаланады (2.7, *в*-сурет). Баспаққалып көп ұялы да болуы мүмкін (40 ұя және одан да көп). Құюға дейін баспаққалыпты 150...250 ^{o}C дейін қыздырады. Құйған кезде оны сумен салқындатады (2.7, *а...в*-сурет). Құйманы алғаннан кейін баспаққалып қысылған ауамен үрленеді және майланады. Цикл қайталанады.

Поршеньдік әсер ететін баспақтаудың ыстық бөлмешігі бар құю машинасының сұлбасы 12.7, *г*-суретте көрсетілген. Қыздырылатын оқбақырдан 1 балқыма металжол 2 арқылы баспаққалыпқа 3 беріледі.



2.7-сурет. Қысыммен құю процесінің сұлбасы:
а – балқыманы құю; б – балқыманы баспақтау; в – балқыманы шығару; г – баспақтаудың ыстықтай бөлмешегі бар машина

Қысымменен құю өнімділігі ең жоғары болатын құюдың арнайы түрлерінің бірі болып саналады. Өйткені технологиялық процесс машинада іске асырылатын болғандықтан, оны толық автоматтандыруға болады.

Құюдың осы түрін дәл аспап жасау, машинажасау, электртехника, автомобильжасау және басқа өндіріс салаларында қолдануға болады.

Қысыммен құю тәсілімен қабырғасының қалыңдығы 1 мм-ден кіші құймаларды алуға болады. Қысыммен құюды массасы бірнеше грамнан бірнеше он килограмға дейін болатын күрделі құрама пішінді құйманы жасау үшін қолданады. Материал ретінде басымырақ түсті металдарды пайдаланады. МЕСТ-ке сәйкесі, баспаққалыпты жақсы дайындау есебінен, дәлдігі 8-13 квалитетерге, ал беттің кедір-бұдырлығы R_a = 25...0,32 мкм жететін құймаларды жасауға болады. Құймалар жоғары механикалық қасиеттермен сипатталады, ал қысыммен құю қорамалау материалдарын қолданбау себебінен жақсартылған еңбек жағдайы және қоршаған ортаны аз ластаумен айырмашылықта болады. Қысыммен құю аз операциялы және шығынсыз технология болып саналады.

Қысыммен құюдың кемшіліктеріне мыналар жатады: баспаққпалыптың бағасының жоғары болуы; металдар мен қорытпалардың шектелген атаутізімін өңдеу мүмкіндігі; шектелген өлшемдері мен массасы бар құймаларды жасау мүмкіндігі.

Реттелген қысыммен құю тәсілін қолданғанда балқымамен қораманы толтыруды және құйманың қатаюын ауа немесе газдың артық қысымының әсерімен іске асырады. Реттелген қысыммен құю тәсілінің келесі түрлерін қолданады: кішкентай қысыммен құю (2.8, *а*-сурет); вакумды сору (2.8, *б*-сурет); қарсықысыммен (2.8, *в*-сурет).

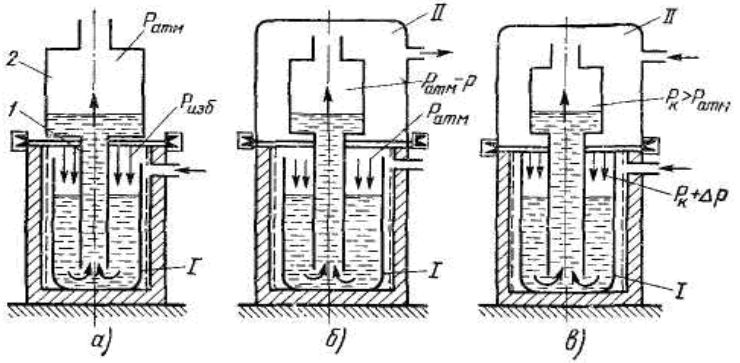
Кішкентай қысыммен құйған кезде артық қысым ($P_{изб} \prec 0{,}1$ МПа) есебінен балқыма қымталған I бөлмешіктен металжол 1 мен қорамаға 2 көтеріледі. Вакумды сорумен құйған кезде тағы да қымталған II бөлмешікте вакуум жасалады, ал I бөлмешікте қысым атмосфералық қысымға тең. Үшінші сұлба бойынша алдымен I және II бөлмешіктерде $P_к \succ P_{атм}$

қысымдарын дамытады, осыдан кейін II бөлмешігінде қысымды тұрақты етіп ұстайды да, ал I бөлмешікте жоғарылатады. Осы балқымамен қораманы толтыруды қарсықысыммен қамтамасыз етеді.

Реттелетін қысыммен құю құйманы балқымамен қоректендірудің жақсы жағдайын қамтамасыз етеді, шөгу кеуектілігін азайтады, құйманың тығыздығын және механикалық қасиетін жоғарылатады.

Кішкентай қысыммен құюды алюминий және магний негізі болатын қорытпалардан күрделі жұқа қабырғалы құймаларды, тағы да шойын, болат және мыс негізі болатын қорытпалардан қарапайым құймаларды жасау үшін қолданады. Құюдың бұл тәсілін сериялы және жаппай өндіріс жағдайында қолдану тиімді.

Құюдың вакумды сору тәсілін қолданып алюминий және магний негізі болатын қорытпалардан қабырғасының қалыңдығы бірдей болатын құймаларды жасайды.



2.8-сурет. Реттелетін қысыммен құю процестерінің сұлбасы:
а – кішкентай қысыммен; б – вакумды сору;
в – қарсықысыммен

2.12. Центрден теуіп құю

Осы тәсілдің мәні деп гравитациялық күштен көп центрден тепкіш күштің әсерінен айналатын қорамаға құйылған

балқыманың, осы қораманың ішкі бетіне біркелкі таралуын есептейді. Қатқаннан кейін құрылатын құйма айналатын дене пішінін қабылдайды (цилиндр, сақина, құбыр, т. б.).

Центрден теуіп құйғанда пайдалынылатын металдан жасалған қораманы сауытқорам деп атайды. Осы сауытқорам болаттан немесе шойыннан жасалады.

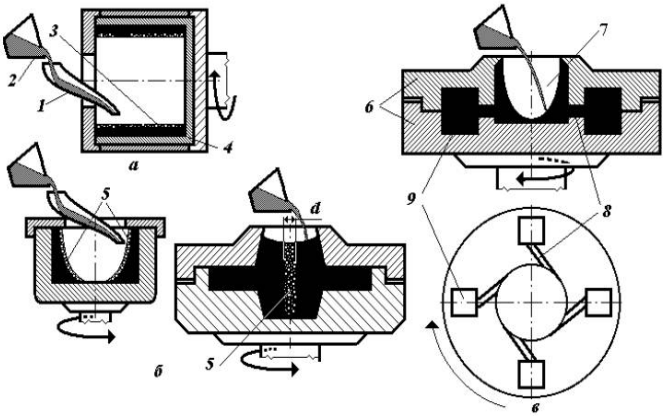
Құйманың сыртқы бетінде күрделі пішін бар болғанда (бунау, белдеме, т. б.) ішкі жағынан құмбалшықты немесе құмшайырлы қоспамен шегенделген металдан жасалған қораманы қолданады. Шегенді жағуды модель бойынша қорамалау немесе аунақшаны қолданып таптаумен іске асырады.

Отқа төзімді және титанды қорытпаны құйған кезде тез қататын қоспадан жасалған қабыршықты қораманы қолданады. Оларды балқытылатын модель бойынша жасайды, контейнерге орнатқаннан кейін сырт жағынан тіректік материалмен толтырады. Контейнер центрден тепкіш машинаның үстеліне бекітіледі.

Құйған кезде құмнан жасалған өзектер қолданылуы мүмкін.

Жылу режімін реттеу үшін сауытқорамның жұмысшы бетін алдын 200 ^{o}C дейін қыздырып, содан кейін отқа төзімді жабынның қабатын жағады (темірқорамға құйғанда сияқты). Кейбірде құйманың беткі қабатының қасиетін өзгерту мақсатымен химиялық белсенді (ферросилиций, графит, алюминийден жасалған ұнтақ) жабындар жағылады.

Қораманы көлденең және тік осьтері бойымен айналдыратын центрден тепкіш машинада құйманы жасаудың реті 2.9, *а*, *б*-суретінде көрсетілген. Дайындаудан кейін сауытқорамды қақпақпен жабады және науаша арқылы шөміштен балқыманы құяды (2.9, *а*-сурет). Айналатын қорамаға балқыманы құйғаннан кейін, құйманы қалыптастырады және қатайтады, ал содан кейін қарпығыш немесе итергіш көмегімен қорамадан дайын құйманы шығарады. Көлденең айналатын осі бар машиналарды диаметрі 50-ден 1500 дейін, ал ұзындығы 4...5 м болаттық құбырларға ұқсас құймаларды өндіру үшін қолданады. Осы машиналарды пайдаланып төлке, сақина, т. б. құймаларды жасауға болады. Биіктігімен салыстырғанда диаметрі үлкен болатын құймаларды (төлке, сақина, т. б.) айналатын осі тік машиналарда немесе центрифугирлеу тәсілімен жасайды.



2.9-сурет. Центрден теуіп құю тәсілімен құйманы жасау процесінің сұлбасы:
а – көлденең айналу осі бар машинада; б – тік айналу осі бар машинада; в – центрифугирлеу; 1 – науаша; 2 – шөміш; 3 – құйма; 4 – сауытқорам; 5 – ақаулы қабат; 6 – жартылай пішіндер; 7 – тіреуіш; 8 – қорректендіруші; 9 – пішін; d – ақаулы қабаттың диаметрі

Центрден теуіп құю өнімділігі жоғары, жақсы механикаландыратын және автоматтандырылатын тәсіл болып саналады. Құюдың бұл тәсілі массасы бірнеше грамнан бірнеше тоннаға дейін құймаларды жасауды қамтамасыз етеді.

Центрден теуіп құюдың артықшылығына мыналар жатады: балқымамен қораманы жақсы толтыру мүмкіндігі; кеуек, қаяу және басқа ақаулардың азаюы себебінен құйманың тығыздығының жоғары болуы; құйманың механикалық қасиетінің жоғары болуы; қабатпен орналасатын екі және одан да көп металдардан құйманы алу мүмкіндігі.

Центрден теуіп құюдың кемшіліктеріне мыналар жатады: құйманың ішкі беттерінің металл емес кірмелермен ластануы; құйманың ішкі беттерінің тегіс емес болуы; ішкі өлшемдерді механикалық өңдеуге салыстырмалы үлкен әдіпті белгілеу.

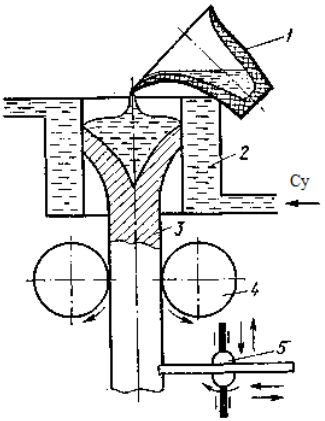
Құйманың дәлдігі 12...14 квалиттерге тең болып алынады, ал кедір-бұдырлығы R_a= 12,5...1,25 мкм жетеді.

2.13. Үздіксіз құю

Тәсілдің мәні болып құйманы балқымамен үздіксіз қоректендіру мен бағытталған кристалдандыру жағдайын жасау және тұрақты кристалдандыру аймағына қатысты қатайған металды қозғалту саналады. Алынатын құймалар үлкен ұзындыққа және көлденең қимасында әртүрлі пішін мен өлшемдерге иемденген.

Үздіксіз құю процесінің сұлбасы 2.10-суретінде көрсетілген. Шөміштен 1 балқыма үздіксіз кристаллизаторға 2 беріледі. Кристаллизатор металдан немесе графиттен жасалады және жұмыс істеген кезде сумен салқындатылады. Пішінбілік 4 құйманың 3 қатайған бөлімін қозғалтуға мүмкіндік жасайды. Мөлшерлі дайындамаларды механикалық араның 5 көмегімен алуға болады.

Балқымамен толықтыру және бағатталған кристалданудың арқасында құймалар металдың жоғары тығыздығымен, ликвацияның біркелкі еместігі мен металл емес және газдық кірмелердің едәуір аз болуымен, таза бетпен және өлшемнің жоғары дәлдігімен айырмашылықта болады.



2.10-сурет. Үздіксіз құю процесінің сұлбасы

Құюдың бұл түрін болат (ұзартылған кристаллизатор), шойын, мыс және алюминий қорытпаларынан құймаларды алу үшін қолданады. Құюдың бұл түріне қысыммен өңделмейтін қорытпалардан (шойын, қола, т. б.) пішіндер мен дайындамаларды жасаған кезде ерекше көңілді бөледі. Қазіргі заманда металлургиялық зауыттарда үздіксіз құюдың кешенді автоматтандырылған тізбегі бар.

Үздіксіз құю дамушы, материал мен еңбекті сақтайтын, құйманың сапасы мен өнімділікті жоғарылататын, тағы да еңбек жағдайын жақсартатын технологиялық процесс болып саналады.

Құюдың осы түрінің кемшіліктеріне мыналарды жатқызуға болады: кристаллизаторда балқыманы жоғары жылдамдықпен салқындатқанда құймада ішкі кернеулердің пайда болуы; күрделі құрама пішіні бар құйманы жасаудың қиын екендігі.

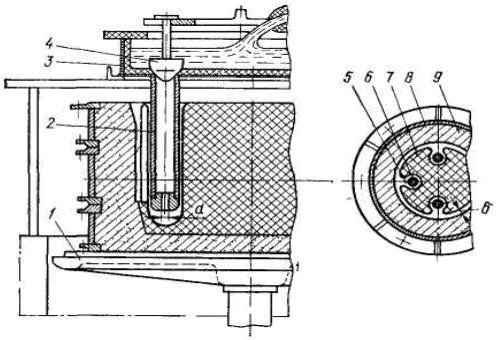
Үздіксіз құю түрлерінің біріне қораманы ретпен толтырып құятын құюдың түрін жатқызады (2.11-сурет). Құюдың осы түрін қолданғанда құрастырылған қорамжәшіктегі 8 құмнан жасалған қорамды 9 жетегі бар баспақ үстелге 1 бекітеді. Балқыма қыздырылатын құбырмен 2 қосылған қыздырылатын тостағанға 3 келіп түседі. Құбырлардағы жіберетін тесік тоқтатқыштармен 4 жабылады. Тоқтатқыштарды көтерген кезде балқыма тік құдықтарға 6 құйылады. Қораманың жұмысшы қуыстарына 7 айтылған балқыма тік саңылаулы қоректендіргіштер 5 арқылы келеді. Құдықтар мен қореткендіргіштер қораманың құюжол жүйесін құрады. Құбырлардың төменгі жақтары сұйық металға 50...100 мм тереңдікке батқан кезде баспақ жетегінің механизмі қосылады. Қорама төмен түсіп балқымамен құдықтар және қорама қуыстары біртіндеп толтырылады.

Құюдың бұл түрі балқыманың бағытталған криталдануы себебінен шөгу ақауынсыз және кеуексіз құйманы алуға мүмкіндік жасайды.

Мұндай құймалардың айырмашылығы болып үлкен габариттік өлшем (биіктігі 3 м үлкен) және жұқа қабырға ($\delta = 3...10$) саналады. Айтылған құймалар магний және алюминий қорытпаларынан жасалады.

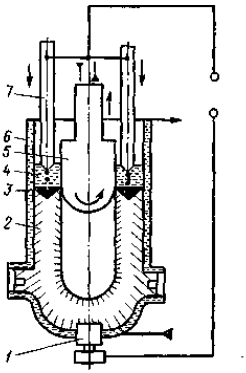
Е. О. Патон атындағы электрпісіру институтында құюдың жаңа түрі, яғни электрқождық құю жасалды.

Тәсілдің мәні болып металдың балқуының уақыт пен орын бойынша құю қорамасын толтырумен сәйкес келуі саналады. Осы кезде құйманы жүйелі балқытып қаптастыру процесін іске асырады.



2.11-сурет. Жүйемен қораманы толтырып құюдың сұлбасы

Алдымен сумен салқындатылатын мыстан жасалған кристаллизаторға 6 балқытылған қожды құяды (2.12-сурет). Электрлік ток жұмсалатын электродтарға 7 және қатырғыға 1 беріледі. Қождың электрөткізгіштігі төмен болғандықтан қождық шомылық жоғары температураға дейін қызады. Осы, шомылыққа тиелген электродтардың балқуына алып келеді. Тамшылар қождық шомылық 4 арқылы өтіп металдан жасалған шомылыққа 3 жиналады. Электродтарды жоғары көтереді. Құймада 2 қуыстарды қалыптастыру үшін металдан жасалған сумен салқындылатын өзекте 5 параллельді қозғалтылады.



2.12-сурет. Электрқождық құюдың сұлбасы

Алынатын құймалар, соғылмалармен салыстырғанда тым жоғары механикалық қасиетке иемденген. Құйманың бет жағы таза болып алынады, жиі механикалық өңдеуді талап етпейді.

Электрқождық құю тәсілін қолданып болат пен қорытпалардан цилиндр, құбыр, илемдеу пішінбілігі, иінді білік, т. б. тетіктердің ірі дайындамаларын жасайды.

2.14. Құйманы жасау процестерін механикаландыру және автоматтандыру

Технологиялық процестерді механизациялау деп адам еңбегін машинаның жұмысына ауыстыру процесін әдетте түсінеді. Жұмысшылардың қосымша қолмен істейтін жұмысын ауыстыруға негізінен қолданылатын арнайы механизмдер мен айлабұйымды жасау еңбек өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Осымен бірге көпбілдекті қызмет жасау тәсілін қолданудың мүмкіндігін кеңейтеді және жұмыс жағдайын жақсартады.

Машиналарды күтуді және машиналар мен олардың жүйелерін басқаруды, тағы да процестерді толық басқаруды механикаландыратын болса, онда технологиялық процестер автоматтандырылған деп саналады. Осымен бірге технологиялық жабдықтардың жеке механизмдерін автоматтандыру қазіргі заманда кең дамып келе жатыр.

Механизациялау және автоматтандыру саласында жұмыс жасаудың негізгі бағыты болып кешенді автоматтандыруға өту, толық автоматтандырылған бөлім, цех және зауытты жасау саналады.

Технологиялық процестерді механизациялау мен автоматтандырудың экономикалық ұтымдылығы келесі көрсеткіштермен анықталады: еңбек өнімділігінің жоғарылауы; шығарылатын өнімнің өзіндік құнының төмендеуі; жұмыс жағдайының жақсаруы; тек жалпы және ірі-сериялы өндірісте ғана емес, тағы да сериялы және жеке өндірісте орнықты орнын толтыру мерзімі, т. б.

Қазіргі заманда ТМД елдерінің машинажасау кәсіпорындарында саны көп автоматандырылған тізбектер жұмыс істейді (бес мыңнан көп).

Авоматтандырылған тізбек деп тетікті өңдеу технологиялық процесінің тізбегінде қойылған автоматты әсер ететін технологиялық жабдықтардың жиынтығын айтады. Айтылған тізбек автоматандырылған көлікпен қосылған, автоматтандырылған тиеу-түсіру қондырғыларымен және бір немесе бірнеше өзара байланысқан басқару жүйесімен қамтамасыз етілген.

Бірақ та автоматтандырылған тізбектің жалпы кемшілігіне белгілі бір бұйымды жасауға бар жақты бейімді болуын жатқызуға болады. Сондықтан оларды негінен жалпы немесе ірі-сериялы өндіріс жағдайында ғана қолданады. Ірі-сериялы және жалпы өндіріс өндірістің жалпы көлемінде салыстырмалы аз үлесті (20 % жақын) алатындығы белгілі.

Құмды қорамаға құйған кезде қорамалау процесі толық механикаландырылған құю конвейерін қолданады. Конвейерде төменгі және жоғарғы жартылай қорамалар қорамалау машиналарында жасалады, ал автоматты қорамалау тізбегінде жартылай қорамалар қорамалау автоматтарында жасалады. Бұл тізбектер қорамалау өндірістік процесін толық автоматтандыруды қамтамасыз етеді.

Жалпы және ірі-сериялы өндіріс жағдайында, құрғақ қаттыланатын қоспадан қабыршықты қораманы өндіру үшін қолданылатын автоматтандырылған тізбек 2.13-суретте көрсетілген. Тізбектің негізіне қабыршықты қораманы жасайтын машина 12 және қораманы құрастыратын және желімдейтін қондырғы 7 жатады. Машинаның модельді тақтасынан жартылай қорамалар тасымалқол 11 алынады. Айтылған автоқол бағдарланылмайтын манипулятор болып саналады.

Қарнақты көлікпен жартылай қораманы машинадан қондырғыға қарай қозғалтқан кезде өзектер оператордың 8 көмегімен орнатылады. Дайын қорамалар (сағатына 35 дана) үстелге 6 беріледі. Сұлбада мыналар көрсетілген: 9 – басқару орны; 1, 5 – гидроагрегаттар; 2, 3, 4 – электржабдықтар; 10 – тізбекті басқаратын оператор.

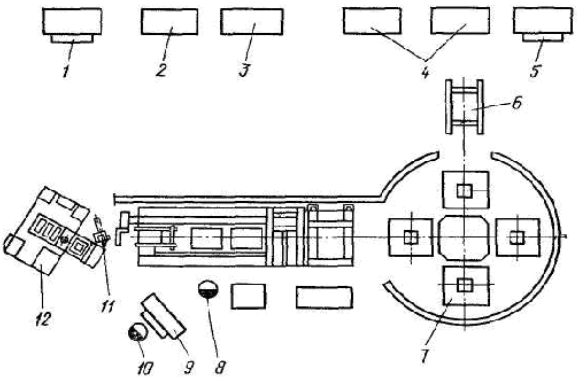
Сериялы өндіріс жағдайында балқытылатын модель бойынша құймаларды өндірген кезде технологиялық процестің жеке операцияларын автоматтандыруға тырысады. Жаппай өндірісте құймаларды өндіруді кешенді автоматтандыруға мүмкіндік беретін автоматты тізбектер қолданылады. Мысалы,

осындай өндіріс ретінде Горький автомобиль зауытына қолданылып жатқан дәл құятын цехты айтуға болады.

Темірқорамды құю тәсілінде процесті механикаландыру жұмыстары жүріп жатыр. Мұндай жағдайда негізгі операциялар темірқорамды машинаның немесе құю кешендерінің механизмдері көмегімен орындалады. Осы механизмдерді оператор басқарады. Өндіріс көлеміне байланысты процесті автоматтандыру жұмыстары да іске асырылып жатыр. Мұндай жағдайда механизмдерді басқару құю машинасының немесе кешендерінің басқару жүйесімен қарастырылады. Айтылған басқару жүйесі басқарушы ЭЕМ байланысты.

Жалпы және ірі-сериялы өндірістерде кең атаутізімді құймаларды өндірген кезде темірқорамға құю үшін, ағымдағы тізбектер, біртипті құймалар үшін темірқорамды конвейерлер және бір немесе біртипті құймаларды жасау үшін автоматтандырылған тізбектер ұйымдастырылады.

Қысыммен құюға сәйкес технологиялық процесті автоматтандырудың мынадай 2 бағытын қарастырып жатыр: манипуляторлық және көліктік операцияларды автоматтандыру; құйманың параметрлерін реттей отырып оның сапасын басқаруды автоматтандыру.

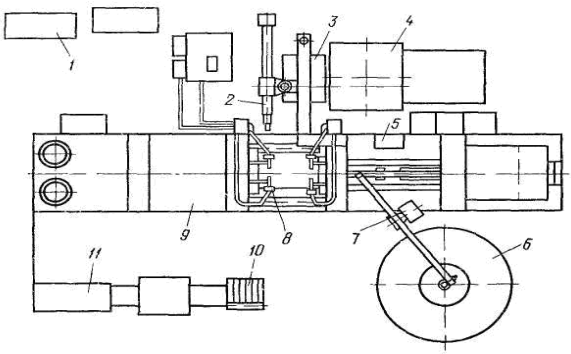


2.13-сурет. Қабыршықты қораманы жасайтын автоматтандырылған тізбек

Қысыммен құю машинасы негізінде автоматты тізбектер жасалып жатыр. Осындай тізбектің сұлбасы 2.14-суретте көрсетілген. Сөйтіп, осындай бір тізбектің құрамына, баспақтаудың көлденең суық бөлмешігі құрамына кіретін қысыммен құю үшін қолданылатын сериялы шығарылатын машина 9 және машинамен келісімді жұмыс жасап машинадан тыс операцияны автоматтандыратын жабдықтар кіреді.

Операциялардың орындалу реті басқару пультіндегі бағдарламалардың жиынтығымен беріледі. Осындай кезде металды құю үшін қолданылатын манипулятормен 7 машинаның баспақ-бөлмешігіне балқытылған металды дәл мөлшермен беру іске асырылады. Машинаның қозғалатын және қозғалмайтын тақтасында орнатылған бүркігішпен 8 майлайтын құраманы тозаңдатып баспақ-бөлмешік майланады. Құйманы беретін манипулятор 2 әр жақты пайдаланылатын жабдық болып саналады. Өйткені ол дайын құйманы машинадан алады, бағыттайды және толық шығаруды бақылау үшін арнайы қондырғыға апарады. Осыдан кейін шанға 3 батырып алу жолымен құйманы салқындатады және құюжолдарды және кенерікті кесу үшін құйманы шабу баспағының 4 қалыбына қояды.

Осымен бірге 2.14-суретінде мыналар көрсетілген: 1, 11 – электршкаф; 5 – баспақтау бөлмешігін майлайтын қондырғы; 6 – электрпеш. Тізбекті осылау орналастыру кешенді автоматтандыруды іске асыруға мүмкіндік береді. Осы себептен бір оператор бір мезгілде бірнеше тізбекті басқара алады.



2.14-сурет. Қысыммен құйманы жасайтын автоматтандырылған тізбек

Тізбектегі манипуляторлардың орнына өндірістік роботтарды қоюға болады. Өндірістік робот деп бірнеше жылжымалылық дәрежелері бар манипулятор түріндегі орындаушы қондырғыдан және өндірістік жағдайда қозғалатын және басқаратын міндетті орындайтын бағдарламалы басқарудың қайта бағдарланатын қондырғысынан тұратын автоматты машинаны (стационарлы немесе жылжымалы) айтады. Өндірістік роботтарды орнату тізбекті қайта баптау мүмкіндігін береді. Өйткені ғылыми-техникалық революция жағдайында жалпы өндірістің өзі тізбек құрылымын салыстырмалы жиі өзгертуді, жабдықтарды және автоматтандыру қондырғыларын ауыстыруды талап етеді.

ТМД елдерінің құю өндірісінде келесі өндірістік роботтар қолданылады: «Универсал-15», «Универсал-50», т. б.

2.15. Сұр, жоғары беріктікті және соғылмалы шойындардан құймаларды жасау

Сұр шойында жоғары сұйықаққыштық және кішкентай шөгу (1,3 % дейін) қасиеттері бар. Сұр шойыннан шөгіндік қаяуы, кеуектілік және жарықтар жоқ сапалы құймалар алынады. Ірі фасонды құймалардың қабырғасының қалыңдығын 3...4 мм-ге дейін жеткізуге болпады.

Әдеттегі сұр шойын шойынпеште, ал жоғары сапалы шойын доғалы немесе индукциялы пештерде балқытылады. Шойынпеш сумен салқындатылатын қаптамасы бар домендік типті шахта түріндегі балқыту агрегаты. Шойынпеште балқыту процесі автоматтандырылған.

Сұр шойыннан құймаларды құмды қорамаға құю, қабыршықты қорамаға құю, темірқорамға құю, балқытылатын модель бойынша құю, центрден теуіп құю тәсілдерін қолданып жасайды. Темірқорамға құйманы құйғаннан кейін мүмкін болатын ағартылманы болдырмас үшін құйманы босаңдатумен термиялық өңдейді.

Жоғары беріктікті шойын сұр шойынның сұйықаққыштық қасиетін иемденді. Қасиеттің осындай болуы қабырғасының қалыңдығы 3...5 мм дейін болатын құйманы алуға мүмкіндік береді. Бірақ та жоғары беріктікті шойынның шөгуі едәуір жоғары (1,7 % дейін). Сондықтан құймаларға шөгу ақаулары

пайда болуы мүмкін. Осы себептен қосылмаларды және суытқыштарды қолдану жолымен металдың бағытталған кристалдануын іске асырып ақауларды болдырмауға тырысады.

Жоғары беріктікті шойын шойынпеште, доғалы немесе индукциялы пештерде балқытылады.

Жоғары беріктікті шойыннан құймаларды әртүрлі тәсілдермен жасайды.

Соғылмалы шойын ақ шойын құймасын босаңдатумен өңдегеннен кейін алынған өнім болып саналады. Ақ шойын сұр шойынмен салыстырғанда едәуір жаманырақ құю қасиеттерін иемденген металл. Бұл, әсіресе жұқа қабырғалы құйманы жасаған кезде құю температурасын жоғарылатуға және шөгіндік қаяуы, кеуектілік, тағы да жарық ақауларының пайда болуына алып келуі мүмкін.

Ақ шойынды думплекс-процесімен балқытады, яғни: алдымен шойынпеште балқытады, ал содан кейін доғалы немесе индукциялық пешке қайта құйып, керекті температураға дейін қыздырып, берілген химиялық құрамға дейін балқыманы жеткізеді.

Құймаларды құмды қорамада, тағы да қабыршықты қорамада және темірқорамда жасайды. Осы құймалардың қабырғасының қалыңдығы 5...50 мм-ге тең болады. Осыдан кейін оларды қымталған болаттан жасалған контейнерге орналастырып, соғылмалы шойын жасау үшін босаңдату термиялық операциясымен ұзақ өңдейді.

2.16. Құймаларды болаттан жасаудың ерекшеліктері

Көміртекті құю болаттарының құрамында 0,12...0,6 % көміртегі бар және оларды таңбалағанда таңбаның соңында Л әрпін қояды.

Болаттан жасалған құймаларды жасағанда құю ақаулары пайда болуы мүмкін. Өйткені болаттың құю қасиеттері шойынның және басқа құю қорытпаларының қасиеттерімен салыстырғанда төмен. Шөгу 2,5 % дейін жетеді. Осындайда төмен көміртегілі болаттар құюдың жоғары температурасын қолданғанда ыстық жарықтың пайда болуына бейім екендігімен сипатталады. Жоғары көміртегілі болаттарда илемділік және жылуөткізгіштік төмен болғандықтан ішкі кернеулер пайда болады.

Болаттар доғалық және индукциялық пештерде балқытылады. Құю өндірісінде жиі плазмалы пештерде балқыту қолданыла бастады. Бұл қоспаланған болаттардың қалдықтарын қоспалаушы қоспа ретінде жақсы пайдалануға, қоршаған ортаның ластануын азайтуға және еңбек жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді.

Массасы бірнеше грамнан ондаған тоннаға дейін және қабырғасының қалындығы 1...300 мм-ге тең болаттан жасалған құймаларды құмды қорамада және басқа тәсілдермен жасайды. Осы құймалар, құю кернеулерін алып тастау және құрылымды жақсарту үшін, кейінірек термиялық өңдеуге (босаңдату немесе қалыптандыру) түседі.

Көміртекті болаттардан тұрқы мен тұғыр, тісті доңғалақтар, илемдеу пішінбіліктері және басқа тетіктер үшін құймаларды жасайды.

Мынандай қоспаланған болаттар да қолданылады: 15Х25ТЛ, 09Х16Н4БЛ, 08Х17634В5Т3Ю2Л, 12Х18Н9ТЛ, т. б. Қоспаланған болаттарды турбина қалағын, арматура клапанын және басқа жауапты тетіктерді құйып жасау үшін қолданады.

2.17. Құймаларды түсті металдардан жасаудың ерекшеліктері

Өндірістік тәжірибеде құятын алюминий қорытпаларының 5 тобы қолданылады. Бұл мынадай қорытпалар: Al − Si, Al − Cu − Si, Al − Cu, Al – Mg және күрделі қоспаланған қорытпалар.

Al – Si жүйесінің қорытпалары (АЛ2, АЛ4, АЛ9 таңбасының силуминдері) ең жақсы құю қасиеттерін иемденген. Мысалы, шөгу 0,8...1,1 % тең. Сондықтан осы қорытпаларды ең көп қолданатын болды.

Түсті металдарды балқытудың тәсілін таңдау олардың қасиеттерімен анықталады. Сонымен қатар, алюминий және магний қорытпалары балқытудың төменгі температура аралығына және оттегімен жоғары ұқсастықты иемденген. Алюминий қорытпаларын балқыту үшін жалынды, кедергі электрлі және индукциялық пештерді қолданады.

Алюминий қорытпаларынан жасалатын құймалардың көпшілігін (70...80 %) тұрақты қорамға құю тәсілімен алады

(мысалы, темірқорамға, қысыммен, төменгі қысыммен құю), ал қалғандарын бір реттік қорамға құйып жасайды (мысалы, құмды, қабыршықты қорамдарға, тағы да балқытылатын модель бойынша құю).

Ең жақсы құйылатын магний қорытпалары болып МЛ5 және МЛ6 таңбалы Mg – Al – Zr жүйесінің қорытпалары саналады.

Алюминий қорытпаларымен салыстырғанда магний қорытпалары мынадай бірқатар кемшіліктерді иемденген: құю қасиеттерінің төмен болуы; балқымада сутегінің жақсы еруі; балқытып қорамаға құйған кезде өздігінен жануы.

Магний қорытпаларын балқытуды арнайы флюстер қабаттары астында оқбақырлы электр пештері мен индукциялық пештерде жүргізеді. Балқытуды арнайы флюстер қабаттары астында жүргізудің себебі болып қорытпаның өздігінен жануын болдырмау саналады.

Магний қорытпаларынан жасалған құймалардың 40 % тұрақты қорамға құйып жасайды (мысалы, темірқорамға және қысыммен құю тәсілдерімен). Құймаларды тағы да бір реттік қорамаға құйып та жасайды (мысалы, құмды және қабыршықты қорамдарға). Құйған кезде өздігінен жануды болдырмас үшін металл ағыншасын күкірт ұнтағымен өңдейді.

Мыс қорытпасынан жасалған құймалары арасында ең жақсы құю қасиеттеріне қалайылы қола иемденген (шөгу 1,4...1,6 %). Қалайысыз қолалар көп шөгіледі (1,6...2,4 %). Жездер қанағаттанарлық сұйықаққыштықпен және салыстырмалы жоғары шөгумен сипатталады (1,6...2,2 %). Сөйтіп мыс қорытпалары шөгіндік қаяуын, кеуектілікті және жарықтарды құруға бейімді қорытпалар.

Мыс қорытпаларын балқыту үшін шағылыстыру, электрдоғалы және индукциялық пештерді қолданады. Балқытуды алады, қорғайтын газ ортасында және вакумде жүргізеді.

Мыс қорытпаларынан жасалған құймалардың 80 % бір реттік қорамдарда алады (мысалы, құмды, қабыршықты қорамдарда және балқытылатын модель бойынша құю), ал қалғандарын тұрақты қорамаларда жасайды (темірқорамда, қысыммен құю, центрден теуіп құю).

Құйылатын негізгі титанды қорытпа болып қорытпа ВТ5Л есептеледі. Осы қорытпа жақсы механикалық және құю

қасиеттерін иемденген. Мұнымен бірге мынадай қорытпаларды қолданады: ВТ1Л, ВТ6Л, ВТ14Л, т. б.

Титан қорытпаларын керамикалық қорамаға құйғанда құю шөгуі 1,5 % тең, ал металдан жасалған қорамаға құйғанда 2...2,3 % тең.

Титандық қорытпалардың химиялық белсенділігі жоғары болғандықтан, оларды вакуумде, ал тағы да аргон немесе гелий атмосферасында балқытады. Балқытқан кезде графитті оқбақыры немесе мыстан жасалған сумен салқындатылатын кристаллизаторы бар плазмалы, электронды-сәулелі және вакуумды-доғалы пештерді қолданады. Құю қорамасына құюдың алдында титанды қорытпаларды екі рет қайта балқытуға түсіреді.

Титаннан жасалған құймаларды өндіруде келесі ерекшеліктер бар: қорамаға титан қорытпасын құюды вакуумде іске асырады; құюдың температурасының жоғары болуы және қорытпалардың химиялық белсенділігі құю қорамасын және өзегін жасау үшін арнайы материалдар қолдануды талап етеді.

Титандық қорытпалардан жасалған пішінді құймалардың 80 % жақынын бір реттік отқа төзімді қорамаға құйып жасайды. Негізі балқытылған алюминий тотығы (электркорунд), магнезит, цирконий және графит тотығы болатын қорамалау қоспасы қолданылады. Тығыздалатын құю қорамасы мен өзектерді металдан немесе ағаштан жасалған модель әбзелді қолданып жасайды. Құймаларды тағы да балқытылатын модель бойынша жасалған графитті керамикалық қорамада және қабыршықты қорамада жасайды. Қарапайым құймаларды металдан немесе графиттен жаслған темірқорамға құйып жасайды.

2.18. Құйманың сапасын бақылау. Құю ақауларын оңдау

Құйманың ақауы бойынша олардың сапасын бағалайды. Ақаулар сыртқы (құмдық қаяу, қиғаштық, толық құйылмау, т.б.) және ішкі (шөгіндік және газдық қаяу, жарықтар, т. б.) болып екіге бөлінеді.

Құймадағы ашық немесе жабық қуыстарды құмдық қаяу деп атайды. Олар қораманы жеткілікті тығыздамаудан, қорама

мен өзек беріктігінің кішкентай болуынан және басқа себептерден пайда болады.

Бір жақтың екінші жаққа қатысты ығысуын құйманың қиғаштығы деп атайды. Осыған мыналар әкеледі: қораманы дәл құрастырмау; модель мен өзектік жәшіктегі өзектің белгіленген бөлімдерінің сәйкес келмеуі.

Құйманың және құюжол жүйесінің дұрыс емес құрылымынан және құю температурасының төмен болуынан құйманың жеке бөлімдерінің толмауын толық құйылмау деп атайды.

Кедір-бұдырлы беті және ірі кристаллитті құрылымы бар құйманың денесіндегі қуыстарды шөгіндік қаяу деп атайды. Осы ақау мынадай себептерден пайда болады: ірі габаритті құймаларды балқымамен жеткілікті қоректендірмеу; құю температурасының тым жоғары болуы; құйма құрылымының технологиялық болмауы.

Тегіс беті бар құйманың денесіндегі қуыстарды газдық қаяу деп атайды. Қорамаға балқыманы құйған кезде осы ақау мынадай себептермен пайда болады: газбен қаныққан балқыманы қорамаға құю; жоғары ылғалдылығы бар қорамалау қоспасын қолдану, т. б.

Құйма денесіндегі жарықтар деп құюжол жүйесін дұрыс емес дайындау, аса қыздырылған балқыманы құю себептерінен және технологиялық процестің басқа ауытқуынан пайда болған ақауларды айтады.

Құймадағы ақауларды көзбен шолып, люминесцентті бақылап, магнитті немесе түсті ақаукөргіштік, рентгенскопия, гамма-ақаукөргіштік, ультрадыбыс және басқа тәсілдер көмегімен анықтайды.

Құймадағы ақауларды оңдаудың бірнеше тәсілдерін қолданады. Сылап бітеумен немесе қоюжақпамен құйманың шамалы беттік ақауларын декоративті түзетеді. Құйманың кеуектілігін жою үшін әртүрлі құраманы оған сіңіреді. Құйманың ары қарай өңделмейтін бетінде пайда болатын ақауларды (қаяулар, жарықтар және өтпелі тесіктер) газ немесе электр пісіру әдістері көмегімен жояды.

3. МЕТАЛДАРДЫ ҚЫСЫММЕН ӨҢДЕУ ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

3.1. Металдарды қысыммен өңдеу процестерін топтастыру. Металдарды қысыммен өңдеу тәсілдерімен бұйымды жасау үшін қолданылатын металдар мен қорытпалар. Өңдеудің болашақта дамуы. Илемдеу өндірісі

Қазіргі заман техникасының тетіктері, құрылымдары және басқа бұйымдарын негізінен металл мен қорытпалардан металлургиялық және машинажасау кәсіпорындарында жасайды.

Металдан жасалған бұйымдарды және олардың жартылай өнімдерін жасаудың негізгі тәсіледері болып мыналар саналады: құю, қысыммен өңдеу және кесумен өңдеу. Осы тәсілдердің ішінде ерекше рөлді металдарды қысыммен өңдеу (МҚӨ) алады. Металдарды қысыммен өңдегенде металдың пішінін, оны пластикалық деформациялау жолымен өзгертеді.

Металдарды қысыммен өңдеу үлкен өнімділікпен және аз шығынмен дайын тетікке пішіні жақын тетіктерді немесе дайындама түрінде олардың жартылай өнімдерін жасауға мүмкіндік береді. Металл суық және ыстық күйде пластикалық деформациялаумен өңделеді. Пластикалық деформация процесінде металдың құрылымы өзгереді және оның механикалық қасиеті жоғарылайды. Сондықтан аса жоғары күш түсетін машиналар тетіктерін қысыммен өңдеп жасайды.

Пластикалық деформациялау әртүрлі тәсілдермен іске асырылады. Осы тәсілдерге мыналар жатады: илемдеу; еркін соғу; көлемдік қалыптау; баспақтау; қаңылтырлы қалыптау; сымдау және МҚӨ арнайы тәсілдері.

Металдардың пішінін өзгертуді жоғары өнімділікпен және аз шығынмен жүргізуге, тағы да олардың механикалық қасиетін жоғарылатуға мүмкіндік бар болғандықтан қысыммен өңдеудің рөлі қазіргі заманғы өндірісте өте үлкен болып тұр.

Тұтастай алғанда металдарды қысыммен өңдеу машинажасау мен металлургияның дайындаушы базасы болып саналады. Негізінен алғанда МҚӨ сапалық дамуынан және толық жетілуінен қуатты энергетикалық құрылымды, жаңа

ұшатын аппаратарды, қазіргі заманғы автомобильдер мен жүккөтергіш машиналарды, жаңа электронды және космосты техниканы жасау тәуелді болады.

Металдарды экономдау – МҚӨ алдына қойылатын негізгі міндеттердің бірі болып саналады. Экономикалық көрсеткіштерді бағалау үшін тетіктің массасы мен оны жасау үшін жұмсалған металдың массасының сандық қатынасын қолданады. Осы қатынасты процентпен көрсетілген металды қолдану коэффициентті (МҚК) деп атайды. Металды қолданудың ең үлкен мәніне суықтай көлемдік қалыптау және илемдеу (82 және 85 %, сәйкес жазылған) иемденген.

Металөңдеу процестері, мысалы МҚӨ, экономикалық тым тиімді өңдеу тәсілдерін жасау бағытында дамитын болады. Осы тиімді тәсілдерге бірінші кезекте қиыстырылған және қатар қолданылатын процестерді жатқызуға болады. Осындайда металлургиялық қайта өңдеуді қысқарту өндірістің үздіксіз технологиялық сұлбасын ұйымдастырумен байланысты. Бұл процестің еңбексыймдылығын және энергиясыймдылығын едәуір азаютуға және металдың жарамды болып шығуын үлкейтуге алып келеді.

Металдарды қысыммен өңдеген кезде бастапқы материал ретінде құймакесек, шыбық, әртүрлі сортты пішіндер, т. б. түріндегі барлық болаттар, алюминий, магний, титан қорытпалары, тағы да мыс, никель негізіндегі қорытпалар қолданылады. Соғу үшін мысалы, тыныш болатты қолданады. Қайнаған болаттан жасалған құймакесек соғу үшін азырақ жарамды. Өйткені осы құймакесектегі қуыстарды, көпіршіктерді деформациялау процесінде толық пісіру қиын. Илемдегеннен кейін алынған болаттан немесе түсті металдан жасалған дайындамаларды қалыптау үшін қолданады.

Керекті пластикалық қасиетті қамтамасыз ету үшін металл мен қорытпаларды суық және ыстық (басымырақ) күйде деформациялайды.

Болаттар, көміртегісі бар темір қорытпалары (2,14 %) өндірістің кез келген саласында: машинажасау, металлургия, құрлыс, автомобильжасау, т. б. қолданылады. Химиялық құрамына байланысты болаттар көміртекті (Ст3, 08кп, т. б.) және қоспаланған (3Х2В8Ф, 5ХНМ, т. б.) болып екіге бөлінеді.

Белгілеуіне байланысты болаттарды құрылымдық және құрал-саймандық деп екіге бөледі. Алыну тәсіліне байланысты болаттар мартендік, бессемерлік, томастық болып үшке бөлінеді. Оттексіздендіруіне байланысты айтылған болаттарды тыныш, жартылай тыныш және қайнаған деп үшке бөледі. Көміртекті болаттар төменгі көміртекті (0,25 % дейін көміртек), орташа көміртекті (0,25–0,6 %) және жоғары көміртекті (0,6 жоғары) болып үшке бөлінеді. Төменгі және орташа көміртекті болаттар құрылымдық, ал жоғары көміртекті болаттар құрал-саймандық болып саналады. Осы болаттарда пластикалық деформацияның үлкен қоры бар. Сондықтан олар 80 % дейінгі деформация дәрежесімен деформациялануы мүмкін. Жоғары көміртекті және жоғары қоспаланған болаттар өңдеудің бір циклінде 60 % дейін деформация дәрежесімен деформацияланады. Сондықтан оларды орташа пластикалық материалдарға жатқызады.

Алюминий қорытпалары кішкентай меншікті салмақты және жоғары беріктік қасиетті иемденген. Оларды жұмсақ қорытпалар (АМц, АД31, АМГ), орташа қаттылықты қорытпалар (Д1, Д16, АК1) және жоғары беріктікті қорыпалар (АК8, В95) деп үшке бөледі. Осымен бірге алюминийлік қорытпаларды термиялық беріктенетін және термиялық беріктенбейтін деп айырады. Алюминий қорытпалары жоғары пластикалық қасиетті иемденген. Осы себептен оларды көлденең гидравликалық баспақта баспақтап, күрделі құрылымы және әртүрлі қимасы бар көптеген пішіндерді жасайды. Алюминий қорытпаларының кішкентай тығыздық, жегідеге жоғары тұрақтылық, салыстырмалы жоғары механикалық қасиет сияқты қасиеттері, олардан жасалған бұйымдарды машина, автомобильжасау, құрылыс құрылымы және архитекторлық ғимараттың әртүрлі тетіктерінде қолдануға мүмкіндік береді. Алюминий қорытпаларынан жасалған тұтас және қуыс тетіктердің негізгі тұтынушысы болып авиация, кеме, тоңазытқыш техникасын жасайтын кәсіпорындар, электртехникалық өндірістер, т. б. саналады. Соңғы жылдары алюминий қорытпаларынан жасалған қуыс пішіндердің түржиыны көбейіп келеді. Өйткені оларды құрылымдық және құрлыстық тетіктерді жасау үшін құрылыста кеңінен қолдана бастады.

Мысты және оның негізіндегі қорытпаларды өндірістің көптеген салаларында кеңінен қолданады, мысалы: электртехника, құрылыс, жылуэнергетика, т. б. Мыста жоғары пластикалық қасиет бар. Сондықтан одан МҚӨ барлық тәсілдерімен тетіктер жасайды. Қорытпаларды мынадай 2 топқа бөледі: қолалар, жездер. Қысыммен өңделетін жездерді (мыстың мырышпен қорытпалары) 8 таңбаға бөледі. Ыстықтай металдарды қысыммен өңдеу үшін кеңінен Л62 және Л68 таңбалы жездерді қолданады. Қолалар (мыстың қалайы, алюминий, марганец, кремний, бериллий және басқа элементтермен қорытпалары, мырышты қоспағанда) 10 таңбаға бөлінеді. Қалайысыз қолалар жақсы антифрикциялық және антижегіделік қасиеттермен сипатталады. Олар тұзды суда, майда, буда жақсы жұмыс істей алады.

Магний қорытпалары (МА2, МА5, ВМ 65-1) жеңіл қорытпаларға жатады. Осы қорытпалар жоғары жегіделік қасиетке бейім екендігін көрсетеді. Осы себептен оларды белгілі бір шекпен машинажасауда қолданады. Негізінен оларды авиациялық өндірісте құрылымдық материал ретінде қолданады. Қолдану аймағы мынадай: ракетажасау; ұшақжасау; автомобильжасау; элкетртехникалық өндіріс.

Титан қорытпалары (ВТ-1) ең үлкен меншікті беріктікке, жоғары антижегіделік тұрақтылыққа және отқа төзімділікке иемденген. Осы қорытпаларды авиажасауда, химия және көлік машинажасауында, яғни оларды ракета, ұшақ, сүңгір қайық, т. б. машиналардың тетіктерін жасау үшін қолданады.

Жоғарыда айтылған металдармен бірге халық шаруашылығының әртүрлі саласында басқа металдар мен қорытпалар қолданылады. Мысалы, зергерлік бұйымдарды өндіру үшін алтын, платина, палладий, күміс және олардың негізіндегі қорытпаларды қолданады. Электртехникалық өндіріс үшін вольфрам, молибден, т. б. баяу балқитын қорытпаларды қолданады. Осымен бірге сәндік қорытпа ретінде мысникельді қорытпаларды қолданады, мысалы, мельхиор (МН19), нейзильбер (НМЖМц26-2,5-1,5) және басқа.

Металдарды қысыммен өңдеу тәсілдерін болашақта келесі жолдармен ары қарай дамытуға болады: металдарды қысыммен

өңдеудің процестерін барлық жақтан механизациялау және автоматтандыру; қара және түсті металдарды, тағы да олардың қорытпаларын жаңа үздіксіз процестермен өңдеу; өндірістік жабдықтардың қуатын және өнімділігін үлкейту; МҚӨ тәсілдерімен бұйымды шығарудың аз шығынды және шығынсыз технологияларын жасау; МҚӨ технологиялық процестерін жобалау және басқару үшін қазіргі кезде қолданылып жүрген бағдарламалық құралдарды қолдану; қиын деформацияланатын және пластикалық қасиеті кішкентай қорытпаларды өңдеу үшін жаңа материалдарды, жабдықтардың түрін және технологияны жасау; МҚӨ процестері үшін технология мен құрал-сайманды автоматты жобалайтын жүйені жасау.

Илемдеу өндірісі – бұл илемдеу өнімінің сапасын және илемдеу цехының техника-экономикалық көрсеткішін анықтайтын бір-бірімен кешенді байланыста болатын технологиялық қайта өңдеулер. Илемдеу өндірісінің дамуы жаңа, едәуір жетілдірілген қыздыру, илемдеу және таза өңдеу жабдықтарын қолдануға негізделген. Осы жабдықтар жылдамдығы жоғары және жұмысының режімі қарқынды болатын бірқатар технологиялық процестердің және операциялардың ағынды болуымен сипатталуы қажет. Илемдеу өндірісінде технологиялық процестің шешуші бағыты болып өндірістік процесті кешенді механизациялау, өнімнің түржиынын кеңейту, оның сапасын жақсарту және металдан экономды түрде өнім жасау саналады.

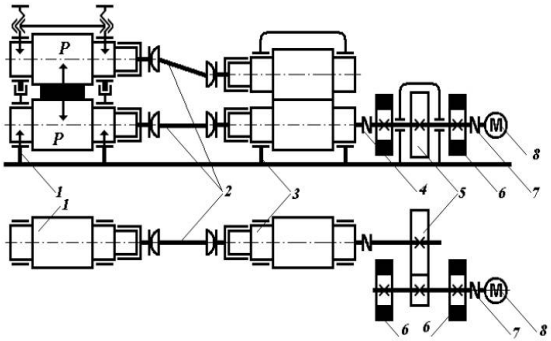
Қара және түсті металдардан өндірісте илем шығаратындығын оқулықтарда айтылып жатыр. Бірақ та болаттан басымырақ илемді өндіреді. Түсті металдар мен қорытпалардан илемді шығарған кезде, шығарылатын өнімнің көлемінде үлкен үлесті қаңылтыр илемдеу өндірісі алады.

Дайындаманың көлденең қимасын азайтып, оған керекті пішінді беру мақсатымен, бастапқы дайындаманы орнақтың айналатын пішінбілігімен жаншитын пластикалық өңдеудің бір түрін *металдарды илемдеу* деп атайды.

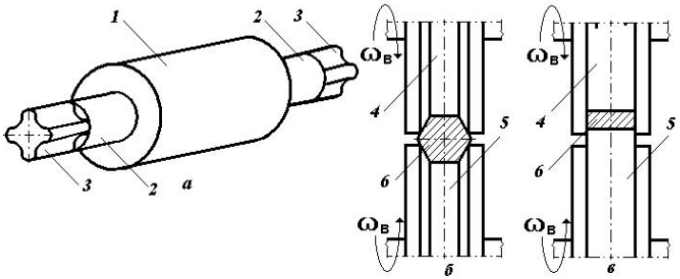
Илемдеуді илемдеу орнақтарында жүргізеді. Илемдеу орнағының басты тізбегі мынадай негізгі жабдықтардан тұрады

(3.1-сурет): жұмысшы қапас; қосқыш айналдырықтар; тістегеріштік қапас; жалғастырғыштар; бәсендеткіш; тегершік; қозғалтқыш. Қуатты илемдеу орнақтарында (блюминг, слябинг, т. б.) әрбір жетекші пішінбілік арнайы құрылымы бар тұрақты токпен жұмыс істейтін дербес қозғалтқыштан айналымды алады. Жұмысшы қапас металды деформациялауға арналған. Бұл қапас екі тұғырдан тұрады. Айтылған тұғырларға пішінбіліктерді, пішінбіліктер үшін мойынтіректерді және пішінбіліктердің жайын орнықтыратын механизмдерді орнатылады.

Илемдеген кезде құрал ретінде пішінбілікті қолданады (3.2-сурет). Илемдеу пішінбіліктері жұмысшы бөлімнен немесе бөшкеден 1, тірек бөлімінен немесе мойынақтан 2 және қосатын бөлімнен 3 тұрады. Қаңылтыр мен жолақты илемдеуді цилиндрлі немесе сәл дөңес немесе ойық беттерге иемденген тегіс бөшкелі пішінбілікте жүргізеді (3.2, *а*-сурет). Сортты илемдеуді бөшкесінде ойық жерлер 4 жонылған мөлшерленген пішінбілікте жүргізеді (3.2, *б*-сурет). Бір пішінбілікте жасалған ойықты жылға деп атайды. Екі пішінбіліктің ойықтары және олардың арасындағы саңылау мөлшерлегішті құрады. Мөлшперлегіш шекарасын, яғни пішінбіліктегі бір мөлшерлегіштен екінші мөлшерлегішке өтудің өткелін мөлшерлегіш бөлгіші деп атайды. Егер мөлшерлегіш бөлгіші пішінбіліктер осіне паралельді сызық бойынша іске асырылатын болса, онда мұндай мөлшергішті ашық деп атайды (3.2, *б*-сурет). Егер бөлгіш мөлшерлегіш шегінен сырт жақта болатын болса, онда мұндай мөлшергішті жабық деп атайды (3.2, *в*-сурет). Илемнің берілген пішінін және өлшемін алуды қамтамасыз ететін бір ізді мөлшерлегіш жүйесін жасауды мөлшерлеу деп атайды. Мөлшерлегіштер жаншитын (дайындаманың қимасын азайтатын), қарадай өңдейтін (берілген пішінге дайындаманың қимасын жақындататын) және тазадай немесе таза өңдейтін (берілген пшін мен өлшемді алуды қамтамасыз ететін) болып бөлінеді.



3.1-сурет. Илемдеу орнағының басты тізбегі:
1 – жұмысшы қапас; 2 – қосқыш айналдырықтар; 3 – тістегеріштік қапас; 4, 7 – жалғастырғыштар; 5 – бәсендеткіш; 6 – тегершік; 8 – тегершік; Р – жаймалау күші

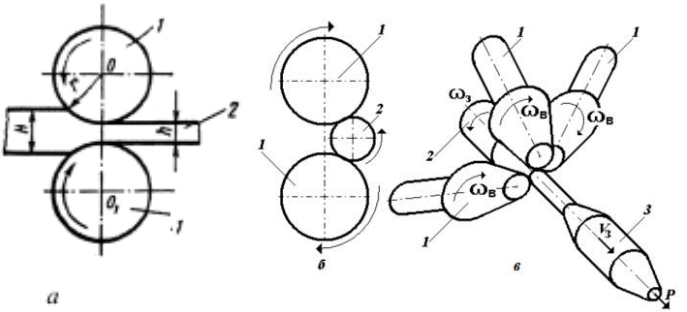


3.2-сурет. Илемдеу пішінбіліктері*: а – тегіс пішінбілікпен;*
б – жылғасының мөлшерлегіші ашық; в – жылғасының мөлшерлегіші жабық; 1 – жұмысшы бөлім (бөшке) 2 – тіреуші бөлім (мойынақ); 3 – қосатын бөлім; 4 – жоғарғы пішінбілік жылғасы; 5 – төменгі пішінбілік жылғасы; 6 – мөлшерлегіш

Пішінбіліктерді шойыннан құйылған немесе соғылған көміртекті және қоспаланған болаттан, тағы да қатты қорытпалардан жасайды. Пішінбіліктер саны, жұмысшы пішінбілік бөшкесінің диаметрі мен ұзындығы илемдеу орнағының негізгі параметрі болып саналады.

Илемдеудің мынадай 3 негізгі тәсілдері бар (3.3-сурет): ұзына бойлы (3.3, *а*-сурет), көлденең (3.3, *б*-сурет) және көлденең-бұрандалы (3.3, *в*-сурет).

Ұзына бойы илемдеген кезде дайындаманы 2 деформациялау әртүрлі бағытта айналатын пішінбіліктері 1 арасында іске асырылады. Илемдейтін пішінбіліктер 1, тағы да өңделетін дайындамалар 2 осьтері параллельді екені (немесе кішкентай бұрышпен қиылысатыны) көлденең илемдеудің қарапайым сұлбасынан көрініп түр. Көлденең илемдегенде қапастағы екі пішінбілікте бір бағытта айналады, ал көлденең қимасы дөңгелек дайындама кері бағытта айналады.



3.3-сурет. Илемдеу сұлбасы: *а – ұзына бойлы; б – көлденең; в – көлденең бұрандалы: 1 – пішінбіліктер, 2 – дайындама; 3 – бұйым*

Көлденең илемдеу процесінде өңделетін дайындаманы пішінбілікте арнайы құрылғы көмегімен ұстап тұрады. Дайындаманы диаметр бойынша жаншу және оған қима бойынша керекті пішінді беру пішінбілікті сәйкес пішіндеумен және олардың арасындағы арақашықты өзгертумен қамтамасыз етіледі. Осы тәсілмен айналу денесі болып саналатын бұйымдарды (шар, ось, тістегіріштер және басқа) шығарады.

Көлденең-бұрандалы немесе қисық илемдеу орнақ қапасында бір-біріне белгілі бір бұрышпен орнатылған бір бағытта айналатын пішінбіліктермен орындалады (3.3-сурет). Қисық илемдеу орнағын құбырды өндіргенде, ең бастысы, құймакесекті немесе дайындаманы тесіп гильзаны жасағанда қолданады. Өңделетін дайындаманың осіне еңкейіп орналасқан айналатын пішінбілікпен металл жанасқан уақытта, дайындаманың осінің бойымен және оның көлденең қимасына жанамамен бағытталған күштер пайда болады. Осы күштердің

бірлесіп әсер етуі айналуды, тарылатын саңылауға өңделетін дайындаманы тартып кіргізуді және деформациялауды қамтамасыз етеді.

Илемдеуді *қаңылтырлы* және *сортты* деп екі бөледі. Сорты илемдеген кезде пішінбіліктің бөшкесінде жылға бар болады. Осы жылғалар екі және одан да көп пішінбіліктерді құрастырғанда пішіні мен өлшемі бойынша жасалатын жартылай өнімге сәйкес келетін мөлшерлегішті құрады. Қаңырлы илемдеу кезінде пішінбіліктің тегіс бөшкесі қолданылады.

Ең көп таралған болып «дуо» және «трио» орнақтарында илемдеу саналады. Осы орнақтардың қапастарында сәйкес екі және үш жұмысшы пішінбіліктер бар. Жұқақаңылтырлы илемді және фольганы өндірген кезде көппішінбілікті илемдеуді қолданады. Мұндай жағдайда илемдеу төрт (кварто), алты, он екі және жирма пішінбілігі бар қапастарда іске асырылады. Қағида бойынша әмбебап қапастарда екі тік және екі көлбеу пішібіліктер орнатылған. Осы пішінбіліктер дайын илемнің пішіні мен өлшеміне сәйкес келетін жабық мөлшерлегішті құрады.

Илемдеу өндірісінің өнімі. Илемдеу өндірісінің өнімі халық шаруашылығының барлық саласында өте кең қолдануды тапты. Осы өнім әртүрлі пішіні бар дайындама ретінде машина, білдек, трактор, автомобиль, вагондар, теміржол, т. б. жабдықтардың тетіктерін жасау үшін қолданылады.

Илемделетін пішіннің түржиыны. Илемдеудің профилі деп оның көлденең қимасының пішінін айтады, ал түржиіні деп бір орнақта немесе орнақтар тобында илемдеумен алынатын әртүрлі өлшемі бар бірқатар профильдерді айтады. Илемденетін профильдердің түржиыны өте көп. Осы түржиынды мынадай 5 топқа бөледі; 1) сортты илем; 2) қаңылтырлы илем; 3) құбырлар; 4) илемнің арнайы түрлері (дөңгелектер, құрсаулар, сақиналар және т.б.); 5) периодты илем.

Сортты металдың профилін мынадай 2 топқа бөледі: қарапайым геометриялық пішінді (квадратты, дөңгелек пішінді және жолақты болат) және күрделі-фасанды пішінді (екітаврлы арқалықтар, швеллерлер, рельстер, т. б.).

Қаңылтырлы илемді (болатты) мынадай түрлерге бөледі: қалың қаңылтырлы болат (қалыңдығы 4 мм үлкен), жұқа

қаңылтырлы болат (қалыңдығы 4 мм кіші) және кең жолақты немесе әмбебап болат. Қалыңдығы 3–8 мм болатын қаңылтырды жиі орташа қалыңдығы бар қаңылтыр деп атайды. Қалың қаңылтырлы болаттың қалыңдығы 4-тен 160 мм дейін және ұзындығы 4-тен 12 м дейін өзгерген кезде, олар 600-ден 5000 мм дейін өзгеретін енге иемденеді. Бронялы тақта ені бойынша 4500 мм-ге дейін және қалыңдығы бойынша 550 мм дейін жасалады.

Жұқа қаңылтырлы болаттың ені 500-ден 2500 мм дейін, қалыңдығы 0,2-ден 3,75 мм дейін, ал ұзындығы 700-ден 4000 мм дейін өзгереді. Қалыңдығы 0,2 мм-ден кіші болатын қаңылтырларды фольга деп айтады. Қаңылтырлардың жиегі кесілу қажет. Электртехникалық және трансформаторлы болаттарда 750 және 1000 мм тең болатын ен және 0,35-тен 1,0 мм-ге тең болатын қалыңдық бар болуы қажет.

Кең жолақты немесе әмбебап болаттар 200-ден 1500 мм-ге дейін өзгеретін енді және 4-тен 60 мм-ге дейін өзгертін қалыңдықты иемденген. Болаттан жасалған таспалар, қалыңдықтарына байланысты 20-дан 2500 мм-ге дейін ені өзгеретін етіп және ұзындығы 300 мм-ге жететін етіп жасалады.

Болаттан жасалған құбырлар мынадай 2 топқа бөлінеді: диаметрлері 25-тен 600 мм-ге дейін өзгеретін жіксіз құбырлар; диаметрлері 10-нан 1400 мм-ге дейін өзгеретін пісірілген құбырлар (түйістіріп пісірілген, айқастырып пісірілген, суықтайпрофильденген).

Периодты илем деп көлденең қимасының пішіні мен ауданы периодты өзгеретін дайындаманы айтады.

Түсті металдар мен қорытпалар басымырақ мынадай қарапайым профильдерді илемденеді: пішіні кваратты, қаңылтырға ұқсайтын түрі бар жолақтар (тікбұрышты), әртүрлі өлшемі бар таспалар (қалыңдықтары 0,2-ден 25-30 мм-ге дейін өзгереді; қаңылтырдың ені 3000 мм-ге, ал таспанікі 600 мм-ге жететін етіп жасалады; қалыңдыққа байланысты қаңылтырлар 6 м жететін ұзындықпен, ал таспалар 300 м және одан көп ұзындықпен жасалады).

Илемдеудің технологиялық сипаттамасы ретінде мынадай көрсеткіштерді қолданады: өнімділік; илемдеу жылдамдығы; бір өтімдегі деформация дәрежесі (жаншу); кермелеу. Жалпы

жағдайда илемдеген кезде деформация дәрежесінің жалпы көрсеткіші болып мынадай формуламен есептелетін кермелеу саналады: $\lambda = F_0/F_1$. Осы көрсеткішті дайындаманың көлденең қимасының ауданын F_0 дайын бұйымның көлденең қимасының ауданына F_1 бөліп табады. Мынадай мөлшерді: $\Delta H = H_0 - H_1$ абсолюттік жаншу, ал мынадай мөлшерді: $\varepsilon_h = (\Delta H/H_o)\cdot 100\%$ салыстырмалы жаншу деп атайды (мұндағы H_0 және H_1 – жартылай өнімнің, сәйкес, деформацияға дейінгі және кейінгі биіктігі). Илемдеу орнағының өнімділігін, т/с, мынадай формуламен есептеуге болады: $A = (3600/t_ц)G$, мұндағы G – дайындама (құймакесек) биіктігі, т; $t_ц$ – илемдеу уақыты (циклі), с.

Қаңылтырлы илемді (қаңылтыр, жолақ, таспа) өндіруді ыстықтай (қалың қаңылтырлы материал) және суықтай (жұқа қаңылтырлы материал, фольга) илемдеу тәсілдерімен іске асырады. Ыстықтай илемдеуді екі, үш және төрт пішінбілікті қаңылтыр илемдеу орнағында жүргізеді. Бастапқы материал болып әдістемелік пеште қыздырылатын массасы 7,5 тоннадан 45 тоннаға жететін слябтар саналады. Минимальды қалыңдығы 0,15 мм жететін болатты суықтай илемдеуді 4-6 қапасты үздіксіз орнағында немесе орауышпен қамтамасыз етілген «кварто» орнағында жүргізеді. Алюминийлік фольганы өндіру үшін үздіксіз құйылған дайындаманы қолданады. Осы дайындаманы 6 мм қалыңдықтан микрондық өлшемге дейін «кварто» орнағында илемдейді.

Қаңылтырлы және сортты илемдерді өндіру үшін илемдеу цехорында әртүрлі типтері және белгілеулері бар орнақтарды орнатады. Шартты мынадай бірнеше топты бөліп көрсетеді:

1. Дайындаушы орнақтар: блюмингтер, слябингтер, үздіксіз дайындаушы орнақтар. Блюмингтер мен слябингтер – бұл пішінбіліктерінің диаметрі 850...1500 мм тең болатын ірі жаншушы жабдықтар. Осы жабдықтарда илемдеуді 11...15 өтімде кері қайтымды режіммен жүргізеді. Қағида бойынша, бұл тікбұрышты (сляб) және квадратты (блюм) дайындамалар түрінде ірі өлшемді дайындамаларды өндіру үшін қолданылатын бірқапасты орнақтар. Үздіксіз дайындаушы орнақтарды тікелей блюмингтен немесе слябингтен кейін орналастырады. Осы орнақ, әрбіреуінде 6 қапас бар екі үздіксіз топтан тұрады.

2. Дайын илемді (сортты, қаңылтырды, құбырды және арнайы профильдерді) илемдеу үшін қолданылатын орнақтар. Сортты орнақтарға мыналар жатады: ірі сортты, рельсарқалықты, орташасортты және кішісортты. Қаңылтырлы орнақтарға мыналар жатады: қалың қаңылтырды илемдейтін орнақтар; жұқа қаңылтырды (орамды) илемдейтін орнақтар. Құбыр илемдейтін орнақтарға мыналарды жатқызады: тесетін, жаймалайтын орнақтар және құбырды суықтай илемдейтін орнақтар, тағы пісірілген құбырды алу үшін қолданылатын орнақтар. Арнайы орнақтарға перидты, иілген профильдерді, шарды, дөңгелекті илемдейтін және басқа да орнақтарды жатқызады.

Сорттыилем орнақтарында негізгі параметр ретінде жұмысшы пішінбіліктердің диаметрін қабылдайды. Мысалы, «Кварто 400» орнағы белгілеуі мынаны білдіреді: орнақта 4 пішінбілік бар; осы пішінбіліктердің 2 тіреуші, ал 2 жұмысшы; жұмысшы пішінбіліктің диаметрі 400 мм. Қаңылтыр өндіретін орнақтарда негізі параметр ретінде пішінбіліктің бөшкесінің ұзындығы қабылданған. Сондықтан «Орнақ 2000» белгілеуі, осы орнақ пішінбілігінің бөшкесінің ұзындығы 2000 мм тең екендігін білдіреді.

Жұмысшы қапастардың орналасуы бойынша илемдеу орнақтарын келесі түрлерге бөледі: бірқапасты; тізбекті; көпқапасты; бір ізді, жартылайүздіксіз және үздіксіз.

Пішінбіліктерді мөлшерлеу деп илемдеу орнағының пішінбіліктерінде орналасып, берілген өлшемі бар профильді алуды қамтамасыз ететін мөлшерлегіштің тізбегін айтады. Орнақтың типіне байланысты әрбір мөлшерлегіште металды бір немесе бірнеші өтіммен илемдейді. Нәтижесінде дайындама керекті қимасы бар илемге айналады. Мөлшерлеу түсінігі мыналарды өзіне тағы да қосады: мөлшерлегіштің пішіні мен өлшемін анықтау; осы мөлшерлегіштерді илемдеу орнағының пішінбіліктерінде орналастыру (яғни пішінбіліктердің мөлшерлегішін жобалау процесі).

Мөлшерлегіштерді екіпішінбілікті үшін және көппішінбілікті үшін деп екіге бөледі. Сонымен бірге кейбір пішіндері бірдей мөлшерлегіштер екі және одан да көп пішінбіліктермен құрылуы мүмкін. Илемдеу өндірісінің тәжірибесінде мынадай мөлшерлегіштер орын тапты: екіпішінбілікті; үшпішінбілікті және төртпішінбілікті .

Мөлшерлегіштерді пішіні бойынша, пішінбіліктерде орналасуына байланысты және белгіленуіне қарап топтайды.

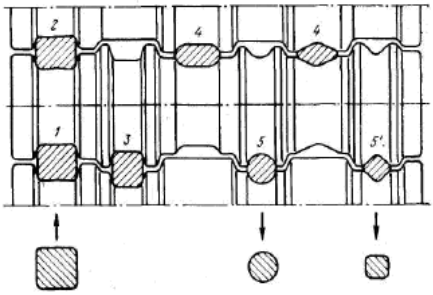
Пішіні бойынша мөлшерлегіштерді мынадай 2 негізгі топқа бөледі: қарапайым пішінді (жәшікті немесе тікбұрышты, ромбылы, алтыбұрышты, сопақ пішінді, дөңгелек пішінді, квадратты, алтықырлы) және фасонды пішінді (арқалықты, швеллерлі, бұрышты, рельсті, таврлы, т. б.).

Пішінбіліктерде орналасуы бойынша мөлшерлегіштерді былай айырады: ашық, жабық, жартылай жабық және диагональды. Ашық мөлшерлегіште пішінбіліктер белдемесі арасындағы көлденең саңылау жуықты мөлшерлегіш биіктігінің ортасында орналасады. Жабық мөлшерлегіште жоғарыда айтылған саңылау мөлшерлегіш шегінің сыртында орналасады, ал жартылай жабық мөлшерлегіште – мөлшерлегіш табанына немесе шыңына жақын жерлерде орналасады. Диагональды мөлшерлегіште белдеме арасындағы саңылау диагональ бойынша орналасады (мысалы, сол жақтағы белдемеде мөлшерлегіштің төменгі жағында, ал оң жақтағы белдемеде мөлшерлегіштің жоғары жағында орналасады).

Белгілеуі бойынша мөлшерлегіштерді былай бөледі: жаншитын, қаралай өңдейтін, алдын ала тазалай өңдейтін және тазлай өңдейтін. Жаншитын мөлшерлегіштер бастапқы құймакесектің, блюм немесе дайындаманың көлденең қимасының ауданын кішірейту үшін арналған. Жаншитын мөлшерлегіште өңдеудің мақсаты кейінірек керекті профиль жасалатын дайындаманы алу. Жаншушы мөлшерлегіш ретінде әдетте жәшікті мөлшерлегішті қолданады. Осы мөлшерлегіштерді блюминг және дайындаушы орнақтарда, ал тағы да сортты орнақтардың бірінші өтімдерінде илемдеген

кезде пайдаланады. Қаралай өңдейтін мөлшерлегіштер илемденетін фасонды профильдерді (мысалы, екітаврлы арқалықтар, швеллерлер, т. б.) біртіндеп жасауға арналған. Сортты орнақтарда қаралай өңдейтін мөлшерлегіштер жаншушы мөлшерлегіштерден кейін орналасады. Карапайым сортты профильдерді (дөңгелек, квадрат, алтықырлы) илемдеген кезде қаралай өңдейтін мөлшерлегіштерге қарапайым пішіні бар мөлшерлегіштерді жатқызады. Осы соңғы мөлшерлегіштерде өңделіп жатқан дайындаманың көлденең қимасының ауданы ары қарай азаяды. Осындайда бұл мөлшерлегіштерді ең үлкен кермелеуді қамтамасыз ететіндей ретпен орналастырады, яғни олар кермелеуші ретінде қолданылады. Қаралай өңдейтін мөлшерлегіштер орнақтың қаралай өңдейтін және аралық топтарында қолданылады (3.4-сурет).

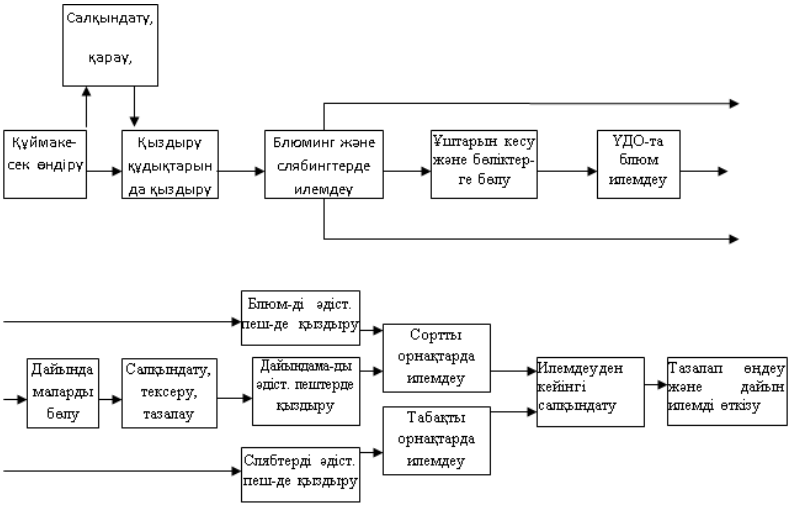
Бастапқы материалдардан әртүрлі пішінді металл шығаратын толық металлургиялық циклі бар металлургиялық зауыт құрамына келесі цехтар кіреді: доменді цех (шойын өндіру); мартендік, конверторлы, электрбалқыту цехтары (болатты және басқа материалдарды өндіру); ыстықтай илемдеу цехтары (ыстықтай илемделген илем және құбырлар); суықтай илемдеу цехтары (қалыңдық өлшемдерінің дәлдігімен, бет жағының жақсы сапасымен, тағы да қосымша физика-механикалық қасиетпен айрмашылықта болатын суықтай илемделген қаңылтырды, жолақты және құбырды өндіретін); мөлшерлейтін цехтар (бетінің сапасы жоғары және өлшемінің шақтамасы жақсы болатын шыбықты және додалы мөлшерленген металды өңдіретін); антижегіделі және басқа түрлі қаптама цехтары (қалайлылау, мырыштау, алюминийлеу, хромдау, т. б.); иілген профильді шығаратын цехтар (қаңылтырлы илемнен кең түржиынды жұқақабырғалы иілген профильдерді шығаратын); термиялық цехтар және металды әртүрлі тазалай өңдейтін цехтар. Осы себептен доменді, болат балқытатын, илемдейтін және металдарды өндіруге тікелей қатысатын басқа цехтар металлургиялық зауыттың негізгі цехтары болып саналады.



3.4-сурет. Үш пішін білікті жұмысшы қапасты мөлшерлеу

Егер толық циклі бар металлургиялық зауыт құрамына кокстық өндіріс кіретін болса, онда цехтардың үйлесуі ең ұтымды болып саналады. Себебі кокстық және домендік пештерден шығатын газдарды, домендік цехтан болат балқыту цехына шойынды берген кезде пайда болатын сұйық шойынның жылуын және болат балқыту цехынан илемдеу цехына құймакесекті берген кезде осы құймакесектен шығатын жылуды пайдалануға болады.

Ұзақ уақыт дайын илемді жасау құймакесек – дайын илем технологиялық сұлбасы бойынша орындалды (3.5-сурет). Мұндай жағдайда массасы кішкентай құймакесектер алынды. Осы құймакесектің массасы, одан бір ғана қыздырумен керекті бұйымды жасау есебімен таңдалады. Бірақ та машинажасау мен металлургияның дамуына байланысты (әсіресе болатты балқытудың жоғары өнімді тәсілдерінің пайда болуына байланысты) едәуір массасы бар (6...10 т және одан да көп) құймакесектерді құю керектігі пайда болды. Осындай құймакесектен дайын илемді бір ғана қыздырумен алу көптеген жағдайда мүмкін емес. Осы себептен жаншу орнақтарын қолдана бастады. Осы орнақта өңдеудің мақсаты болып құймакесекті дайындамаға өңдеу саналады. Осындай жағдайлар мынадай жаңа технологиялық сұлбаны қолдануға алып келді: құймакесек – жартылайөнім (дайындама) – дайын илем.



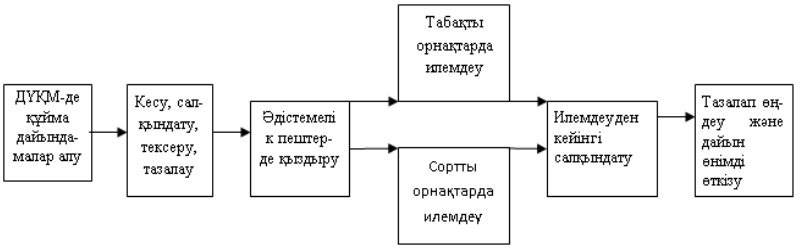
3.5-сурет. Қарапайым құймакесектен илем өндірудің технологиялық сұлбасы

Сондықтан илемдеу цехтарының құрамына жаншитын (блюмингтер мен слябингтер) және дайындайтын цехтар кіреді. Осы цехтар болат балқытатын және илемдейтін цехтарды байланыстыратын негізгі агрегаттар болып саналады. Соңғы айтылған илемдеу цехтарында дайын илем шығаратын мынадай жабдықтар орнатылған: сорты орнақтар (рельс-арқалық, ірі, орташа және ұсақсортты орнақтар); қаңылтыр илемдейтін орнақтар; құбыр илемдейтін орнақтары, т. б.

Осындай кең таралған технологиялық сұлбамен қатар, қазіргі уақытта құйылған дайындама – дайын илем сұлбасына көшу байқалады (3.6-сурет). Осыған квадратты және тікбұрышты көлденең қимасы бар дайындамаға болатты құю тәсілін жақсы меңгеру мүмкіндік берді. Айтылған дайындамаға болатты құю алдымен тек түсті металлургияда кең таралған. Болаттан үздіксіз дайындаманы құю, құюдың өзінің технологиялық процесін орындау едәуір қиын болғандықтан ұзақ уақыт қолданылмай келді. Бірақ та бұл процесс химиялық құрамы бойынша едәуір біркелкі тығыз дайындаманы алуға мүмкіндік береді. Осы металдың жарамды болып шығуын өте

үлкен етіп жоғарылатты. Мысалы, тыныш көміртекті болатты сауытқорамға құюмен салыстырғанда слябты үздіксіз құюмен алу жарамдының шығуын 20 % жоғарылатады. Осымен бірге сауытқорам және түп астын дайындау бөлімдерінің керектігі жойылады.

Болатты үздіксіз құятын тәсілді қолдану металлургиялық қайта өңдеудің өзіндік құнын азайтты. Өйткені осындай кезді жаншу цехтарының қымбат жабдықтарының керектігі, қызмет көрсететін және басқартын қызметкерлерді қамтамасыз ету шығыны жойылады. Мұндай жағдайда болаттың механикалық қасиеті және басқа сипаттамалары жақсарып, илемнің өзіндік құны 8...10 % азаятындығы анықталған. Осымен бірге үздіксіз құю болат балқытатын цехтың жұмыс жасау жағдайын едәуір өзгертті, металлургиялық өндірістің барлығын (шойын мен болатты алу, дайын илем жасау) механикаландыруға және автоматтандыруға мүмкіндік берді. Сондықтан үздіксіз құю көптеген мемлекеттерде едәуір дамуды алды.



3.6-сурет. ДҮҚМ-да алынған дайындамалардан илемдер өндірудің технологиялық сұлбасы

Құбырды және арнайы профильдерді өндіру үшін жоғарыда жазылғанға ұқсас технологиялық сұлбаны қолданады, тек айырмашылық дайындаманы жасау сатысында және пішінөзгерту процесінің ерекшелігінде болады. Сөйтіп ыстықтай илемдеумен жіксіз құбырларды өндірген кезде дайындаманы тесіп гильзаны алу және көлденең-бұрандалы илемдеу тәсілі көмегімен гильзаны құбырға айналдыру қолданылады (3.2-сурет). Жіксіз құбырларды суықтай илемдеу үшін, қапасының жұмыс істеу режимі периодты болатын

құбырды суықтай илемдейтін орнақтар қолданады. Осы орнақта пішінбілігі бар қапас қозғалады, ал дайындама өзгермелі радиусы бар пішінбілікпен жаншылады.

Жоғарыда айтылған құбырды илемдеу сұлбасында құрал-сайман ретінде конусты пішіні бар түзеткішті қолданады. Пісірілген құбырларды өндірген кезде пішіндеу-пісіру орнағында жолақты (штрипсті) илемдеу қолданылады. Кезектесіп орналасқан көлденең және тік пішінбілігі бар осы орнақтың қапасында жолақ біртіндеп бүктеліп ұзындығы бойынша пісіріледі. Шарлар, осьтер, периодты профильдер, т. б. жататын илемнің арнайы түрлерін көлденең-бұрандалы илемдеу орнағында жасайды. Осы орнақтарда жұмысшы пішінбіліктердің орналасуы, пішіндері мен сандары әртүрлі.

3.2. Қаңылтыр илемдеу өндірісі. Ыстық және суық илемделен қаңылтырлы болатты өндіру

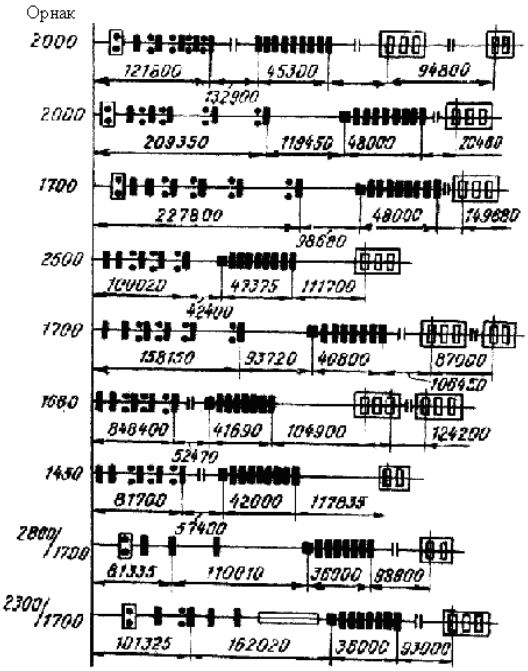
Ыстық илемделген қаңылтырлы болатты өндіру. Қаңылтыр илемдейтін орнақтарға көпсатылы металды деформациялайтын процесті іске асыратын жабдық ретінде қарайық. Ыстықтай илемдеудің үздіксіз кеңжолақты орнақ, қапастардың мынадай 2 топтарынан тұрады: қаралай өңдейтін және тазалай өңдейтін. 3.7-суретте ыстықтай илемдейтін кең жолақты орнақтың негізгі жабдықтарының орналасу сұлбасы көрсетілген. Қаралай өңдейтін топ әдетте жеке тұратын қапастардан тұрады. Осы қапастар арасындағы арақашықтық илемделіп жатқан илемнің ұзындығынан үлкен. Кейбір орнақтарда соңғы екі, үш қаралай өңдейтін қапастар үздіксіз тазалай өңдейтін топқа біріктірілген. Осындай біріктіру орнақтың ұзындығын қысқартуға мүмкіндік береді. Тазалай өңдейтін топ 6...7 төртпішінбілікті қапастардан тұрады. Осы қапастарда илемдеуді бір уақытта жүргізеді. Осы себептен үздіксіз өңдейтін топ құралады. Үздіксіз өңдейтін орнақта илемдеу жылдамдығы үздіксіз өседі. Сол себептен топтың екі жақын орналасқан қапасында жаншудың арасындағы тыныс ұзақтылығы бірнеше секундтан (бастапқы аралықтарда) секундтың ондық үлесіне дейін (соңғы аралықтарда) өзгереді.

Үздіксіз өңдейтін орнақта илемдеген кезде, бірінші және соңғы қапастар арасындағы температураның айырмашылығы

270 ^{o}С дейін жетеді. Сондықтан соңғы қапаста илемдеудің температурасы 730...800 ^{o}С тең. Осы орнақта деформациялау арасындағы тыныс ұзақтылығы көп емес. Бұл металда беріксіздену процесін толық жүргізбейтін жағдай жасайды. Жуықты осындай температура-уақыттық илемдеу жағдайы үздіксіз штрипсті орнаққа да тән. Осы орнақ қапастары арасындағы арақашықтық қаңылтырлы орнақпен салыстырғанда кіші. Айтылған арақашықтық 3,6 м мөлшеріне жуықты тең, ал соңғы қапастағы илемдеу жылдамдығы 21 м/с жетеді.

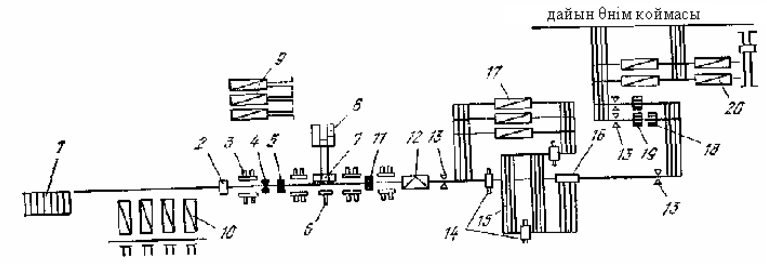
Қалың қаңылтырлы орнақ 3600 (3.8-сурет) қалыңдығы 5...50 мм, ені 2000...3200 мм болатын қаңылтырды массасы 16 т дейін болатын слябтан өндіру үшін және қалыңдығы 50...200 мм және ені 2000...3200 мм болатын ауыр тақтаны массасы 40 т дейін болатын құймакесектен шығару үшін қолданылады. Илемдеудің алдында құймакесектерді қыздыру құдығында немесе табаны шығырылатын бөлмелі пеште қыздырады, ал слябтарды қадамды арқалығы бар бес және алты аймақты әдістемелік пеште қыздырады. Илемдеуді тік пішінбілігі бар екіпішінбілікті қапаста бастайды. Мұнда құймакесектің бүйір жағының конустылығын алып тастайды және отқабыршық қабатын сындырады. Ары қарай илемдеуді ретпен орналастырылған екі кері қайтымды төртпішінбілікті қапастарда іске асырады. Осы қапастардың жұмысшы пішінбіліктерінің диаметрі 1100 және 1000 мм тең (сәйкес жазылған), ал тіреуші пішінбіліктері 1800 мм тең болатын диаметрге иемденген. Әрбір қапас жетекті, қуатты 6920 кВт (қаралай өңдейтін) және 8840 кВт (тазалай өңдейтін) болатын екі қозғалтқыштан алады. Айтылған орнақтарда 6 м/с дейінгі илемдеу жылдамдығын қолданады. Екі төртпішінбілікті қапастарды қолдану, қаңылтырдың ені бойынша әртүрлі қалыңдықты жаншуға мүмкіндік береді. Қаралай өңдейтін төртпішінбілікті қапаста илемдегенде, керек болса құймакесекті немесе слябты 90^{o} бұрады, содан кейін енді үлкейту үшін керекті мөлшерге дейін көлденең өңдейді. Әрбір қапаста бірнеше өтіммен илемнің қалыңдығын берілген аяққы мәнге дейін азайтады. Бүйірлік жиекті тегіс етіп жасау үшін және ен бойынша қаңылтырдың дәлдігін қамтамсыз ету үшін қапасты әмбебапты қылып жасайды, яғни көлденең және тік пішінбіліктері бар қапас жасалынады.

Қапастар жоғарғы қысыммен (15 МПа) отқабыршықты қағатын гидроқағу құрылғысымен жабдықталған.



3.7-сурет. Ыстықтай илемдейтін үздіксіз кеңжолақты орнақтардың негізгі жабдықтарының орналасу сұлбасы

Қалыңдықтары 5...50 мм жететін қаңылтырлар илемделгеннен кейін, оларды аунақшалы шынықтыру машинасына шынықтыру немесе 550 ^{o}C температурасына дейін салқындату үшін жеткізеді. Бойлық және көлденең кесуді, сонымен бірге 12 м дейінгі өлшемді ұзындыққа кесуді көлбеқайшыда іске асырады. Тақталар илемдеуден кейін бәсең салқындататын, отпен кесетін, бөлмелік пеште термиялық өңдейтін және тазалайтын аралыққа арбамен тасымалданады. Қалың қаңылтыр бойынша орнақтың жылдық өнімділігі 1,8 млн. т жетеді.



3.8-сурет. Орнақтың 3600 жабдықтарының орналасу сұлбасы:
*1-9 – қалыңдығы 50...200 мм болатын тақтаны илемдеу және тазалай өңдеу үшін қолданылатын жабдықтар; 1 – қыздыру құдықтары; 2 – көлденең отқабыршықты сындырушы; 3 – манипулятор сызғышы; 4 – тік пішінбілігі бар екіпішінбілікті қапас; 5 – қаралай өңдейтін төртпішінбілікті қапас 3600; 6 – тақтаны түсіруші; 7 – көтеріп – түсіретін үстел; 8 – беруші арба; 9 – табаны шығатын бөлмелік пеш; 10 – 20 – қалыңдығы 5...50 мм болатын қаңылтырды илемдеу және тазалай өңдеу үшін қолданылатын жабдықтар; 10 – әдістемелік пеш; 11 – тазалай өңдейтін керіқайтымды төртпішінбілікті қапас 3600; 12 – аунақшалы шыныктыру машинасы; 13 – көлденең қиятын қайшы; 14 – түзету машинасы; 15 – суытқыш; 16 – салқындататын құрылғы; 17 – қаңылтырларды қалыптастыратын аунақшалы пештер; 18 – бүйірлік жиекті кесетін дискілі қайшылар; 19 – барабан типті жиек кесуші қайшылар; 20 – қаңылтырларды термиялық өңдейтін пеште*р

Қалыңдығы 1,2 мм-ден 16 мм-ге дейін және ені 2300 мм-ге дейін жететін ыстықтай илемделген қаңылтырлы болатты өндіру үшін үздіксіз кеңжолақты орнақты (ҮКЖО) қолданады. Бұл орнақтардың жылдық өнімділігі 3,5...6,0 млн. т. Осындай орнақтарда бастапқы дайындама ретінде массасы 20...45 т-ға жететін слябты қолданады. Осы слябтардың қалыңдығы 300 мм-ге, ал ені дайын қаңылтырдың еніне тең болады.

ҮКЖО көбінесе төменгі және орташа көміртекті болаттардан илем илемденеді. Бұл өнімді автомобиль саласында және өндірістің басқа салаларында тетіктер қалыптау үшін қолданады. Жағары пластикалық және жақсы қалыптану қасиеттерін қамтамасыз ету үшін ыстықтай илемделген қаңылтырлар ені және ұзындығы бойынша ең кішкентай әртүрлі

қалыңдыққа және белгілі бір механикалық қасиет пен микроқұрылымға (біркелкі және ірі емес феррит түйіршіктері және осы ферриттер алаңында біркелкі таралған ұсақ бөлшектерден тұратын карбидтер) иемдену қажет. Ыстықтай илемдеуді жүргізген кезде рекристаллизация процесі жүретін болғандықтан, керекті механикалық қасиет пен микроқұрылымды алу, илемдеудің аяққы температурасын (Ac_3 нүктесінен жоғары) және соңғы қапаста жаншудың мөлшерін дұрыс таңдаумен қамтамасыз етіледі. Жаншу мен температураның белгілі бір үйлесімінде ірі түйіршіктер пайда болатындығы болаттың рекристаллизация диаграммасынан көрініп тұр. Осы ірі түйіршіктер қаңылтырды қалыптаған кезде, оның бетінің кедір-бұдырлығын жоғарылатып «апельсинді қабат» ақауын, ал кейбір жағдайда жарылу бойынша ақауды пайда болғызады. Илемдеуді аяқтаудың төменгі температурасында бір мезгілде мынадай екі процестер қатар жүреді: аустениттің ферритке фазалық айналуы; деформацияланған ферриттің рекристаллизациясы. Мұндай жағдайда илемдеуден кейін металдың микроқұрылымы мөлшері бойынша біркелкі емес түйіршіктерден тұрады. Кейбір жағдайда, илемдеудің аяғынан салқындауға дейінгі уақыт рекристаллизация процесінің толық өтуіне жеткіліксіз болады. Мұндай жағдайда беріктенудің ізі қаңылтыр металында сақталып қалады және кейінірек қаңылтырдан тетікті қалыптағанда кермелеу операциясын біркелкі емес жүргізуге алып келеді.

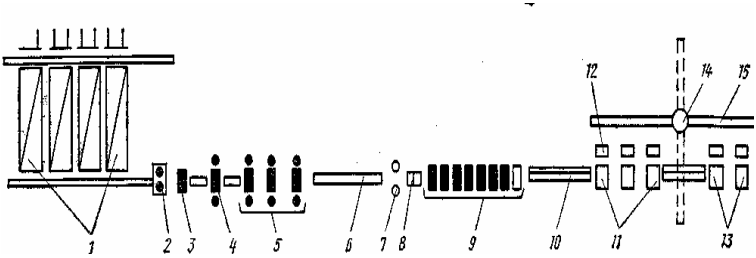
Илемделген қаңылтырды орамға ораған кездегі металдың температурасына да үлкен мәнді береді. Жоғары температурада орам оралып бәсең салқындатылатын болса, онда цементиттің ірі кірмелері бөлініп шығып, орам қаңылтырын қалыптаған кезде болат жарылуға бейімділік көрсетеді.

Жоғарыда қаралған ыстықтай илемделген қаңылтырдың сапасына қойылатын талап, технологиялық процестің түрін және илемдеу орнағының құрылымын алдын ала анықтайды. Қазіргі заманғы үздіксіз ыстықтай илемдейтін кең жолақты орнақтарда қапастардың мынадай 2 тобы бар: қаралай өңдейтін және үздіксіз тазалай өңдейтін. Төртпішінбілікті қапастарды қолдану жолақтың ені мен ұзындығы бойынша әртүрлі

қалыңдықты алуды едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Қаралай өңдейтін топта қойылған әмбебап қапастардың тік пішінбіліктері, илемдеген кезде дөңестікті пайда болғызбайды. Осының себебінен қаңылтырдың жиегі жарылмай жолақтың бүйірлік қырлары жаншылады. Тазалай өңдейтін топтан кейін еденнен төменгі деңгейде жолақты орамға орайтын тік орағыштарды орналастырады. Қаралай және тазалай өңдейтін топтардың, тағы да тазалай өңдейтін топ пен орағыш жабдығының араларына аралық және тасымалдаушы рольгангтар орналасқан. Осы рольгангтар жолақты тасымалдау үшін және илемдеу мен ораудың температуралық режімдерін реттеу үшін қолданылады. Егер жолақтың температурасы керектіден жоғары болса, онда оны ауа құрылғысымен немесе суының қысымы 1...1,2 МПа болатын сумен салқындататын құрылғымен жабдықталған рольгангта салқындатады. Стандарттың талабы бойынша қаңылтырдың беті тегіс, оның бетінде домалап кірген отқабыршық болмауы қажет. Осы мақсатпен қаралай және тазалай өңдейтін топтардың алдына отқабыршықты сындыратын деп аталатын арнайы қапастарды орнатады. Осы қапастарда салыстырмалы кішкентай жаншумен (10...12%) отқабыршық сындырылады, содан кейін 15 МПа қысымы бар сумен қағылады. Отқабыршықты гидросындыратын құрылғылар отқабыршық сындырғыш қапастардан кейін және қаралай өңдейтін қапастар арасына орналасқан.

Үздіксіз өңдейтін кең жолақты орнақ 2000 (3.9-сурет) қалыңдығы 1,2...12 мм болатын оралған қаңылтырлы болатты илемдеуге арналған. Қалыңдығы 300 мм-ге дейін, ал массасы 15...20 т болатын көміртекті және төменқоспаланған болаттардан жасалған құйылған немесе илемделген слябтарды төрт бесаймақты әдістемелік пештерде 1150...1280 ^{o}C температурасына дейін қыздырады. Қыздырылған сляб бір көлбеу екіпішінбілікті және төрт әмбебап төртпішінбілікті (диаметрлері 1180 (жұмысшы) және 1600 (тіреуші) мм болатын көлденең пішінбіліктерден және диаметрі 1000 мм болатын тік пішінбіліктерден құрастырылған) қапастардан тұратын қаралай өңдейтін топқа түседі. Осы қаралай өңдейтін топтың алдына тік отқабыршық сындырушы орнатылған. Орнақтың ерекшелігі болып үздіксіз өңдейтін топқа үш қаралай өңдейтін қапасты

біріктіру саналады. Осындай біріктіру орнақтың ұзындығын қысқарту және жылу жоғалтуды азайту есебінен илемдеудің температуралық режімін жақсартуға мүмкіндік берді.



3.9-сурет. Үздіксіз кеңжолақты орнақ 2000 жабдықтарының орналасу сұлбасы*:*

1 – қыздыру пештері; 2 – 5 – жұмысшы қаралай өңдейтін қапас; 2 – тік қаралай өңдейтін екіпішінбілікті қапас – отқабыршық сындырушы; 3 – екіпішінбілікті қапас; 4 – әмбебапты төртпішінбілікті қапас; 5 – әмбебапты төртпішінбілікті қапастардың үздіксіз үшқапасты тобы; 6 – аралық рольганг; 7 – ұшатын атанақты қайшы; 8 – тазалай өңдеу отқабыршық сындырушы; 9 – үздіксіз тазалай өңдейтін топ; 10 – тасымалдайтын себезгілеуші рольганг; 11 – қалыңдығы 1,2 – 4 мм болатын жолақ үшін ораушы; 12 – орамды аудару құрылғысы бар арба; 13 – қалыңдығы 4–16 мм болатын жолақ үшін орағыш; 14 – орам үшін бұрушы үстел; 15 – орамды тасымалдаушы

Үздіксіз тазалай өңдейтін топ жеті төртпішінбілікті қапастарды өзінің құрамына кіргізеді. Осы қапастарда қойылған жұмысшы пішінбіліктердің диаметрі 800 мм және тіреуші пішінбіліктердің диаметрі 1600 мм тең. Айтылған топқа сегізінші қапасты орнатуға мүмкіндік жасалған. Жолақтың әртүрлі қалыңдығын азайту үшін, соңғы үш қапаста гидравликалық құрылғының көмегімен жұмысшы пішінбіліктің иілуіне қарсы жұмыс істейтін жабдық орнатылған. Феррит түйіршігінің керекті өлшемдерін және оларды біркелкі болуын, болат таңбасына және қаңылтыр қалыңдығына байланысты илемдеудің аяққы температурасын 840...900 ^{o}C шегінде автоматты реттеумен қамтамасыз етеді. Осы тазалай өңдейтін топтың алдында екі атанақ типті ұшатын қайшылар орнатылған.

Айтылған қайшы ары қарай өңделетін жолақтың алдыңғы және артқы жақтарын кесуге арналған. Орнақтың барлық қапастарында жеке жетектер бар. Орнақтың ең соңғы тазалай өңдейтін қапасынан шыққан жолақ 500...600 ºС температурасына дейін себізгілеуші құрылғы көмегімен салқындатылады, ал содан кейін бес аунақша-атанақ орағышының біруінде орамға оралады. Илемделген жолақты суықтай илемдейтін цехқа немесе тазалай өңдеуге береді. Осы тазалай өңдеу мынаны қосады: орамды тарқату, көлденең кесу, қанылтырды қаттамға қаттау, бойлық кесу, уландыру, қалыптастыру немесе шынықтыру, түзету және басқа. Тазалай өңдеу арнайы үздіксіз тізбекте орындалады.

Технологиялық процесті бақылау және реттеу үшін орнақ күшті, температураны, керілуді өлшейтін және тіркейтін бергішпен, жолақтың қалыңдығы мен енін өлшейтін түйіспеусіз өлшегіштермен, тағы да бақылаушы әсерді өңдейтін орындаушы механизмдермен жабдықталған. Қыздыруды, тасымалдауды, температуралық және жаншу режімдерін реттейтін автоматтандырудың жергілікті жүйесі мен орталық басқарушы ЭЕМ-нің арасында шапшаң орындалатын байланыс қарастырылған. Орнақтың жылдық өнімділігі 6 млн. т.

Жоғары қоспаланған және қиын деформацияланатын болаттардан жасалатын түржиыны көп ыстықтай илемделген қаңылтырды өндірген кезде жартылайүздіксіз жұмыс істейтін қаңылтырлы орнақты қолданады. Осы орнақтарда қаралай өңдейтін топтың орнына екіпішінбілікті кері қайтымды қаралай өңдейтін қапас және әмбебап төртпішінбілікті қапас қолданылады. Кері қайтымды қапастың бар болуы, илемделетін металдың физика-химиялық қасиетіне байланысты жаншуды және өтім санын таңдауға мүмкіндік береді. Мұндай орнақтардың жылдық өнімділігі 1,5...2 млн. т.

Суықтай илемделген қаңылтырлы болатты өндіру. Суықтай илемденетін орнақта қалыңдығы 0,2-ден 5 мм-ге дейін, ал ені 200 мм-ден 2300 мм-ге дейін өзгеретін қаңылтырлы болатты өндіреді. Суықтай илемденетін орнақ өнімінің едәуір бөлімін құрылымдық жұқа қаңылтырлы көміртекті болат алады. Осы болаттар сапалы және әдеттегі сапалы болып бөлініп, қалыңдығы 0,5 мм-ден 5 мм-ге дейін және ені 500-ден 2300 мм-ге

дейін өзгеретін күрделі және аса күрделі тетіктерді суықтай қалыптау үшін қолданылады. Суықтай илемдеумен жалпы белгіленетін төменгі қоспаланған және қоспаланған болаттардан жасалған, қалыңдығы 0,005 тен 0,5 мм-ге дейін өзгеретін қаңылтыр, анизотропты (трансформаторлы) және изотропты электртехникалық болаттардан жасалған, қалыңдығы 0,1...0,5 мм болатын қаңылтыр және металл өнімнің басқа түрлерін өндіреді. Суықтай илемделген болат, ұзындығы 1...6 м болатын қаңылтыр немесе орам түрінде сатылады.

Суықтай илемдеу үшін бастапқы материал ретінде, қалыңдығы 2,0...5,0 мм болатын ыстықтай илемделген болат қолданылады. Осы болаттар ыстықтай илемденетін орнақтан орам болып келеді. Суықтай илемденген болатты өндіру бірнеше негізгі процестен тұрады.

Илемдеуге бастапқы материалды дайындауды үздіксіз улау агрегатында орындайды. Осы агрегатта орамды тарқатады, жолақты түзетеді және орамдардың шет жақтарын бір-біріне пісіріп қосады. Үздіксіз улау агрегатында өңдеудің негізгі мақсаты, ол ыстықтай илемделген қаңылтырдың бетін отқабыршықтан тазалау. Аунақшалар айналасында жолақты июмен өңдеп және ширықтыру орнағында 3...8 % жаншумен илемдеп отқабыршықты сындырады, ал содан кейін күкірт немесе тұз қышқылында химиялық немесе электрхимиялық уландырумен өңдеп осы отқабыршықты кетіреді. Соңғы жылдары бытыралақтыру қондырғысымен отқабыршықты механикалық кетіруді көп қолданатын болды. Агрегат тізбегінде жолақтың түзу емес бүйірлік жиектерін қиатын дискілі қайшылар орнатады. Осыдан кейін жолақты майлайды, одан кейін көлбеу қайшымен жолақтағы пісірілген жікті қиып алып, оны массасы 50 т дейін болатын орамға орайды. Керек болған жағдайда жолақты термиялық өңдейтін өтпелі пешті агрегатта орнатады. Барлық суықтай илемделген металдың 90 % төрт және бес қапасты үздіксіз орнақтарда илемдейді. Осы орнақтар июші жабдығы бар тарқатқышпен және түзетіп беретін аунақшалармен, төртпішінбілікті жұмысшы қапастармен (пішінбіліктердің бөшкесінің ені 1200...2500 мм) және ораушымен жабдықталған. Әрбір қапастың жұмысшы

пішінбіліктерінде бәсендеткіш арқылы тұрақты токпен жұмыс істейтін жеке жетек бар.

Суықтай илемдеген кезде пішінбілікке түсетін металдың қысымы, кішікентай диаметрі бар жұмысшы пішінбілікті, алдыңғы және артқы керілуді, тағы да майлап-салқындататын сұйық пен технологиялық майды қолданудың арқасында азаяды. Майды қолданып илемдеу пішінбіліктердің иілуін және серпімді деформациясын азайтады. Осы үлкен жаншуды қолдануға мүмкіндік береді. Осымен бірге, илемдегенде майды қолдану энергия мен пішінбіліктің шығынын азайтады, әртүрлі қалыңдықты азайту және металдың пішінбілікке жабысуын жою есебінен қаңылтырдың сапасын жоғарылатады. Сонымен бірге май пішінбілікті салқындатады. Суықтай илемдеген кезде сумай эмульсиясын қолданады. Осы эмульсияның құрамына мыналар кіреді: эмульсол (құрамына 40 % дейін пальмалы май және басқа типті майлайтын-белсенді сыңарлар кіреді); эмульгаторлар (натридің сульфанаты, майлы қышқылдың сабыны); майлау қасиетін жоғарылататын қосымдар (мал майлары).

Әртүрлі қалыңдықты жерлері аз жұқа жолақтарды жасау үшін қапастың қатаңдығы мен илемдеу процесінің тұрақтылығына ерекше үлкен орынды береді. Суықтай илемделген жолақтың ені бойынша қалыңдықтың әртүрлі болуына мыналар себеп болады: пішінбіліктің иілуінің өзгеруі; пішінбілік бөшкесінің ұзындығы бойынша тозудың және температуралық кеңеюдің пайда болуы; жанасу кернеуінің мөлшері; пішінбіліктің серпімді берілісіне әсер ететін факторлардың (бастапқы дайындама қалыңдығының әртүрлі болуы, керілу, майды беру, т. б.) жолақтың ені бойынша өзгеруі.

Жолақтың ені бойынша әртүрлі қалыңдықты азайту үшін пішінбілікті ажарлап өңдегенде пішіндейді, пішінбіліктің ұзындығы бойынша эмульсияны берудің қарқындылығын реттейді (пішінбілікті жылумен пішіндеу) және илемдеу жүріп жатқан кезде гидромеханикалық құрылғының көмегімен жұмысшы және тіреуші пішінбіліктерді күшпен иеді. Иілуге қарсы жұмсалатын ең үлкен күш илемдеу күшінің 30 % аспайды.

Жолақтың ұзындығы бойымен қалыңдықтың әртүрлі болуы бастапқы дайындама қалыңдығының әртүрлі болуымен, үйкеліс

коэффициенті және керілудің өзгеруімен байланысты. Сұйық майды қолдана отырып илемдеу жылдамдығын үлкейткен кезде үйкеліс коэффициенті едәуір азаяды, ал илемдеуді тежеген кезде айтылған үйкеліс коэффициентті көбейеді, яғни үйкеліс коэффициентті жылдамдық режімінен тәуелді болады.

Деформацияның режімдері қаңылтырлы болаттың механикалық қасиетіне және құрылымына едуір әсер көрсетеді. Суықтай илемдеу процесінде илемдеу бағытының бойымен түйіршіктердің ұсақталуы және созылуы жүреді. Егер жалпы жаншу 45...50 % кіші болмаса, онда кейінірек жүргізілетін рекристаллизациялық босаңдату қақталуды жойып, керекті механикалық қасиетті және тең осьті құрылымды алуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта қолданып жүрген орнақтарда жалпы жаншу 70...80 % жетеді. Осы босаңдату температурасын төмендетуге мүмкіндік береді. Үздіксіз орнақтың қапастарына жалпы жаншуды таратқан кезде барлық қапастың қозғалтқыштарына біркелкі күшті түсіруге және жабдықтардың беріктіктік мүмкіндіктерін ең жоғары етіп пайдалануға тырысады. Илемдеудің дәлдігін үлкейту үшін соңғы қапастағы жаншуды 10...20 % дейін азайтады.

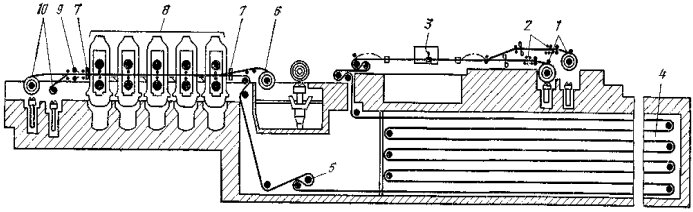
Суықтай илемдейтін үздіксіз орнақтың жылдамдық режімімен, орамды илемдеуді бастағанда илемдеу жылдамдығын едәуір азайту қарастырылған. Өйткені орамның алдыңғы жағын қапастардың барлық пішінбіліктері арқылы өткізіп орағыш атанағына бағыттау қажет. Содан кейін илемдеу жылдамдығын жұмысшы жылдамдыққа дейін жоғарылатып, пішінбіліктер арқылы орамның артқы жағы өткен кезде қайта азайту қарастырылған. Кейбір орнақтарда пішінбіліктер арқылы пісірілген жік өткен кезде жылдамдықты азайту қолданылады. Жолақтың көптеген бөлімін өзгермелі жылдамдықпен илемдейтін болғандықтан үйкеліс жағдайы, күш, қапас элементінің серпімді деформациясы уақытпен өзгеріп отырады. Осы жолақтың ұзындығы бойынша қалыңдықтың өзгеруіне алып келеді.

Жолақтың қалыңдығын илемдеу уақытында реттеу үшін, жұқа қаңылтырлы орнақты қалыңдықты автоматты реттейтін жүйемен (ҚАРЖ) жабдықтайды. Жүйе ЭЕМ жабдықталған. Осы

ЭЕМ өлшейтін аспаптың мәліметін (жолақ қалыңдығының өзгеруін, илемдеу күшін, қозғалтқыштың жүктелуін, т. б.) өңдейді және орнақтың әрбір қапасындағы илемдеу жылдамдығын, жаншу мөлшерін есептейді. Шексіз илемдеу орнағын қолданып жолақтың сапасын едәуір жақсарту болады (3.10-сурет). Осы орнақта орнақ алдындағы ағымда илемдеуге дайындалған орамдардың шет жақтары пісіріп қосылады. Нәтижесінде орамның алдыңғы жағын қондыру операциясының уақыты қысқарады, ал илемдеу жылдамдығы пішінбіліктер арқылы тек пісірілген жік өткен кезде ғана азаяды. Осыған сәйкес орнақтың өнімділігі жоғарылайды. Процесс үздіксіз болуы үшін орнақ тұзақтық жинақтауышпен қамтамасыз етіледі. Орнақтан жолақ шығатын жақта, осы жолақты ұштатын қайшымен кеседі және орамға орайды. Суықтай шексіз илемдейтін бесқапасты орнақ 2030 жылға 2,5 млн. т суықтай илемделген жұқа қаңылтырды өндіре алады. Осы қаңылтырдың қалыңдығы 0,4...2 мм, ені 1800 мм тең. Бөшкесінің ұзындығы кішкентай (1400 мм) бес және алты қапастары бар үздіксіз орнақтарды жесті илемдеу үшін қолданады.

Қаңылтырды суықтай илемдеу үшін үздіксіз орнақтармен бірге бірқапасты кері қайтымды орнақтарды қолданады. Осы орнақтарды түржиыны әртүрлі (қалыңдығы, ені, таңбасы, т. б. бойынша) орамдарды илемдеу үшін пайдаланады. Осындайда жұқа (қалыңдығы 0,1...0,3 мм) және өте жұқа (қалыңдығы 2 мкм) жолақтарды жиырмапішінбілікті бір қапасты орнақта илемдейді. Кері қайтымды орнақтарда илемдеуді бірнеше өтіммен жүргізеді. Сондықтан қапастың екі жағына да атанақты орауышты орнатады.

Суықтай илемдеуден кейін рекристаллизациялық босаңдатуды қорғау атмосферасы бар құндақты қалпақты пеште жүргізеді. Соңғы уақыттарда осы босаңдатуды мұнара типті үздіксіз пеште жүргізетін болды. Соңғы пеш босаңдату процесін едәуір тездетіп, дайын жолақтың сапасын жақсартады. Өйткені жолақтың ені мен ұзындығы бойынша механикалық қасиет біркелкі болып таралады және жолақтың толқындығы пен шалыстығы азаяды.



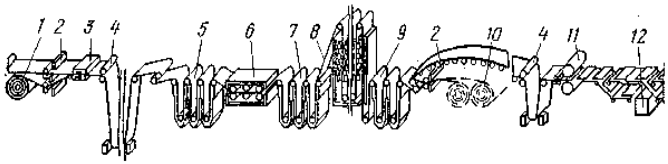
3.10-сурет. Шексіз илемдейтін үздіксіз бесқапасты қаңылтыр орнағы 2030: *1 – тарқатушы тобы; 2 – тартатын және түзететін аунақшалар; 3 – пісіретін машина; 4 – төрт тұзақтық арбасы бар жолақты жинақтаушы; 5 – керілу аунақшалары; 6 – жеке орамдарды илемдейтін кіруші бөлім; 7 – қалыңдықты өлшейтін қондырғы; 8 – бесқапасты үздіксіз топ; 9 – ротациялық қайшы; 10 – ораушы топ*

Төменгі көміртекті болатты босаңдатқан кезде, тең осьті ферриттік түйіршігі және біркелкі таралған сфералы ұсақ цементит бөлшектері бар құрылымды 540...560 ^{o}C температурасында алады. Бірақ та осындай температурада рекристаллизация толық 2 сағ ішінде өтеді. Суықтай илемдеудің тура осындай дәрежесінде және 700 ^{o}C температурасында рекристаллизация 5 мин ішінде бітеді. Сондықтан тәжірибеде құндақты пештегі босаңдату температурасын 680...700 ^{o}C температура аралығына сәйкес келетін етіп орнатады. Босаңдатудың ұзақтылығы 6...8 сағ. Үздіксіз пештердің қыздыру бөлмешегінде жолақты 700...730 ^{o}C температурасына дейін қыздырады.

Босаңдатудан кейін қолданылатын технологиялық операция болып ширақтыру саналады, яғни майды қолданбай 0,5...3 % жаншып суықтай илемдеу. Ширақтырудың мақсаты – қаңылтырды суықтай қалыптаған кезде дөрекі сырғу жолақтарын пайда болғызбайтын етіп қаңылтырды түзету, тегістеу және беттік беріктендіру. Ширақтыруды өткізу үшін жұмысшы пішінбіліктерінің диаметрі 500 мм тең болатын арнайы орнақтарды цехқа орнатады. Қалыңдығы 0,1...0,5 мм болатын жолақ үшін үздіксіз екіқапасты орнақты, ал қалыңдығы салыстырмалы үлкен жолақ үшін бірқапасты орнақты қолданады. Ширақтыруды босаңдатудан кейін бір немесе бірнеше өтіммен іске асырады.

Суықтай илемделген қаңылтырларды әртүрлі пластмассалар, лактар, қалайы (электролиттік қалайылау), мырыш, алюминий, хроммен қаптауды үздіксіз әсер ететін өнімділігі жоғары арнайы қондырғыларда іске асырады (3.11-сурет). Қаңылтырлар қаптаудың түріне байланысты жоғары жегіделік тұрақтыққа, электроқшаулағыш қасиетке, жақсы сыртқы түрге иемденген. Сондықтан олар өндірісте және күнделікті жағдайда кеңінен қолданылады.

Илемделген қаңылтырды таза өңдеуді және кесуді, бойлық және көлденең кесу жабдықтары бар арнайы агрегатта орындайды. Суық орамдарды тарқатады, бүйірлік жиектерін дискілі қайшылармен кеседі, содан кейін жолақты түзетеді және ұшатын қайшымен өлшемді ұзындыққа кеседі. Жолақты майлаудан және ақауға бақылаудан кейін дестелейді және байлайды.



3.11-сурет. Үздіксіз электролиттік қалайылау агрегатының сұлбасы:
1 – таратқыштар; 2 – көлбеу қайшылар; 3 – пісіру машинасы; 4 – беретін аунақшалар; 5 – электрлиттік майсыздандыру шомылығы; 6 – уландыратын және жуатын шомылықтар; 7 – жолақты қалайымен электролиттік қаптайтын шомылық; 8 – кептіретін бөлмешік; 9 – пассивтендіретін бөлмешік; 10 – ораушылар; 11 – ұшатын қайшы; 12 – қаңылтырқаттағыш

3.3. Сортилемдеу өндірісі. Сортты пішіндерді өндіру. Рельс пен арқалықты өндіру

Сортты пішіндерді өндіру. Өлшемдеріне байланысты сортты пішіндер былай бөлінеді: ірі сорт; орташа сорт; ұсақ сорт; сымтемір. Қазіргі заманғы орнақтар пішінөлшемдердің белгілі бір тобын өндіріп шығаруға арналған. Осы үлкен өнімділікпен өңдеуге мүмкіндік береді және стандартқа сай сапа талабын қамтамасыз етеді. Осындай себептер көптеген жағдайда

орнақтардың өлшемдерін, олардың құрылымын және жабдықтардың орналасу ретін анықтайды. Орнақтар былай бөлінеді: ірі сортты орнақтар; орташа сортты орнақтар; ұсақ сортты орнақтар; сым орнақтары. Осымен бірге арнайы белгіленуі бар орнақтар да қолданылады (рельсарқалық, штрипс, жолақ илемдейтін орнақтар).

Сортты орнақтардың көпшілігі жуықты түрде бірдей болатын мынадай технологиялық циклге иемденген: қыздыру; илемдеу; салқындату; өлшемді ұзындыққа кесу; таңбалау және жинау.

Ірі сортты орнақтарда диаметрі немесе квадратының қабырғасы 80...300 мм болатын дөңгелек және квадратты пішіндерді, және № 12...24 арқалық пен швеллерді илемдейді. Қазіргі уақытта ірі сортты илемдерді негізінен үздіксіз және жартылай үздіксіз орнақтарда жасайды.

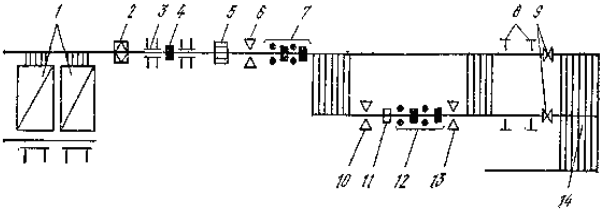
Жартылай үздіксіз орнақ 600 көлденең қимасы 300×300 мм болатын блюмдерден 10 м/с жылдамдықпен дөңгелек пішіндерді (диаметрлері 50...120 мм), рельстерді (бір метрінің массасы 24 кг дейін), биіктігі 100...200 мм болатын арқалықтарды және басқа пішіндерді илемдеу үшін қолданылады. Орнақтың өнімділігі жылына 1,6 млн. т. Блюмдерді төменгі жақтан қыздыратын үш бесаймақты екіқатарлы әдістемелік пеште қыздырады. Содан кейін жеке жетектері бар 17 қапасты орнақта илемдейді. Қапастар шлепперлермен қосылған үш параллельді тізбекте орналасқан. Орнақтан шығатын илемді ыстықтай кесетін 10 арамен кеседі. Осы илемдеудің жоғарғы ырғағын қамтамасыз етеді. Кесілгеннен кейін металл рельстерді бұру үшін арнайы аударушымен жабдықталған суытқышқа түседі, ал содан кейін таза өңдейтін үш бөлімнің (рельстер үшін, сортты илем үшін және ірі пішіндер үшін) біреуіне түседі.

Ең қазіргі заманғы болып дайындаушы-ірісортты орнақ 700 саналады. Осы орнақ қоспаланған болаттардан диаметрі 80...180 мм болатын дөңгелек пішіндерді, құбырлық дайындамаларды, өлшемі 70...110 мм болатын квадратты дайындамаларды илемдеу үшін арналған. Орнақтың жылдық өнімділігі 2,3 млн. т (3.12-сурет). Көлденең қимасы 300×360 мм, ал ұзындығы 6...12 м болатын үздіксіз құйылған блюмді қадамды арқалығы бар үш әдістемелік пеште 1200...1250 ^{o}C температурасына дейін қыздырады. Содан кейін блюмдегі отқабыршықты гидроқағумен

жойып, жаншитын екіпішінбілікті кері қайтымды қапас 950-дің жәшіктік мөлшерлегішінде илемдейді. Күші 8 МН болатын қайшыда илемнің алдыңғы жағын кеседі және керекті жағдайда отпен тазалайтын машинада өңдейді, ал содан кейін жартылай өнімді бірінші үздіксіз өңдейтін топта илемдейді. Осы топта диаметрі 100...180 мм болатын дөңгелек пішінді алады, ал тым кішірек пішінді алу үшін илемдеуді екінші үздіксіз топта жалғастырады. Үздіксіз топта сопақ – дөңгелек созатын мөлшерлеу жүйесін қолданады. Диаметрі 700 мм-ге тең пішінбілігі бар кезектесіп орналасқан тік және көлденең қапастар жеке жетекті қуаты 1350 кВт тең болатын қозғалтқыштан алады. Осы қапастарда арнайы қатаң құрылымы бар тұғырлар орнатылған. Пішінбіліктерді ауыстыруды 5 мин ішінде қапастарды ауыстыру жолымен тез жүргізеді. Қапастардың әрбір тобында тасымалдаушы рольгангтер орнатылған. Осы рольгангтерде илемді 9...15 м ұзындыққа ыстықтай кесетін стационарлы және қозғалмалы аралар қойылған.

Кесуден кейін металл босаңдату пешіне немесе тікелей тоңазытқышқа түседі. Осы тоңазытқышта металл 80 ^{o}C температурасына дейін салқындатылады. Содан кейін аралық қоймаға беріледі. Таза өңдеу бөліміндегі ағым тізбегінде илемді мынадай өңдеулерге түсіреді: бытыралақтырып отқабыршықтан тазалау, түзету, бақылау, беттік ақаулардан тазалау, өлшемді ұзындыққа кесу, таңба басу, өлшеу, орау, дестеге байлау. Бетінің сапасы, дәлдігі аса жоғары болатын дөңгелек пішінді алу үшін металдың біраз бөлімін жону білдегінде өңдейді. Орнақтың ерекшелігі болып мыналар саналады: жаншу қапасында ЭЕМ көмегімен илемдеуді автоматтандыру; технологиялық ағымда беттің сапасын, илемнің дәлдігін автоматты бақылау; механизациялау дәрежесінің жоғары болуы; тазалай өңдеу операциясының ағындылығы.

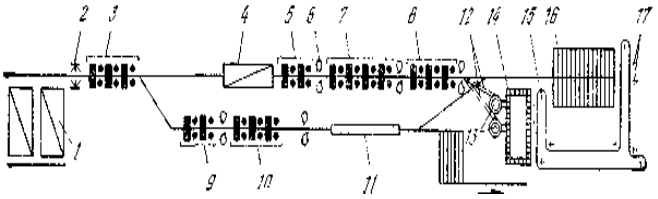
Орташа сортты орнақтарда өлшемдері 30...80 мм болатын дөңгелек және квадратты пішіндерді, екітаврлы, швеллерлі, жолақтық және басқа фасонды профильдерді илемдейді. Орташасорты орнақтар пішінбіліктерінің диаметрі 300...600 мм тең. Кейбірде осы топтардың орнақтарын (кең таралған болғандықтан) ұсақсортты-орташасортты және орташасортты-арқалықты деп қосымша бөледі.



3.12-сурет. Дайындаушы-ірісортты орнақ 700 жабдықтарының орналасу сұлбасы: *1 – қыздыру пештері; 2 – отқабыршықты гидроқағатын қондырғы; 3 – манипуляторлар мен аударғыштар; 4 – жаншитын кері қайтымды қапас 1000; 5 – отпен тазалайтын машина; 6 – ыстықтай кесетін стационарлы қайшы; 7 – қапастардың бірінші тобы; 8 – ыстықтай кесетін аралар; 9 – таңба басатын машина; 10 – маятникті қайшы; 11 – аударғыш; 12 – қапастардың екінші тобы; 13 – қосиінді қайшылар; 14 – бөлімдерден бөлімдерге және тоңазытқыштарға металды беретін шлеппер*

Жаңа үздіксіз ұсақсортты-орташасортты орнақ 350 қоспаланған болаттардан дөңгелек (12...75 мм), квадратты, алтықырлы және жолақтық (ені 120 мм дейін) профильдерді (жылына 1 млн. т дейін) өндіруге арналған (3.13-сурет). Дайын илемді шыбық және орам (диаметрі 40 мм дейін) түрінде өндіреді. Көлденең қимасы 170×170 мм, ұзындығы 9...11 м, ал массасы 2,45 т болатын квадратты дайындаманы қадамды табаны бар екі пеште қыздырады. Алтықапасты қаралай өңдейтін топ 630-дан кейін илемдеудің маршруты екі жіпке айырылады. Ұсақ сортты (12...32 мм) илемдеу үшін илемделетін дайындама аунақшалы өтпелі пешке түседі, ал содан кейін бірінші аралық төртқапасты топ 500-ді, екінші аралық сегізқапасты топ 400-ді және тазалай өңдейтін алтықапасты топ 350-ді илемденеді. Илемдеу жылдамдығы 20 м/с дейін өседі. Орташа сорт (34...75 мм) параллельді тізбекті илемденеді. Осы тізбек қапастардың мынадай екі тобын өзінің құрамына қосады: аралық 500 және тазалай өңдейтін 350. Мұнда илемдеу жылдамдығы 8 м/с аспайды. Қапастардың орналасуы бір мезгілде екі тізбекпен илемдеуді (жартылайжіпті илемдеу) жүргізуге және тізбектердің біреуіндегі қапастарды қайта пішінбіліктеп профильден профильге тоқтаусыз ауысуды іске асыруға мүмкіндік береді. Әрбір тізбекте илемделгеннен кейін

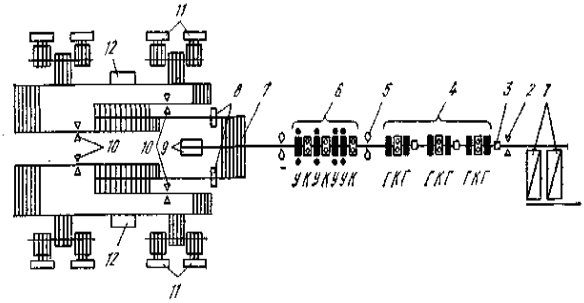
металл, немесе тоңазытқышқа (бір мезгілде әртүрлі жаққа), немесе ағымды термиялық өңдейтін пештерге түсуі мүмкін. Ұсақ сортты тізбектен металды кейінірек ілгекті конвейерде салқындатын етіп тағы да орағышқа беруге болады. Жартылайжіпті илемдеу орнақ өнімділігін 1,5 есе үлкейтуге және меншікті капиталдық салымды 35 % азайтуға мүмкіндік береді.



3.13-сурет. Үздіксіз ұсақсортты-орташасортты орнақ 350 жабдықтарының орналасу сұлбасы: *1 – қыздыратын пеш; 2 – отқабыршықты гидроқағатын қондырғы; 3 – қапастардың қаралай тобы; 4 – өтпелі қыздыратын пеш; 5 – бірінші аралық ұсақ сортты қапастар тобы; 6 – ұшатын қайшы; 7 – екінші аралық қапастар тобы; 8 – тазалай өңдейтін ұсақ сортты қапастар тобы; 9 – аралық орташа сортты қапастар тобы; 10 – тазалай өңдейтін орташа сортты қапастар тобы; 11,12 – екі сатылы салқындату қондырғысы; 13 – орағыштар; 14 – тасымалдаушы; 15 – ілгекті конвейер; 16 – тоңазытқыш; 17 – орамдарды жинайтын қондырғы*

Үздіксіз орташасортты-арқалықты орнақ 450 (3.14-сурет) көміртекті және азқоспаланған болаттан жасалатын жеңілдетілген жұқақабырғалы екітаврлы арқалықтарды, еңкейген және параллельді сөрелері бар, ал қабырғасының биіктігі 160...300 мм (стандартта № 16...30 белгілеулері қолданылады) болатын швеллерді, № 6...12 бұрыштық профильдерді, диаметрі 30...60 мм тең дөңгелек профильдерді, эквивалентті қимасы бар квадратты және алтықырлы профильдерді илемдеу үшін қолданылады. Орнақтың өнімділігі жылына 1,5 млн. т. Көлденең қимасы 150×150 мм-ден 200×200 мм-ге дейін өзгеретін, ұзындығы 12 м, ал массасы 4,7 т дейін болатын дайындамаларды 1150...1220 ^{o}C температурасына дейін қадамды табаны бар пештерде қыздырады. Өлшемдері 630×1000 мм тең болатын пішінбіліктері бар қаралай

өңдейтін топ үш үздіксіз топта орналасқан. Орнақ құрылымының ерекшелігі болып құрастырылған қапастарды қолдану саналады. Осы қапастар орнатылуына байланысты пішінбіліктері көлбеу орналасқан немесе пішінбіліктері тік орналасқан болып жұмыс істей алады. Әрбір қаралай өңдейтін топтың екінші қапасы құрастырылған. Сондықтан сортты профильдерді созатын жүйеде жасаған кезде көлбеу және тік қапастар кезектесіп орналасуы мүмкін. Бұлай орналасу созатын жүйеде аударуды қолданбауға және фасонды профилді көлбеу қапаста жасаған кезде ернемекті ауыстыру үшін мөлшерлегішті 180° аударуға мүмкіндік береді. Өнделіп жатқан дайындаманы 90 және 45° аудару үшін әрбір топтың алдында аударушы орнатылған.



3.14-сурет. Үздіксіз орташасортты орнақ 450 жабдықтарының орналасу сұлбасы: *1 – қыздыру пеші; 2 – ыстықтай кесетін қайшылар; 3 – аударғыш; 4 – қапастардың қаралай тобы; 5 – ұшатын қайшы; 6 – қапастардың тазалай тобы; 7 – тоңазытқыш; 8 – түзеткіш машина; 9 – қалталар; 10 – суықтай кесетін қайшылар; 11 – тоқитын машина; 12 – дайын профильдер үшін қалталар; К – құрастырылған қапас (пішінбіліктері көлденең орналасқанда да, тікорналасқанда да жұмыс істей алатын қапас); У – әмбебап қапас (пішінбіліктері бір мезгілде көлденең және тік орналасатын қапас); Г – көлденең қапастар*

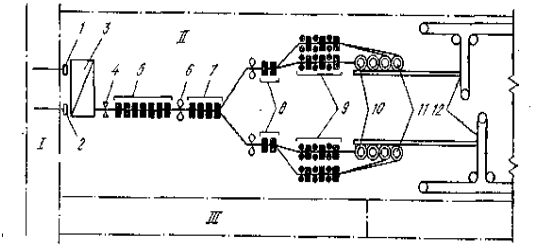
Тазалай өңдейтін топ өлшемдері 530×630 және 480×600 мм болатын пішінбіліктері бар жеті құрастырылған қапастан тұрады. Осы қапастардың төртеуі, сонымен бірге тазадай өңдейтін, пішінбіліктерінің диаметрі 900 (*көлденең*) және 700 (*тік*) мм болатын құрастырылған қапастармен ауыстырылуы мүмкін. Соңғы қапаста илемдеу жылдамдығы 15 м/с тең. Ақырғы қапастан кейін,

тоңазытқыштың ұзындығына сәйкес ұзындыққа илемді кесу үшін, күші 0,63 МН болатын ұшқыш қайшы орнатылған. Тоңзатқыш екі жақты. Екінші жағына профильді жаншымай өлшемді ұзындыққа айтылған фасонды илемді кесу үшін қайшы-қалып орнатылған. Ұсақ сортты болатты (өлшемдері 8...30 мм болатын дөңгелек және квадратты профилдер, ұсақ бұрыштық жолақ, арматуралық болат, кейбір фасонды профильдер) және жәмішсымды (диаметрі 5...11 мм болатын оралған дөңгелек болат) осы уақытқа дейін толық үздіксіз ұсақсортты және сымтемірлік орнақ 250-де өндіріп шығарды.

Ұсақсортты орнақ 250 қапастардың екі тобынан тұрады. Жеті екіпішінбілікті қапастар кіретін қаралай өңдейтін топта, бір мезгілде өлшемі 80×80×120 мм болатын екі дайындаманы илемденеді (екі жіппен илемдеу). Тазалай өңдейтін топ екі тізбекке бөлінген. Осы тізбектердің әрқайсысы тік және көлденең орналасқан пішінбіліктері бар сегіз қапастан тұрады. Тазалай өңдейтін топта илемдеуді бір жіппен жүргізеді. Илемдеуден кейін илем орамға орау үшін не орағышқа, не тура тоңазытқышқа түседі, ал содан кейін кесу қайшысында кесіледі. Оралған орам кейінірек ілгекті конвейерде салқындатылады. Түржиынына байланысты орнақ 250-дің жылдық өнімділігі 550...700 мың т. Пайда болатын ақау 0,3 % тең. Қосынды шығын коэффициенті – 1,035...1,04.

Үздіксіз сымтемірлі орнақ 250 (3.15-сурет) көлденең қимасы 80×80 мм, ұзындығы 12 м және массасы 600 кг болатын дайындамадан өлшемі 5...10 мм тең жәмішсымды илемдейді. Қаралай өңдейтін 450 және бірінші аралық 320 топтарында илемдеуді төрт жіппен, екінші аралық 320 тобында екі жіппен, ал тазалай өңдейтін 250 тобында бір жіппен жүргізеді. Тазалай өңдейтін топта илемдеу жылдамдығын 40 м/с дейін өсіреді. Едәуір бұралу тербелісі пайда болатындықтан осы жылдамдықты ары қарай үлкейту мүмкін емес. Әрбір тазалай өңдейтін топтан кейін жәмішсымды орамға орауға арналған қозғалмайтын атанағы бар екі орағыш орнатылған. Осы оралған орамдар кейінірек ілгекті конвейерде салқындатылады. Осындай орнақтардың өнімділігі жылына 800 мың т дейін жетеді. Бірақ та жәмішсымдардың сапасы мынадай себептермен төмен: жәмішсым ұзындығы бойынша қасиеттің біркелкі

болмауы (орамда шетте және іште орналасқан айналымдардың салқындату жағдайы әртүрлі болуы себебінен); отқабыршық қабатының едәуір болуы (орамның ішкі айналымдарының ұзақ уақыт салқындауы себебінен); төртжіпті илемдеген кезде илем дәлдігінің төмен болуы.



3.15-сурет. Үздіксіз сымтемірлі орнақ 250 жабдықтарының орналасу сұлбасы:
I – дайындама қоймасы; II – орнақ аралығы; III – электрмашина бөлмесі; 1 – итергіш; 2 – шығарғыш; 3 – қыздыру пеші, 4 – қайшы; 5 – бірінші топтың қаралай қапастары; 6 – илемнің шеткі жағын кесуге арналған ұшатын қайшылар; 7 – екінші топтың қаралай қапастары; 8 – тазалай өңдеу алдындағы қапастар; 9 – қапастардың тазалай өңдейтін топтары; 10 – қозғалмайтын атанағы бар орағыштар; 11 – муфельді тасымалдауыш; 12 – ілгегі бар конвейер

Ұсақсортты-сымтемірлі орнақтардың қазіргі заманғы даму тенденциясы илемнің сапасына қойылатын талаптың өсуімен және агрегаттардың өнімділігін жоғарылатуға ұмтылуымен анықталады. Илемнің дәлдігін жоғарлатуды, технологиялық параметрдің байқаусыз тербелісінің көзі болып саналатын илемнің керілумен деформациялауын жойып, керілусіз илемдеумен жетуге болады деп саналады. Көпжіппен илемдеген кезде жәмішсымдардың алдынғы және артқы жақтарының қапасқа кіруі және одан шығуы әртүрлі уақытпен жүретін болатындықтан толық күш өзгереді және осыған сәйкес қапас элементінің серпімді деформациясы да өзгереді. Осы себептен жолақтың ұзындығы бойынша профильдің тік өлшемдері тербелмелі мәнді алады. Осымен бірге, біржіппем илемдеген кезде тік және көлденең қапастарды қолдана отырып

жәмішсымды аудармауға мүмкіндік пайда болады. Пішінбілік алдындағы арматураны жеңілдету осындай ақаулардың (сызықіз, тырнақіз және т.б.) пайда болу мүмкіндігін азайтады. Дайындаманың қимасы мен массасын едәуір үлкейту, тек қана илемдеу орнағының өнімділігін жоғарылатып қоймай, тағы да жалпы созылуды үлкейту жолымен илемнің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Демек дайындама ақауларын домалатып шығаруға мүмкіндік жасалады. Оралған болатты таза өңдеу қиын екендігін ескеріп, қазіргі заманғы орнақтар дайындаманың сапасын бақылайтын және оны таза өңдейтін арнайы бөлімді өзінің құрамына кіргізеді.

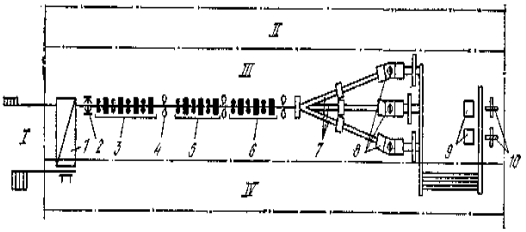
Қазіргі заманғы орнақтардың технологиялық процесін автоматты басқару жүйесімен жабдықтау, технологиялық ағымда илем бетінің сапасын және тазалай өңдейтін қапастан кейін профильдің дәлдігін автоматты бақылауды іске асыруға мүмкіндік берді. Осылай бақылауды жасау, кеінірек қайталап бақылау жасау үшін илемді сұрыптауға және ағымнан тыс жақтағы таза өңдеу бөлімінде илемді тазалауға мүмкіндік жасады.

Илемнің дәлдігін жоғарылату сұрағының өте маңызды шешімі болып илемнің өлшемдерін автоматты реттейтін жүйені (ИӨАРЖ) еңгізу саналады. Бір профильден екінші профильге ауысқан кезде өндірістік тоқтауды едәуір азайтуды, орнақтан тыс арнайы аралықта қайта пішінбіліктеуді және жұмысшы қапас пен пішінбіліктік арматураны баптауды жүргізумен жетуге болады.

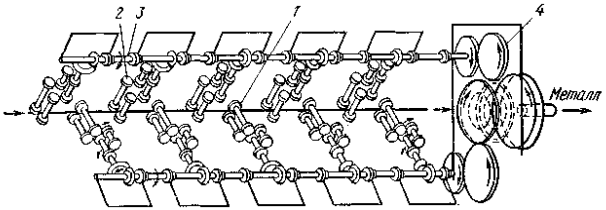
Қазірге кездегі өндірісте қыздырудың сапасын жоғарылатуға үлкен көңіл бөледі. Алдымен қадамды табаны немесе арқалығы бар қазіргі заманғы көпаймақтық пештерді қолданып дайындаманы біркелкі қыздыруға, ал сонымен қатар технологиялық ағымға өтпелі қыздыратын пештерді қоюға үлкен көңілді бөледі. Температуралық сынаны (жәмішсымның алдыңғы және артқы жақтары температурасының айырмасын) азайту үшін дайындаманы пештен беруді тікелеу орнақтың бірінші қапасына берумен іске асырады (дайындаманың артқы жағы пеште біраз болады).

Айтылған көптеген тенденциялар диаметрі 14...42 мм болатын дөңгелек болатты өндіру үшін қолданылатын ұсақ сортты орнақ 250 жасаған кезде іске асырылды (3.16-сурет). Өндірілетін дөңгелек илемдер жоғары дәлдікпен орам түрінде жасалады. Орамның массасы 2,1 т. Орнақтың жоғары өнімділігіне (жылына 1 млн. т) көлденең қимасы 150×150 және ұзындығы 15 м болатын дайындаманы илемдеумен жетеді. Дайын өнімнің жоғары дәлдігі бір жіппен илемдеумен, тағы да аралық және тазалай өңдейтін қапастар тобында 25 м/с жылдамдықпен керілусіз илемдеумен қамтамасыз етіледі. Сапаны жоғарылату үшін дайындама беттерін көрші аралықтағы ағымдағы тізбекте өңдейді. Таза өңдеу мынаны қосады: бытыралақтыру қондырғысында отқабыршықтан тазарту; түзету; магниттік тәсілдермен ақауды анықтау және ультрадыбыстық бақылау (ішкі ақауларды анықтау), механикалық білдектерде ақаудан тазалау. Соңғы қапастан шыққаннан кейін, ораудың алдында үлкен қысымы бар сумен 700 ^{o}C температурасына дейінилемді тездетіп салқындатады. Осы дайын илемнің бетіндегі отқабыршықтың азаюын және термоберіктену есебінен илемнің қасиеттерін жоғарылатуды қамтамасыз етеді.

Өндіру көлемі жылына 1 млн. т дейін болатын қазіргі заманның сымдайтын орнағы, үлкен массасы бар дайындамадан үлкен массасы бар орамды жәмішсымға илемдейді. Дайындаманың көлденең қимасы 200×200 мм, ұзындығы 20 м дейін. Илемдеу жылдамдығы 100 м/с дейін. Осындай жылдамдықтар төрттен онға дейін үшпішінбілекті (бір біріне қатысты 120^{o} бұрышпен орналасқан) немесе екіпішінбілікті қапастарды қосатын тазалай өңдеу және тазалай өңдеу алдындағы жиынтықты қолданудың арқасында мүмкін. Диаметрі 150 мм болатын консольді диск түріндегі пішінбіліктер вольфрам карбидінен жасалған. Дискілер көкжиекке қатысты 45^{o} бұрышпен жасалған, ал әрбір келесі жұп дискілердің осі алдыңғы оське қатысты 90^{o} бұрышпен орналасқан (3.17-сурет). Пішінбіліктер жетегі бір немесе екі электр қозғалтқыштан бәсендеткіштер және тістегеріштік қапастар жүйесі арқылы іске асырылады. Пішінбіліктерді реттеуді эксцентриктік қондырғының көмегімен жүргізеді.



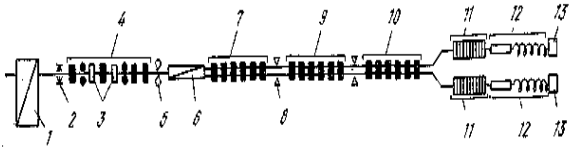
3.16-сурет. Болаттың орамын илемдеу үшін қолданылатын үздіксіз ұсақсортты орнақ 250 жабдықтарының орналасу сұлбасы:
I – дайындама қоймасы; II – дайындаманы таза өңдейтін бөлім; III – орнақ аралығы; IV – электрмашина бөлмесі; 1 – қыздыру пеші; 2 – отқабыршықты гидроқағатын қондырғы; 3 – қапастардың қаралай тобы; 4 – ұшатын қайшы; 5 – қапастардың аралық тобы; 6 – қапастардың тазалай өңдейтін тобы; 7 – тез салқындату үшін қондырғы; 8 – қысылған ауамен салқындататын қондырғысы бар орағыш; 9 – орамды байлайтын қондырғы; 10 – орамды жинайтын қондырғы



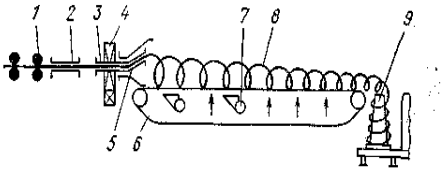
3.17-сурет. Екі пішін білікті қапас жиынтығы бас жетегінің сұлбасы:
1 – илемдеу пішінбіліктері; 2 – тістегеріштік пішінбілік; 3 – трансмиссия; 4 – бас бәсендеткіш

Үздіксіз сымтемірлі орнақ 150, массасы 2 т болатын орамға жоғарыкөміртекті және қоспаланған болаттардан жәмішсымдарды илемдеуге арналған (3.18-сурет). Орнақтың өнімділігі жылына 0,5 млн. т. Көлденең қимасы 200×200 мм болатын бастапқы дайындаманы қадамды табаны бар пеште қыздырғаннан кейін жаншитын қапастар тобында илемдейді. Осы топтағы ағымда екі терможонғыш машиналармен төрт жақтан тазалауды жүргізеді. Өтпелі екі қатарлы аунақшалы пеште 1200 °С температурасына дейін жартылай өнімді қыздырғаннан кейін,

оны қаралай өңдейтін және бірінші аралық топта екі жіппен, ал екі екінші аралық топта және екі тазалай өңдейтін жиынтықта (онқапасты) бір жіппен илемдейді. Илем шығатын жердегі жылдамдық 60 м/с тең. Жәмішсым екі сатылы салқындатудан өтеді. Алдымен илемді жоғарғы қысымды сумен (2 МПа) құбыр ішінде 630 ^{o}С температурасына дейін салқындатады. Екінші сатыда арнайы қондырғы орамқұрушымен, яғни құбыр-жетектеуіш көмегімен илемді қозғалатын тасымалдаушыда тілімделген орам түрінде қояды (3.19-сурет). Тасымалдаушының аяғында 300 ^{o}С температурасына дейін салқындатылған илем орам жинаушыға түседі. Осы жерде илем оралады, содан кейін гидравликалық баспақпен тығыздалып, ілмектік конвейерге түседі.



3.18-сурет. Үздіксіз сымды орнақ 150 жабдықтарының орналасу сұлбасы: *1 – қадамды табаны бар қыздыру пеші; 2 – отпен тазалау машинасы; 3 – терможонғышты тазалау машиналары; 4 – жаншитын қапастар тобы; 5 – ұшатын қайшы; 6 – екі қатарлы аунақшалы пеш; 7 – қаралай өңдейтін қапастар тобы; 8 – қайшылар; 9, 10 – бірінші және екінші аралық қапастар тобы; 11 – тазалай өңдейтін қапастар жиынтығы; 12 – екі сатылы салқындату қондырғысы; 13 – орамды жинаушы және тығыздаушы қондырғы*



3.19-сурет. Илемді екі сатылы реттеп салқындататын қондырғының сұлбасы: *1 – сымды орнақтың соңғы тазалай өңдеу қапасы; 2 – илемді сумен салқындату үшін құбырлар; 3 – бағыттаушы құбыр; 4 – құбыр-жетектеуішті айналдыру жетегі; 5 – құбыр – жетектеуіш; 6 – тасымалдауыш; 7 – желдеткіш; 8 – ыстық илемнің сейілген сақиналы орамы; 9 – орамды қалаптастыратын бұрылатын платформадағы конусты түзеткіш*

3.4. Баспақтау туралы жалпы мәлімет және оның түрлері. Көлбеу гидравликалық баспақта баспақтау. Жартылайүздіксіз және үздіксіз баспақтау

Баспақтау деп тесік арқылы жабық көлемнен металды сығымдап шығаратын МҚӨ тәсілін айтады. Алюминий және мыс қорытпалары, болат, титан және қиынбалқитын металдан шыбықтар, құбырлар және профильдерді алу үшін баспақтауды кең қолданады. Баспақтаудың түрлері ретінде дискретті (үзіліспен), жартылайүздіксіз және үздіксіз баспақтауды айтып кетуге болады.

Баспақ-бұйым түржиыны мынадай: диаметрі 50...400 мм болатын шыбықтар; қабырғасының қалыңдығы 1 мм үлкен болатын, ал диаметрі 20...400 мм тең құбырлар; көлденең қимасының ауданы 500 $см^2$ дейін болатын фасонды профильдер (қысыммен өңдеудің басқа тәсілдерімен жасау мүмкін емес). Жазық контейнерден ені 1 м дейін, ал дөңгелек контейнерлерден ені 2,5 м дейін болатын қырлы панелдерді баспақтайды. Бұйымның шет жақтарында қалың жерлер болуы мүмкін немесе көлденең қимасының өлшемдері біртіндеп өзгеруі мүмкін. Алюминийден немесе алюминий қорытпаларынан ең көп әртүрлі баспақ-бұйымдарды жасайды. Қазіргі уақытта алюминий қорытпаларынан баспақталатын профильдердің өндірістік түржиыны ондаған мың тип өлшемдерді өзіне қосады. Бірақ та осындай кең түржиынға қарамастан, геометриялық пішіні бойынша профильдер мынадай 5 топқа бөлінеді: көлденең қимасы тұтас профильдер; көлденең қимасы өзгермелі профильдер; қуыс профильдер; сымтемірлер; панелдер.

Өндірісте ең көп қолдануды шыбықтар, тұтас көлденең қимасы бар профильдер, сымтемірлер және жәмішсымдар тапты.

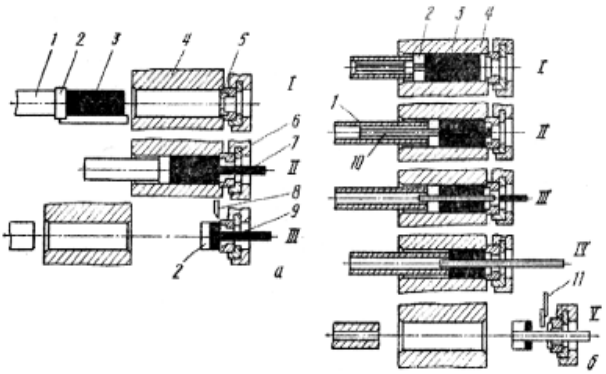
Ең көп таралған болып көлденең гидравликалық баспақта тура дискретті баспақтау сұлбасы саналады. Осы баспақтау циклді өтеді. Айтылған сұлба металдың ағу бағыты мен баспақ-штемпельдің қозғалу бағытының сәйкес келуімен сипатталады. Кері баспақтаған кезде металдың ағуы баспақ-штемпельдің қозғалу бағытына қарама-қарсы бағытта жүреді. Алюминийден

жасалған профильдерді баспақтаған кезде жиі көпарналы баспақтауды қолданады.

Қозғалмалы контейнері бар шыбық-профильді баспақта баспақтау процесін іске асырған кезде (3.20-сурет) баспақ-тығырмен 2 дайындаманы 3 контейнердің 4 осіне береді, ал содан кейін баспақ-штемпельді 1 алдыға жүргізумен дайындаманы алдынғы жақтан контейнерге кіргізеді. Контейнердің шығатын жағында орналасқан ұяқалып 5 ұяқалыпұстағышпен 6 жабылған (3.20, *а*-сурет, I көрініс). Құймакесекті (дайындама) контейнерге таянышқа дейін кіргізгеннен кейін бұйымды 7 баспақтауды жүргізеді (3.20, *а*-сурет, II көрініс). Сығымдауды аяқтағаннан кейін контейнерді артқа алып кетеді. Осындай кезде баспақ-қалдық 9 және баспақ-тығыр 2 ұяқалыптың 5 қасында ілініп қалады. Пышақты 8 төмен қозғалтумен бұйымды баспақ-пакеттен (яғни баспақ-тығыры бар баспақ-қалдықтан) бөліп алады. Баспақ-пакет науашаға құлайды және пакетті бөлетін механизмге беріледі (3.20, *а*-сурет, көрініс III). Бұйымды тартатын қондырғымен ұяқалыптан шығарады және контейнерді бастапқы жайға қайтарады.

Құбырды тура баспақтаған кезде құймакесекті 3 және баспақ-тығырды 2 контейнерге 4 тиегеннен кейін (3.20, *б*-сурет, I көрініс) алдыңғы баспақтауды іске асырады. Осындай кезде қуыс баспақ-штемпельдің 1 ішінде орналасқан инені 10 алдыға қарай кішкене қозғап баспақ-тығырдың 2 тесігін жабады (3.20, *б*-сурет, II көрініс). Алдыңғы баспақтаудан кейін баспақ-тығырдан қысымды алып тастап құймакесекті теседі (3.20, *б*-сурет, III көрініс). Содан кейін баспақ-тығырға жұмысшы қысымды беріп ине 10 мен ұяқалып 5 арасындағы сақиналы саңылау арқылы құймакесекті сығымдап құбырды алады (3.20, *б*-сурет, IV көрініс). Баспақ-пакет қайшы 11 көмегімен кесіледі (3.20, *б*-сурет, V көрініс).

Баспақтаудың технологиялық процесінің негізгі сипаттамасы ретінде, илемдеудің технологиялық процесі сияқты, кермелеуді $\lambda = F_0/F_1$ бөліп көрсетуге болады (мұндағы F_0 – алдын ала баспақталған дайындаманың көлденең қимасының ауданы; F_1 – баспақталатын профилдің көлденең қимасының ауданы).



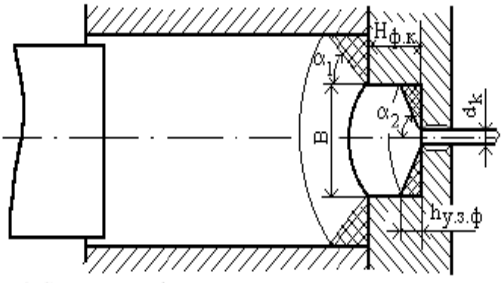
3.20-сурет. Баспақтау процесінің реті

Баспақтауды сорты илемді, құбырды илемдеу процестерімен салыстырайық. Баспақтаудың артықшылығы мыналар: баспақтаған кезде металдың пластикалық қасиеті жоғары. Өйткені металл контейнерде барлық жақтан қысылу жағдайында баспақталады. Бұл қиындеформацияланатын қорытпалардан бұйым өндеген кезде және үлкен кермелеуді алу керек болған жағдайда (50...10 дейін, ал алюминий мен жез үшін 1000 дейін) үлкен рөлді атқарады. Илемдеудің бір өтімінде кермелеу әдетте 2-ден кіші болады. Илемдеу орнағымен салыстырғанда баспақты жаңа профилі бар бұйымды шығаруға өзгерту едәуір жеңіл, тез және арзан. Баспақтаған кезде өлшемнің дәлдігі илемдеумен салыстырғанда жоғары. Сортты илемдеумен салыстырғанда баспақтауды автоматтандыру едәуір жеңіл.

Кемшілігі ретінде мыналарды айтуға болады: баспақтаған кезде технологиялық шығындар профильдің аз деформацияланған алдыңғы жағынан және баспақ-қалдықтан тұрады. Осы шығын 10...15 % жетеді (илемдеген кезде 1...3 %). Баспақталып жатқан дайындаманың орталық және сыртқы қабаттарының біркелкі емес ағуынан, металдың осы қабаттарының құрылымы мен қасиетінің біркелкі емес болуы, илемделген бұйыммен салыстырғанда баспақталған бұйымның сапасын төмендетеді. Үлкен жанамалы кернеулерден және баспақтың сайманы бойынша сырғу жылдамдығының едуір үлкен болуынан, баспақтық сайманның тұрақтылығы сортты орнақтың

пішінбіліктерімен салыстырғанда едәуір төмен. Сол себептен баспақ сайманын қымбат тұратын болат пен қорытпалардан жасауға тура келеді. Баспақтың өнімділігі орнақтың өнімділігімен салыстырғанда едәуір төмен, сонымен бірге баспақ-бұйымның өзіндік құны илемнің өзіндік құнымен салыстырғанда жоғары.

Қазіргі заманда жартылай үздіксіз баспақтаумен алюминий қорытпаларынан баспақ-бұйым өндіру, осы бұйымдарды шығарудың негізгі бір әдісі болып есептеледі. Осы баспақтаудың өзіне тән айырмашылығы болып, арнайы форкамералы сайманды қолдану саналады. Айтылған сайман түйіспелі пісірумен және тартумен баспақтауды қамтамасыз етеді. Осындайда, алдымен негізгі конвейерден аралық саймандық бірікпеге, ал содан кейін аралық бірікпеден ұяқалыпқа металдың көлемін біртіндеп сығымдап, кішкентай деформациямен өңдеп, жоғары деформация дәрежесіне жетеді (3.21-сурет). Осы осындай баспақтаудың өзіндік айырмашылығы болып саналады. Гидравликалық баспақта тура баспақтау процесін іске асырған кезде, аралық саймандық бірікпенің рөлін арнайы сайман орындайды. Осы сайманды форкамера деп атайды.



3.21-сурет. Форкамераны қолдана отырып жартылайүздіксіз баспақтағанда деформация ошағының сұлбасы

Осындай процестің негізгі артықшылығы болып мынау саналады: баспақтаған кезде дайындама металы алдын ала қайтадан таратылып, ұяқалып арнасына металл кірердің алдында деформацияның дайындама көлемінде біркелкі болып таралуы. Осымен бірге баспақ сайманына түсетін күштің аз

болуы. Бұл баспақталатын профильдің өлшемдік дәлдігін жақсартуға мүмкіндік береді. Профильдің өлшеміне және типіне байланысты форкамер құрылымы әртүрлі болуы мүмкін. Мысалы, ұяқалып денесінде айна жағынан үңгіл түрінде немесе баспақталатын металл үшін сәйкес сыйымдылықтар жасалған алынатын тығырық түрінде. Кеңейетін форкамера, габариттік өлшемдері контейнердің ішкі төлкесінің өлшемдерінен үлкен болатын профильдерді баспақтауға мүмкіндік береді. Форкамерасы бар ұяқалып арқылы баспақтау аяқталғаннан кейін және баспақ-қалдықты бөлгеннен кейін келесі дайындама қалған металды итеріп жібереді. Бұл біраз үлкен күшті талап етеді. Өйткені форкамерада қалатын металдың қимасын қию қажет болады. Осы тәсілдің көрсетілген артықшылықтарымен бірге, тартуы бар жартылайүздіксіз баспақтау сұлбасын іске асыруға мүмкіндігі бар екенін айта кеткен жөн. Осы кезде профильдердің түйіспелі пісіруі жүреді.

Қазіргі уақытта көптеген алдыңғы қатарлы зауыттар жұмсақ деформацияланатын алюминий қорытпаларынан профильдерді өндірген кезде осы технологияны қолданады. Бірақ та пісірілген жіктің беріктігін зерттеу сұрақтары және айтылған жіктің өлшемдері жобалаудың ғылыми негізделген әдістемесін және баспақ сайманын жасаудың қазіргі заманғы технологиясын талап етеді. Сондықтан осы технологиялық процесс ұзынөлшемді бұйымды жасауға мүмкіндік бермейді. Өйткені көптеген жағдайда пісірілген жікті кесіп тастауға тура келеді. Осы баспақтаудың жарамды шығу мөлшерін азайтады.

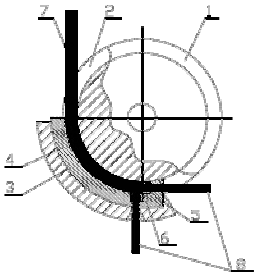
Осындай технологиялық процесті іске асыру үшін негізгі жабдық ретінде номинальды күші 5-тен 50 МН дейін өзгеретін көлбеу баспақ қолданылады. Осы баспақтар контейнерлерінің өлшемдері түржиын, баспақ-бұйымның ұзындығы және ол жасалған қорытпаның таңбасы, кермелеу коэффициенті, баспақтау тәсілі, т.б. анықталады. Айтылған баспақтардың негізгі параметрлері болып номинальды күш, контейнер өлшемдері, баспақтайтын маңдайшаның жүрісі және қозғалу жылдамдығы саналады. Гидробаспақтық жабдықтың даму тенденциясы болып тартатын қондырғымен, өнімді берудің жаңа жүйесімен және адьюстажды өңдеумен жабдықталған автоматтанған тізбекті қолдану есептеледі.

Гидравликалық баспақта баспақтаудың белгілі тәсілдері әртүрлі өлшемді тұтас және қуыс бұйымдарды алуға мүмкіндік береді. Бірақта баспақтаудың әрбір циклінен кейін баспақ-қалдық түрінде металдың шығыны пайда болады, ал кейінірек контейнерге дайындаманы салған кезде процестің өнімділігі төмендейді. Соңғы уақытта дамып келе жатқан үздіксіз баспақтаудың технологиясы мен жабдықтары бір торапта (үздіксіз деформациялау торабында) керекті дәрежемен деформацияны шоғырландыра отырып көрсетілген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Осындайда үздіксіз баспақтаудың түріне байланысты деформация ошағында баспақтау сияқты өңдеудің негізгі түрімен қатар, мынадай операциялар қатар қолданылуы мүмкін: илемдеу, сымдау, шөктіру, т. б.

Үздіксіз баспақтаудың негізгі тәсілі болып мыналар саналады: Конформ, Лайнекс және Экстроллинг.

Аталған тәсілдердің ішінде ерекше орынды 1970 ж. Д. Грин ұсынған Конформ тәсілі алады. Осы тәсілде бірқатар техникалық және экономикалық артықшылықтар бар. Қазіргі уақытта бұл тәсіл кең қолдануды тапты, әсіресе түсті металлургияда.

Конформ тәсілі башмак деп аталатын қозғалмайтын және сыртқы аймағында арнасы бар доңғалдақ типті айналатын сайманды қолдануды негізге алған. Осындайда башмактың бүйір жағына дөңгелектің арнасын жабатын ұяқалыпты орнатады. Процестің сұлбасы 3.22-суретте көрсетілген.



3.22-сурет. Конформ тәсілі бойынша үздіксіз баспақтау процесін іске асырудың сұлбасы: *1 – жұмысшы доңғалақ; 2 – сақиналы арна; 3 – башмақ; 4 – сақиналы ендірме; 5 – ендірме; 6 – ұяқалып; 7 – дайындама; 8 – бұйым*

Дайындама ретінде шыбық 7 қолданады. Осы дайындама, сақиналы арна түрінде жасалып жұмысшы доңғалақта 1 орналасқан жылғаға 2 беріледі. Жылға 2 сыртқы жағынан қысу

башмағымен 3 жабылған, ал ішкі бетінде дайындаманы 7 қоршайтын жылға 4 орындалған. Башмақта 3 баспақтың ұяқалыбы 5 бар саймандар жинағы бекітілген. Башмак пен доңғалақ арасындағы саңылауға шыбық түріндегі дайындаманы берген кезде, осы дайындама башмак пен арна беттері құратын баспақтау бөлмесіне, айналатын доңғалақпен жанасатын беттегі үйкеліс күштің әсерінен қозғалып ұяқалыпқа жетеді.

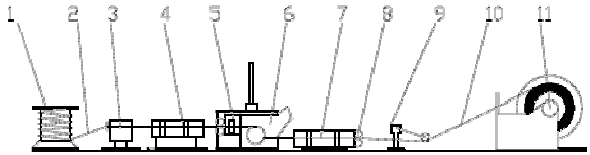
Дайындама ұяқалыптың тікелей алдында қарқынды пластикалық деформацияға түседі және арнаның барлық қимасын толтырады (сығымдаған кездегі қарпу аймағы). Осыған, арна мен дайындаманың беттері арасындағы үйкеліс күшті үлкейту мүмкіндік туғызады. Доңғалақ айналған сайын дайындамаға түсетін қысу күш үлкейіп, ұяқалыптың тесігі арқылы дайындама материалын сығымдауға қажетті мәнге жетеді, яғни баспақтау процесі басталады.

Арна бетімен дайындама толық жанаспайтын аймақ (бірінші қарпу аймағы), материалды пластикалық деформациялауға және ұяқалып алдындағы көлемді толтыруға қажетті қысымды дамытуға керекті. Дайындама ретінде әдеттегі сымтемірді қолдануға болады. Осындайда осы сымтемірді деформациялау процесі, яғни доңғалақ айналған сайын баспақтау бөлмесіне сымтемірді тарту, алдын ала пішіндеу және доңғалақтағы арнаны толтыру, жұмысшы күшті туғызу, ең соңында баспақтау, үздіксіз жүреді, яғни үздіксіз сығымдау технологиясы жүзеге асырылады. Бұл тәсіл тек жұмысшы дөңгелек айналатын бағытта ғана баспақ-бұйымды сығамдаумен өңдеп қоймай, тағы да жұмысшы доңғалақ осіне перпендикулярлы бағытта, соның ішінде радиальды бағытта дайындаманы баспақтайды.

Деформациалатын металдың ағу кинематикасын жақсарту, баспақтау күшін азайту және құбыр мен қуыс профильдерді дайындау үшін қолданылатын баспақтық сайман құрылымын жеңілдету мақсатымен екі жылғалы сұлбаны қолданған пайдалы, ал жұқа қабырғалы құбырлар, профильдер, сымдарды жасағанда Конформ процесін іске асырудың екідоңғалақты сұлбасын пайдалануға болады. Баспақ сайманында мынадай айырмашылық бар: баспақ ұяқалыбы мен инесін бөлек орнатады. Осындайда керекті қысым мөлшері және температура азаяды. Осының бәрі процесс өнімділігінің өсуіне мүмкіндік туғызады.

Жоғарыда келтірілген техникалық шешімнің негізінде, «UKAEA» атомды энергия фирмасы Басқармасы жанындағы Springfilds laboratory және Advanced Metal Forming Group фирмалары мамандары (Ұлыбритания) үздіксіз баспақтау тізбегін жасады. Осы тізбектің сұлбасы 3.23-суретте келтірілген.

Тізбектің артықшылығы болып мыналар саналады: баспақ-бұйым сапасының жоғары болуы; өндірістік өзіндік құнның салыстырмалы төмен болуы; меншікті капиталды шығынның төмен болуы; технологиялық қалдық мөлшерінің кішкентай болуы (25–45 % күнделікті шығынның орнына 3–7 %); технологиялық икемділіктің үлкен болуы. Қазіргі уақытта баспақталған өнімді өндіруге арналған, Конформ тәсілі бойынша жасалған қондырғылар ағылшындық фирмалар «Holton Machinery» және «Babcock Wire Equipment» мамандарымен шығарылады.



3.23-сурет. Конформ тәсілі бойынша үздіксіз баспақтау тізбегінің жабдықтарын орналастырудың сұлбасы: *1 – тарқататын қондырғы; 2 – дайындама; 3 – дайындаманы түзететін қондырғы; 4 – дайындаманы тазалайтын қондырғы; 5 – көлбеу қайшы; 6 – «Conform» машинасы; 7 – баспақ-бұйымды салқындататын және кептіретін қондырғы; 8 – баспақ-бұйымды тартатын қондырғы; 9 – баспақ-бұйымды ораған кезде оның тартылуын бақылайтын қондырғы; 10 – баспақ-бұйым; 11 – орау қондырғысы*

Доңғалағының диаметрі 400 мм болатын «Holton Machinery» фирмасы шығаратын қондырғы жетегінің қуаты 150 кВт тең, ал габариттік өлшемі мынадай: 27250×6800×4380 мм. Осы қондырғыларда көлденең қимасының өлшемдері 16-дан 300 мм^2 дейін өзгеретін кабельдер үшін секторлы сымдарды, әртүрлі пішіні және өлшемдері бар электршиналарды, диаметрі 4-тен 8 мм-ге дейін, ал қабырғасының қалыңдығы 0,6 мм дейін өзгеретін салқындатушы жүйе құбырларын жасайды. Бірақ та

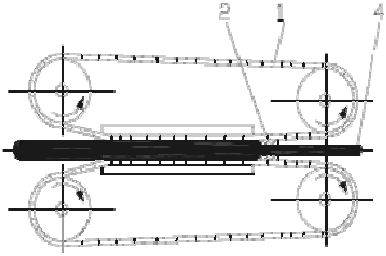
металдар пішіні мен шекаралық үйкеліс күшінің өзгеруі туралы зерттеулердің жоқ болуы және әртүрлі металдар мен қорытпалардың деформациялану заңдылықтарын зерттеумен алынған мәліметтер бірқатар кемшіліктерді тапты. Осы кемшіліктер айтылған баспақтау тәсілінің мүмкіндігін едәуір шектейді.

Жұмсақ алюминий қорытпаларын деформациялаудың өзі үлкен энергия шығынын талап ететіндігін айта кеткен жөн. Өйткені саймандық торап бойынша пайда болатын үйкеліс күші жеткілікті мөлшерде көп. Сонымен бірге, осы үйкелістің көп болуы деформациялайтын сайманды қатты қыздыруға, сайманның тұрақтылығын азайтуға алып келеді. Баспақтағанда металл – баспақ торабы (башмақ) түйіспесінде реактивті үйкеліс күшінің әсер етуінен біркелкі емес деформация пайда болатындықтан, баспақ-бұйым біркелкі емес қасиеттерімен сипатталады. Осы, мысалы, электртехникаға белгіленген өнім үшін қолайсыз.

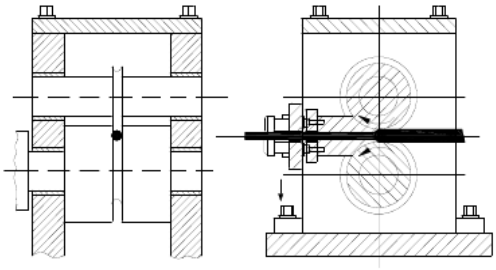
Western Electrik Co (АҚШ) фирмасы мамандары ұсынған Лайнекс тәсілінің (3.24-сурет) ерекшелігі болып, процесті іске асыруға қажетті қысымды белсенді үйкеліс күшін қолдану есебінен пайда болғызу саналады. Осы үйкеліс күші үздіксіз тізбелер буындарының жазық беттері мен тікбұрышты көлденең қимасы бар дайындаманың жоғарғы және төменгі жазықтықтары арасында пайда болады.

Осындайда баспақтау қысымының мөлшері дайындаманың майланбаған және майланған жазықтықтарындағы үйкеліс күші қатнасынан (айырмасынан) тәуелді болады екен. Осы тәсілді Venscuck (АҚШ) фирмасының зауыттарында алюминийден жасалған шиндарды және сымдарды өндіру үшін қолданады. Кермелеу коэффициентінің ең үлкен мөлшері 20-дан үлкен болмайды, яғни Конформ тәсіліне ұқсайтын баспақ-бұйымдарды өндіру тәсілдерімен салыстырғанда біраз кіші.

Экстроллинг процесі 1975 ж. ұсынылған және 1976 ж. Б. Авитцурмен патенттелген. Осы процесс бір деформация ошағында илемдеу мен баспақтауды қатарынан қолданатын тәсілі болып саналады (3.25-сурет). Пішінбіліктер мен дайындамалар арасында белсенді түйіспелі үйкеліс күшінің есебінен баспақтық ұяқалып арқылы сығымдауды іске асыру, осы тәсілдің айырмашылығы болып саналады.



3.24-сурет. Лайнекс тәсілімен үздіксіз баспақтау процесінің сұлбасы:
1 – жетектік тізбе; 2 – ұяқалып; 3 – дайындама; 4 – бұйым



3.25-сурет. Экстроллинг процесі үшін қондырғының сұлбасы

Процесті іске асыру үшін бастапқы дайындаманы үздіксіз мөлшерлегішке береді, осы мөлшерлегіште жаншиды. Бұл толық илемдеу сатысына сәйкес келеді. Содан кейін осы өңделіп жатқан дайындама мөлшерлегіштің шығатын жағында орнатылған ұяқалыптың мөлшерлейтін тесігінен сығымдалады.

Осы тәсілді суық күйде немесе жоғары температурада іске асырады. Айтылған тәсіл реактивті әсер ететін үйкеліске қуатты аз жоғалтады, тағы да дайындама металымен мөлшерлегіш қуысын нәтижелі толтырады. Қаралып жатқан процесс өзіне үйкеліске аз шығынды жоғалтуы, өңдеу ұзақтылығының кішкентай болуы (илемдеу үшін тән), баспақтағанда мүмкін болатын деформацияның үлкен дәрежесіне иемденуі сияқты артықшылықтарды біріктіреді. Илемдеудің (мысалы, көп емес бірлік жаншу) және баспақтаудың (алынатын бұйымның шектелген ұзындығы) кемшіліктерін осындай процесті іске асырған кезде жоюға болады. Бірақ та бұл тәсіл өндірісте қолданылмай жатыр. Өйткені ұсынылған техникалық шешім (ашық мөлшерлегішті қолдану, ұяқалыпты пішінбіліктің жалпы

тік осіне орналастыру, т. б.) процестің тұрақты жүруін және металды экструдирлеуге қажетті қысымды қамтамасыз етпеді.

Сонымен, 1974 ж. бастап өндіріске белсенді ендіріле бастаған түсті металдар мен қорытпаларды үздіксіз баспақтаудың барлық процестерінен, өндіріске енгізуге жеткізіліп ең көп қолдануды Конформ тәсілі тапты. ТМД елдерінде авторлық куәлікпен және патенттермен қорғалған саны көп техникалық шешімдердің бар болуына қарамастан, осындай қондырғыларды жасауға жасалған әрекеттер сәтті болмады. Өйткені жұмысшы сайманнан жылуды алып кетудің автоматтандылған жүйесі жасалмады. Расында да негізгі себебі, ол – реактивті әсер ететін түйіспелі үйкеліс күштің әсерінен сайман тез қызып кетуі. Осындай қызып кету процесін деформациялаған кезде басқару жеткілікті дәрежеде күрделі.

3.5. Профильдер, шыбықтар және құбырларды өндіру. Профильдерді баспақтаудың технологиясы. Жабдық және сайман. Ұяқалыпты жобалау

Профильдер, шыбықтар және құбырларды өндірген кезде типтік технологияны қолданады. Көлденең гидравликалық баспақта алюминийлік профильдерді баспақтағанда қолданылатын типтік технологияға мынадай операциялар кіреді: қорытпаларды дайындау; құймакесекті құю; кесу; баспақтау; индукциялық қыздыру; гомогенизация; шыныктыру; созумен түзету; ескіру; орау; өлшеммен кесу; бақылау.

Типтік технологиялық процесті сипаттай отырып жиі құйылған, сирек деформацияланған дайындамалар қолданылатынын айтып кеткен жөн. Құймакесектің өлшемін есептеу үшін И. Л. Перлиннің ұсынысын қолданады. Осы ұсынысқа сәйкес баспақтаған кездегі жалпы кермелеу коэффициентінен 10 кіші болмауы қажет. Құймакесектің ұзындығы $L_к$ мен диаметрінің қатынасы қуыс профильдер үшін 1,5–2, ал тұтас профильдер үшін 2–3 болуы қажет. Құймакесектің массасын баспақ күшіне байланысты таңдайды. Баспақтаудың алдында құймакесекті өңдейді.

Құймакесектің беттік ақауларын кетірудің ең нәтижелі тәсілі болып ыстықтай сыпыру тәсілі саналады, яғни өткір жиеге

бар ұяқалып арқылы құймакесекті итеріп өткізу (қыздыру пешінің шығатын жағында орналасқан, күші 2–3 МН тең болатын жеке баспақта сыпыру). Осындайда қалыңдығы 2–3 мм тең болатын қабат алынады. Дендриттік ликвацияны жою және құйылған дайындаманың пластикалық қасиетін жоғарылату мақсатымен құймакесекті гомогенизацияға түсіреді (берілген температураға дейін қыздыру және осы температурада ұстау).

Құймакесекті қыздырудың ең жақсы температурасы металдың пластикалық қасиетінен және беріктігінен, деформацияның біркелкі емес болу дәрежесінен, беттің тотығуынан, металдың сайманға жабысуынан (пісірілуі), металдың контейнерде суынуынан, т. б. тәуелді болады. Баспақтаудың температуралық аралығы бір фазалы қорытпаларда және таза металдарда кең. Жезді, магний, алюминий қорытпаларын және басқа қорытпаларды баспақтаудың алдында контейнерді, ұяқалыпты, баспақ-тығырықты 200...250 ^{o}C температурасына дейін, ал инелерді 350 ^{o}C температурасына дейін қыздырады.

Алюминий қорытпаларының шыбықтарын баспақтаған кезде контейнерді 330...430 ^{o}C температурасына дейін қыздырады. Контейнердің және баспақ-тығырықтың беттерін технологиялық майлау баспақтаудың күшін, дайындаманың салқындауын, деформацияның біркелкі болмауын азайтады және сайманның жұмыс істеу уақытын ұзартады. Әдетте май ретінде машиналы май мен графиттің қоспасын қолданады.

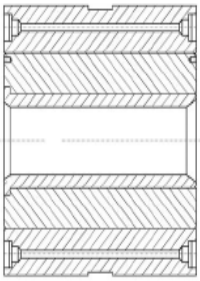
Баспақтаудан кейін профильдер термиялық өңдеуден өтеді, оларды өлшемді ұзындыққа кеседі, түзету-созу машинасында түзетеді, шабу, қыру, уландру және басқа тәсілдермен беттік ақауларды жояды. Термиялық өңдеуді (шынықтыру, ескірту) қағида бойынша электрлік пештерде жүргізеді. Бұйымды жегідеден қорғау үшін лакпен, бояумен жабады, оксидтейді, анодтайды, майлайды, т. б.

Профильдер, шыбықтар және құбырларды баспақтау үшін, жабдықтың негізгі түрі болып есептелетін, күші 8-ден 35 МН дейін жететін көлденең гидравликалық баспақтар қолданылады. Қазіргі уақытта кейбір зауыттарда күші 50 және 70 МН болатын үлкен баспақтар қолданылады. Соңғы уақыттарда гидравликалық баспақтар негізінде көптеген зауыттарда жартылайүздіксіз

баспақтау қондырғылары жасалған. Осы қондырғылар тарту және баспақ-бұйымын салқындату құрылғысын құрамдарына кіргізеді.

Көлденең гидравликалық баспақта баспақтаған кезде қолданылатыгн сайман құрамына мыналарды кіргізеді: контейнер, баспақ-штемпель, ұяқалып, баспақ-тығырық, ине және басқа.

Баспақ контейнері (3.26-сурет) тұрқыдан, ішкі және аралық төлкеден тұрады. Тұрқыда қыздырғыштарды орналастыру үшін қажетті арналар бар, ал тез жүретін баспақта (50...70 баспақтау/сағ) тағы да салқындату арнасы жасалған. Ішкі төлке жылуға тұрақты болаттан жасалады. Осы төлке жиі беріктенетін қаптастырумен жабылады.



3.26-сурет. Контейнердің түрі

Баспақ-штемпелді беріктік шегі 1600-1700 МПа тең болатын қоспаланған болаттың соғылмасынан жасайды.

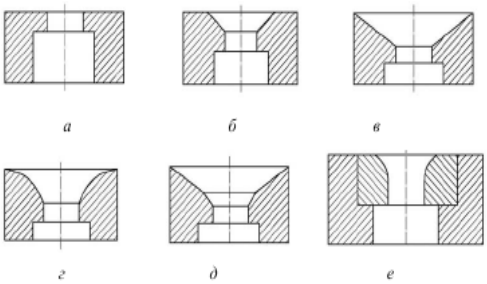
Баспақ-тығырығы қыздырыллған құймакесектен пресс-штемпелді қорғап сақтау үшін қоланылады.

Ұяқалып – сайманның ең жауапты және тез тозатын тетігі (3.27-сурет). Ұяқалып баспақ-бұйым контурын қалыптастыру үшін қажет және осы баспақ-бұйымның геометриялық өлшемдерінің дәлдігін және сапасын анықтайды. Ұяқалып контейнер төлкесінің алдыңғы жағында орнатылады және дайындамасы бар оның қуысын тұйықтайды. Ұяқалыпты жоғары қоспаланған болаттан және отқа төзімді қорытпадан жасайды.

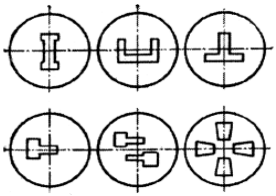
Алюминий негізіндегі жұмсақ материалдардан фасонды профильдерді баспақтайды (3.28-сурет).

Профильдердің «жұқа» және «қалың» элементтері біркелкі ағуы үшін «жұқа» элементтерді центрге жақын орналастыру, ұяқалыптың белдеушесінің енін үлкейту және профильдің қалың

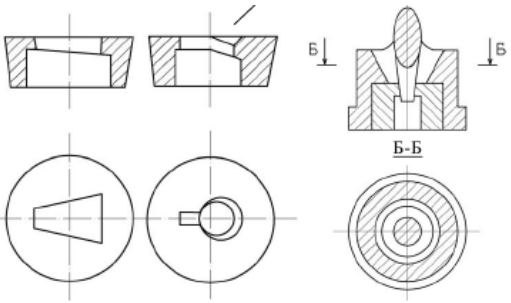
элементінде тежейтін конус (3.29-сурет) қолдану ұсынылады. Тілді ұяқалыпты қуыс профильдерді баспақтаған кезде қолданады.



3.27-сурет. Ұяқалыптың түрлері:
а – жазық ; б – жазық-конусты; в – конусты; г – радиалды; д – екі конусты; е – отқа төзімді немесе қатты қорытпалардан ендірмесі бар



3.28-сурет. Баспақтайтын профильдердің типі



3.29-сурет. Баспақтық сайманың түрлері

Баспақтаудың технологиялық процесін жасаған кезде маңызды мақсаттардың бірі болып баспақ сайманын дұрыс жасау саналады. Дұрыс жасаудың негізіне баспақтау сайманын,

яғни ұяқалып, форкамер, төсемдер және арнайы төсемдерді, т. б. жобалау жатады.

Ұяқалыпты жобалау келесі негізгі сатылардан тұрады: профиль сызбасын дайындау; температуралық шөгу әдіпін ескеріп ұяқалып арнасының геометриялық өлшемдерін анықтау; баспақтау тәсілін және жабдығын таңдау; ұяқалып айнасында арнаны немесе арналарды орналастыру; жұмысшы белдемені есептеу; ұяқалып сызбасын дайындау.

Ұяқалыпты жобалау процесіне жоғары әсерді өзімдік (субъективті) факторлар береді. Осы ұяқалып айнасына арнаны орналастырғанда байқалады. Өйткені баспақтау саймандарын жобалаудың дәл әдістемлері қазіргі уақытта әлі жасалмаған. Сондықтан ұяқалып айнасына арналарды орналастыру бойынша біраз ұсыныстар жасалған. Көптеген жағдайда арна қимасының ауырлық центрін ұяқалып айнасының центрінде орналастырады. Профильдердің бірнеше арналары симметриялық фигураны құрып, олардың ауырлық центрі ұяқалып айнасының центрінде орналасатын болса, онда жоғарыда жазылған принципті көпарналы ұяқалыпты жобалаған кезде де қолданады. Симметриялы емес профильдерді баспақтау үшін ұяқалыпты жобалаған кезде жұқа белдемелі әртүрлі қалыңдықты элементтерді ұяқалып центріне қарай бағыттау қажет.

Ұяқалып айнасына профильді орналастырудың жайын таңдаған кезде (3.30-сурет), арналарды бір тізбекте орналастырған дұрыс болады. Өйткені осындайда профильдер шығатын үстелдің бойымен жанаспай қозғалады және профильдерді қозғалатын күйменің қысқыш қондырғысымен қарпуға мүмкіндік бар болады.



3.30-сурет. Сапалы бетті қамтамасыз ететін арналардың ұтымды орналасуы

Ұяқалыпта әртүрлі биіктікті жұмысшы белдемелерді жасау, профильдің әртүрлі элементтерінің ағу жылдамдығын теңестіру үшін қажет.

Жартылай үздіксіз баспақтау процесі үшін тағы да форкамера жобаланады. Осы жобалауды жүргізу үшін бастапқы мәлімет ретінде ұяқалып сызбасы және баспақтау процесінің технологиялық сипаттамалары қолданылады (мысалы, форкамерадан ұяқалыпқа металл қозғалғанда анықталатын кермелеу мөлшері). Форкамераны жобалау профильдің айналасында және форкамераның тереңдігінде бейнеленген эвкидистантты пішінің геометриялық өлшемдерін анықтаудан тұрады. Осының негізінде форкамераның сызбасы сызылады.

3.6. Сымдау өндірісі. Сымдау түрлері. Өнім түржиыны. Құбыр, шыбық, сымтемірді сымдау. Жабдық және сайман. Сымтемірді сымдаудың технологиясы

Металды сымдаумен өңдеу металлургия және машинажасау өнеркәсіптерінде кеңінен қолданыс тапқан. Сымдау арқылы химиялық құрамы әртүрлі болаттарды және барлық түсті металдар (алтын, күміс, мыс, алюминий, т. б.) мен олардың қорытпаларын өңдеуге болады. Сымдау арқылы алынған бұйымдардың сыртқы беттерінің сапасы жоғары және көлденең қимасының өлшемі өте дәл болады.

Сымдау металды механикалық кесіп өңдеу процесінен (жону, жонғылау, қыру, т. б.) мүлде басқа процесс, мұнда жоңқалар күйіндегі қалдықтар қалмайды. Процестің өнімділігі жоғары, ал еңбексыйымдылығы кішкентай.

Сымдау процесімен басқа тәсілдермен өндіру мүмкін емес (мысалы, жұқа бұйымдар, өте ұзын шыбықтар) іші қуыс және көлденең қимасы күрделі тұтас бұйымдарды шығарады.

Сымдау деп сайманның (сымдауыш) тарылатын арнасы арқылы сымтемір, шыбық, профильдер, құбырларды тартқан кезде пайда болатын пластикалық деформацияны айтады (3.31, *а*-сурет). Сымдауыштан шығатын бұйымның шетіне түсірілген тарту күші дайындаманың пішінін өзгертуге және сымдауыш арнасындағы үйкеліс күшті жеңуге жұмсалады. Бір өтімдегі жаншу мөлшері бұйымның сымдауыштан шығатын жағының

беріктігімен, демек металдың үзілуімен шектелген. Процестің сипаттамасы болып кермелеуді λ қолданады.

Сымдау суық пластикалық деформацияға жатады. Сымдаған кезде пішінді өзгерту және кермелеумен қатар металл беріктенеді, бұйымның бетінің сапасы және өлшемінің дәлдігі жоғарылайды.

Сымдауды шынжырлы орнақта сымдау (шектелген ұзындығы бар құбырлар, шыбықтар және профильдерді жасау үшін) және атанақты типті орнақтарда сымдау (ұзын өлшемді өнімді жасау үшін, мысалы сымтемір) деп екіге бөледі.

Сымдау үшін мынадай дайындамаларды қолданады: оралған немесе кесілген тұтас (илемделген, баспақталған) дөңгелек және фасонды профильдер; жіксіз немесе пісірілген құбырлар. Сымдау цехтарының дайын бұйымдарына мыналар жатады: диаметрлері 0,01 мм-ден 6 мм-ге дейін өзгеретін сымтемірлер; диаметрі 400 мм дейін болатын құбырлар; мөлшерленген шыбықтар мен профильдер; профильді (сопақ, тікбұрышты, т. б.) құбырлар.

Сымдау процесінің өнімділігі сымдауыштан шығатын жердегі жылдамдықпен (сымдау жылдамдығы), бір өтімдегі кермелеумен, процесті бастаудың және сайманды ауыстырудың уақыт шығынымен анықталады.

Сымдау жылдамдығы шыбықтар, профильдер мен құбырлар үшін 1 – 10 м/с, ал жұқа сымтемірлер үшін 50 м/с дейін жетеді. Осындай сырғу жылдамдықтарында сымдауыштың тозуға төзімділігі, бұйым бетінің сапасын қамтамасыз ету мәселесі әрдайым пайда болады. Сымдаған кезде үлкен рөлді технологиялық майлау және үйкеліс процесін басқару орындайды. Тозуды азайтудың, жылдамдықты және өнімділікті жоғарлатудың негізгі құралы болып гидродинамикалық немесе пластогидродинамикалық үйкеліс режімдерінде сымдау саналады.

Сымдаудың алдында дайындаманы термиялық өңдейді, одан кейін отқабыршықтан тозалайды және оның бетін майды бекіту үшін дайындайды. Термиялық өңдеу беріктенуді алып тастайды және ең жақсы құрылымды алуды қамтамасыз етеді. Металды жұмсақ жасайтын босаңдатуды болат үшін 70–80 % жаншудан кейін, ал түсті металдар (мыс, жез, т. б.) үшін 99 % жаншудан кейін қайталайды. Термиялық өңдеуден кейін пайда

болатын отқабыршықты механикалық, химиялық, электрхимиялық тәсілдермен немесе бір мезгілде бірнеше тәсілдерді қолданып алып тастайды. Механикалық тазалау аунақшалар арасында жолақты уақытпен майыстырудан, бытыра немесе құммен үрлеуден тұрады. Мұндай тәсіл берік отқабыршықты алып тастауға аз нәтижені береді. Сондықтан жиі химиялық тәсілді қолданады.

Уландырғаннан кейін дайындаманы жуады, оның бетінде май асты қабатын дайындауды сарылау, мыстау, фосфаттау, әктеу тәсілдерін қолданып жүргізеді. Сарылаған кезде дайындама бетіне темірдің гидрототығының $Fe(OH)_3$ жұқа қабатын жағады. Оси темірдің гидрототығы мен кейінірек жағылатын әк бірігіп майды толтыратын қабатты құрады. Фосфаттау маргенец, темір және мырыштың фосфаттарының жұқа қабатын жағудан тұрады. Фосфаттардың жұқа қабаттарына май жақсы жабысады және үйкеліс коэффициентті 0,04...0,06 мөлшеріне дейін азаяды. Ертіндіде әктеу қышқылдың қалдықтарын бейтараптайды және майды ұстайтын толтыру қабатын құрады. Үлкен жаншумен және қысыммен сымдаған кезде мыстың күкірт қышқылды тұзы ерітіндісінде дайындаманы мыстау ұсынылады. Осылай өңдеген кезде үйкеліс коэффициентті 0,08...0,12 тең болады. Дайындамаға қабатты жаққаннан кейін оны 300...350 ^oC температурасы бар бөлмеде кептіреді.

Өнімділікті жоғарылату үшін орамның шет жақтарын электртүйіспелік пісірумен пісіреді. Осы сымдауышқа дайындаманы қондыруға кететін уақытты ең кішентай мөлшерге дейін азайтады.

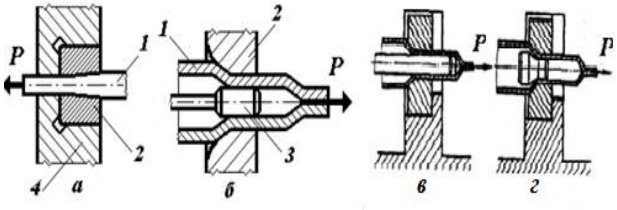
Сымтемірді сымдауышының саны 5...22 болатын көпреттік сымдау машинасында жасайды. Әрбір сымдауыштан кейін сымтемірдің жылдамдығы кермелеуге λ пропорционалды өсіп, шығатын жақта 40...50 м/с жетеді (ең жаңа машиналарда). Автоматтандырылған электржетек бір үздіксіз агрегатта сымтемір сымдау машинасы мен өтімде сымтемірді босаңдататын қондырғыны біріктіруге мүмкіндік берді. Құбырларды және шыбықтарды өндірген кезде де бір агрегатта сымдау машинасын, түзететін, кесетін, шет жақтарды жонатын, түзеткіштерді қоятын механизмдерді біріктіруге ұмтылады.

Сымдау жағдайына сымдайтын тесіктің пішінін таңдау процеске көп әсер тигізеді. Өйткені ол металдың деформациялану жағдайын және жұмыстық беттердің дұрыс майлану мүмкіндігін анықтайды. Үйкеліске қарсылықтың және сымдауға қажетті күштің күрт төмендеуі, қарапайым сымдауышты аунақшалы (дискілі) сымдауышпен ауыстырғанда байқалады. Алайда, аунақшалы сымдауышты қолдану оның құрылымының күрделі болуымен шектеледі.

Қуыс бұйымдарды сымдау барысында тұтас шыбықтарды сымдап өңдегендегі деформациялық жалпы құбылыстар көбірек байқалады. Бірақ кейбір өзгешеліктер де бар, ол қуыс бұйымдарды алудың сұлбасымен анықталады.

Құбырды сымдауды қысқа жылжымайтын құралбілікпен (3.31, *б*-сурет), ұзын қозғалмалы құралбілікпен (3.31, *в*-сурет), қалқымалы құралбілікпен (3.31, *г*-сурет) және құралбіліксіз жүргізуге болады. Құралбіліксіз сымдаған кезде құбырдың сыртқы және ішкі диаметрі кішірейеді. Деформация ошағының пішіні мен диаметрінің өзгеру дәрежесіне байланысты құбыр қабырғасы өзгеріссіз сақталуы, қалыңдауы немесе жіңішкеруі мүмкін. Бұл жағдайда кермелену шамасы едәуір мәнге жетуі мүмкін. Мысалы, қозғалмалы ұзын құралбілікпен сымдау кезінде кермелену мәні 2 немес одан да жоғары болады. Қалқымалы құралбілікпен сымдау негізінен мыс құбырларын өндіруде кеңінен таралған. Сымдаудың бұл тәсілінің бірқатар артықшылықтары бар. Құбыр ұзындығы шектеусіз болғандықтан, оны атанаққа бумалап орауға болады. Бұл қысқыштармен қысуға арналған алдыңғы үшкірленген ұшқа кететін металл шығынын азайтады және қосалқы операцияларға кететін уақытты үнемдейді.

Сымдайтын орнақ құрылымы. Бастапқы бұйымның өлшемдері мен қима пішінін өзгерту мақсатында, шыбықты тесік арқылы тартажонған кезде металдың плстикалық деформациялануын қамтамасыз ететін машиналарды сымдайтын орнақтар деп атайды. Олардың негізгі элементтері болып сымдағыш құрал мен тартқыш құрылғы саналады. Сымдайтын орнақтың жұмыс істеу принципі тартқыш құрылғының жұмыс сипаттамасымен анықталады. Орнақтар металды түзусызықты тартажонатын (шынжырлы, төрткілдешті, гидравликалық, т. б.) және атанаққа орайтын (атанақты) болып екіге бөлінеді.



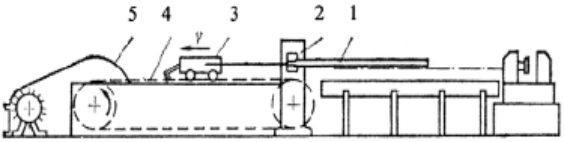
3.31-сурет. Құбырды сымдау тәсілдері
а – сымтемір, шыбық, тұтас пішіндерді сымдау; б – қысқа жылжымайтын құралбілікпен сымдау; в – ұзын қозғалмалы құралбілікпен сымдау; г – қалқымалы құралбілікпен

Машиналардың алғашқы типі пішінді бұйымдарды сымдауға қолданылады. Өйткені олардың көлденең қимасының үлкендігі немесе қима пішінінің бұзылып кету қауіпі бумаға орауға мүмкіндік бермеді. Атанақты сымдайтын орнақтар сымды сымдауға, сонымен қатар қара және түсті металдардан тұтас және қуыс бұйымдарды (егер олардың көлденең қимасы өзгеріске ұшырамайтын болса) сымдауға арналған.

Шынжырлы сымдау орнақтарында (3.32-сурет) шыбықтың немесе құбырдың 1 алдынғы жағы сымдауыш 2 арқылы итеріліп күймеше 3 қысқышымен қарпып алынады. Жетек 5 көмегімен оралатын тілімшелі шынжырмен күймеше іліністе болады. Орнақтың кіретін жағында құралбілік сырығын беруге және ұстап тұруға арналған айлабұйым орнатылған.

Қазіргі заманғы орнақтардың сымдау жылдамдығы 3...5 м/с жетеді. Үлкен жылдамдықты қолданғанда сымдау жылдамдығын автоматты реттеу қарастырылған. Өйткені тартқыш арбашаны үлкен жылдамдықпен іске қосса, сымдаудың алғашқы кезеңінде шыбықтың үшкірленген алдыңғы ұшы үзіліп кетуі мүмкін. Сымдау күші 30...1500 кН тең. Шынжырлы орнақтардың мынадай кемшілігі бар: бұйымның ұзындығы шектелген; кезекті дайындаманы сымдау үшін дайындауға уақытың шығыны көп.

Шынжырлы орнақтардың қазіргі заманғы құрылымдарында автоматты түрде қарпығышы бар күймешекті кері қайтар, құбырды құралбілікке кигізу және оларды сымдап болғаннан кейін лақтырып тастауға арналған құрылғы, т. б. бар.



3.32-сурет. Шынжырлы сымдау орнағының сұлбасы

Қазіргі кезде шыбықтарды сымдаудың автоматталған тізбектері жасалған. Осы тізбектерде процесті тоқтатпай сымдауыш арқылы дайындаманы кезектесіп арнайы қарпығыштар тартады.

Шынжырлы орнақтардағы тартажонылатын бұйым ұзындығы тұғырдың өлшемімен шектеледі және көпшілік жағдайда 15 м аспайды. Бірақ та кейбір орнақтарда шыбықтар мен құбырларды 50 м дейін кермелеуге болады.

Сымдайтын орнақтардың өнімділігін арттыру үшін көп тармақты (көп шыбықты) сымдау қолданылады. Егер бір мезгілде тартажонылатын шыбықтар саны бестен аспайтын болса, онда сымдағыштарды көлденең жазықтыққа орналастырады, ал егер бестен көп болса, онда сымдағыштарды тік жазықтықта бір қатарға орналастырады.

Атанақты орнақтарды, олардың жұмыс сипаттамасы мен атанақтар санына байланысты бір әрекетті немесе бір атанақты және көп әрекетті немесе көп атанақты деп бөледі. Олар сымдау тәсіліне байланысты көп әрекетті сырғанаусыз жұмыс істейтін, көп әрекетті сырғанаумен жұмыс істейтін және көп әрекетті қарсы керілумен жұмыс істейтін болып бөлінеді.

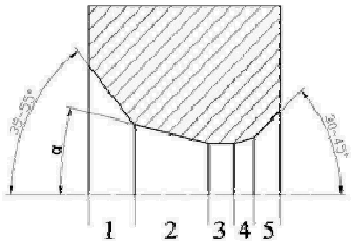
Бір әрекетті орнақтар жуан сымдарды сымдау кезінде және диаметрлері 4-тен 25 мм дейінгі өзгеретін шыбықтарды сымдауда жиі қолданылады. Металды атанаққа жинау тәсіліне байланысты орнақтар атанағы тік және көлденең орналасқан болып жасалады. Соңғы жағдайда металды салу мен буманы атанақтан алу оңай болады. Атанақ диаметрі тартажонылатын бұйым қимасының өлшемі мен пішініне байланысты анықталады. Мысалы, сым диаметрі 4 мм болғанда атанақ диаметрін 450 мм, шыбық диаметрі 25 мм болғанда атанақ диаметрі 1000 мм болып алынады.

Сымдағыш құрал. Сымдағыш сайманына сымдауыш пен құралбілік жатады. Сымдауыш арнасында келесі аймақтар бар (3.33-сурет): дайындаманы киргізуді жеңілдететін кіретін аймақ; майды киргізетін және дайындаманы жаншитын майлайтын және жұмыс жасайтын аймақ; мөлшерлейтін белдеуше; кері конус; бұйымда сызықіз бен тырнақіз ақаулары пайда болудан сақтайтын шығатын аймақ.

Сымдауыштың негізгі сипаттамасына мыналар жатады: материал; α бұрышы және мөлшерлейтін белдеушенің ені. Белдеушенің ұзындығы жұмысшы аймақ ұзындығының 0,4...1,0 бөлімін құрады. Әдетте α бұрышы 6...15^{o} тең.

Бұйымның диаметрі бойынша (мм) сымдауштар былай бөлінеді: қалың (3,5...1,5), орташа (1,6...0,25) және өте жұқа (0,02...0,008). Ең үлкен тозу тұрақтылығын табиғи (2,4 мм дейін) және синтетикалық (4,6 мм дейінгі поликристалды) алмастан жасалған сымдауыштар иемденген. Бірақ та оларды қарқынды салқындату қажет. Арна өлшемдері мен пішіндері стандартталған. Алмасты сымдауыштарды жезден немесе коладан жасалған жиекқұрсауға салады, содан кейін жеңілбалқитын қорытпаны құяды. Диаметрі 1...50 мм-ге дейін өзгеретін бұйымдар үшін негізінен қаттықорытпалы ендірме баспақталған жиекқұрсаудан тұратын құрастырылған сымдауыштар қолданады. Вольфрам және кобальт негізіндегі ендірменің өлшемдері мен материалдары стандартталған.

Кішкене сериялы өндіріс үшін және диаметрі 300 мм-ге дейін болатын құбыр өндірісі үшін У8...У12, Х12М, ШХ15 және басқа болаттардан жасалған сымдауыштарды қолданады.



3.33-сурет. Сымдауыш арнасының сұлбасы:
1 – кіретін аймақ; 2 – майлайтын аймақ; 3 – мөлшерлейтін аймақ; 4 – кері конус; 5 – шығатын аймақ

3.7. Соғу. Соғудың негізгі және қосымша операциялары. Соғудың температуралық аралығы. Жабдық және сайман. Ұсталық құймакесектер

Соғу – дайындамалардың пішіндері мен өлшемдерін өзгертуді соққышпен соғу немесе баспақпен басу жолымен жететін металдарды қысыммен өңдеудің процесі. Соққан кезде түсірілетін қысым осіне перпендикулярлы жазықтықтарда металдың ағуын шектемейді. Соғудың артықшылығына мыналар жатады: ірі құймакесектерді (массасы бірнеше жүз тоннаға жететін) қысыммен өңдеу мүмкіндігі; өңделетін металдың құрылымы мен механикалық қасиетін жақсарту мүмкіндігі; құйылған металл ақауларын түзетуге мүмкіндіктің бар болуы (қаяулар, қуыстар, т. б. ақауларды ұсталық пісіру мүмкіндігі).

Соғуға бастапқы материал ретінде болаттардың барлық таңбасын, алюминий, магний, титан қорытпаларын, тағы да мыс және никель негізіндегі қорытпаларды қолданады.

Түсті қорытпалар құймакесегін жеткілікті дәрежемен бір бағытта ұзындатып соққанда, талшықтық құрылым пайда болып түйіршіктер ұсақталады. Осындайда механикалық қасиеттің көрсеткіштері жоғарылайды. Бірақ та осымен бірге бойлық және көлденең бағыттарда анизотропия пайда болады. Осы анизотропияны шөктіру – ұзарту – шөктіру сұлбасы бойынша үш өзара перпендикулярлы бағытта соғып жояды.

Массасы үлкен емес соғылмаларды соғу үшін әртүрлі илемдер (блюмдер, дөңгелек және квадратты қималы сортты илем, периодты және сортты профильдер) қолданады. Осымен бірге сымдау және баспақтаумен алынған шыбықтарды соғумен өңдейді.

Соғудың жетістіктеріне мынаны да жатқызуға болады: қарапайым және арзан сайман көмегімен әртүрлі пішіні, өлшемі және массасы бар соғылмаларды (сомын мен бұрандадан бастап қазіргі заманғы иінді біліктерді) жасау. Соғу процесінің басты артықшылығына ірі құймакесектер мен дайындамаларды өңдеу мүмкіндігін жатқызады. Ауыр машинажасауда соғылған соғылмалардың мөлшері 90 % жетеді, ал автомобильжасауда (сериялы және массалы өндіріс) 98 % дейінгі соғылмалар

көлемдік қалыптаумен жасалады. Сондықтан керектілік, ал тағы да өнімнің түрі және көлемі соғуды қолдануға себеп болады. Соғуды жеке және шағын-сериялы өндірісте қолданады. Осы соғудың кемшілігіне мынаны жатқызуға болады: металл шығынының едәуір болуы (металды қолданудың коэффициенті 37 % құрады); көлемдік қалыптаумен салыстырғанда өнімділіктің төмен болуы.

Соғудың алдында дайындаманы қыздыру бастапқы материалдың механикалық қасиеті мен құрылымын өзгертумен қошталады. Балқыту температурасының 0,3...0,4 бөлімін құратын мөлшерден металдың температурасын жоғарылатқанда қайтару және рекристаллизация процестері осы металда жүре бастайды. Соғудың температурасы қорытпаның балқыту температурасы мен қарқынды рекристаллизация өту температурасы аралығында болады. Тым төмен температуралар суық деформациялау температурасына жатады. Технологиялық талаптарды орындамай дайындаманы қыздырғанда аса қыздыру және аса күйдіру құбылыстары металда жүруі мүмкін. Бірінші құбылыс түйіршіктердің өсуіне және механикалық қасиеттің тез азаюына алып келетін болса, онда екінші құбылыс түйіршіктер бетінің тотығуына және пластикалық қасиетті толық жоғалтуға алып келеді. Сондықтан дайындаманы қыздыру температурасын таңдау маңызды технологиялық мақсат болып саналады.

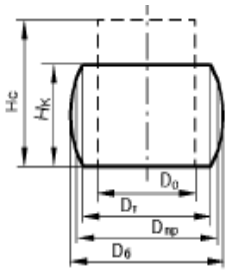
Соғудың температуралық аралығы деп пеште металды қыздырудың ең үлкен температурасы (жоғарғы шек) мен соғылманы деформациялау процесін бітірудің температурасы (төменгі шек) аралығын айтады. Соғудың температуралық аралығын рұқсат етілетін және ұтымды деп екіге бөледі. Рұқсат етілетін тым кең температуралық аралық болып саналады және соғылманың пішінен және өлшемінен тәуелді болмайды. Ұтымды температуралық аралық нақты зауыт жағдайы үшін технологиялық процесті меңгеру тәжірибесін ескеріп белгіленеді.

Соғу үшін негізгі жабдық ретінде баспақ пен тоқпақты қолданады. Жабдықты таңдау соғылмаларды жасаудың технологиясынан және шығару бағдарламасынан, тағы да өңделетін қорытпаны деформациялау ерекшелігінен тәулді болады. Соғу үшін сайман ретінде жазық, ойық немесе

құрастырылған (жоғарғысы жазық, төменгісі ойық) соққыштарды пайдаланады.

Соғудың негізгі (шөктіру, ұзарту және тесу) және көмекші (шабу, ұсталық ию, беру, бұрау, т. б.) операцияларын қолданады.

Шөктіру деп түр өзгертетін операцияны айтады. Шөктіру процесінде дайындаманың биіктігін азайтады, ал көлденең қимасының ауданын көбейтеді (3.34-сурет).



3.34-сурет. Шөктіру сұлбасы

Шөктіруді мынадай жағдайларда қолданады: құймакесек немесе дайындаманың қимасымен салыстырғанда соғылманың көлденең қимасын үлкен етіп алғанда; шөкпені үлкейткенде; механикалық қасиеттің анизотропиясын азайтқанда және соғылманың осьтік және көлденең бағытында осы қасиетті жақсартқанда; карбидтік топ болаттарының карбидін бірдей етіп бөлуге және ұсақтауға; дайындаманың бүйіржақ бетін түзетуге; тесу алдында дайындаманың көлденең қимасын үлкейткенде.

Шөкпені үлкейту және механикалық қасиеттің анизотропиясын азайту үшін шөктіру операциясын қолданғанда, шөкпенің белгілі бір шекке дейінгі мөлшері ғана механикалық қасиетті жақсартуға дұрыс әсер ететіндігін есепке алу керек. Механикалық қасиет көлденең бағытта жақсарады және осьтік бағытта азаяды.

Қыздырудың бірдей еместігі шөктіру процесінде бойлық осьтің қисаюына және ликвация аймағының жылжуына мүмкіндік туғызады. Қабық асты ақауы бар құймакесекті алдын ала жаншу керек. Жаншуды қолдану, шөктіру процесінде ақаудың ашылуынан қорғайды.

Шөктіргенде деформация дәрежесін мынадай формуламен анықтайды:

$$\varepsilon = \frac{H_{дай} - H_1}{H_{дай}} 100, \qquad (3.1)$$

мұндағы $н_{дай}$ және $н_1$ – дайындаманың бастапқы және соңғы биіктігі.

Дағдылы жағдайда шөктіргенде, деформацияның бірдей болмауы нәтижесінде дайындама бөшкетәріздес түрді қабылдайды.

Шөктірудің біркелкілігін жоғарылатуға мыналар мүмкіндік туғызады:

-металл мен жабдықтың жанасу бетіндегі үйкелісті азайту (жабдық бетінің сапасын өңдеу арқылы жақсарту және майлайтын материалды қолдану);

-жабдық пен дайындаманың бүйір жағында азкөміртекті болаттан жасалған, қалыңдығы 15...20 мм қыздырылған төселгішті қолдану;

-дайындаманың бүйір жағында майлайтын материалды ұстау үшін жазық қырнауды қолдану (тереңдігі 1...3 мм, ені 1...2 мм).

Майлау материалы ретінде машина майы бар графитті, коллоидты графит ерітіндісін (5...10%) және сұйық әйнекті қолданады.

Бойлық июді болдырмау үшін биіктігі мен диаметрінің қатынасы 2,5-тен үлкен болатын дайындаманы шөктіргенде қолдану ұсынылмайды.

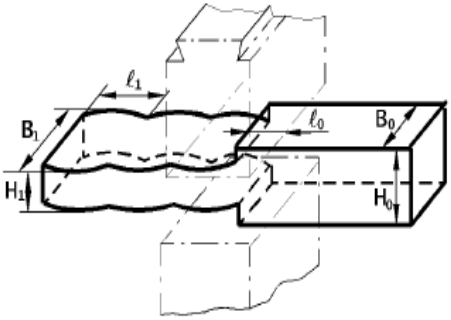
Шөктірудің әртүрлігі. Дайындаманы немесе құймакесекті сағасыз шөктіру. Мұндай шөктіруді диск типтес соғылманы жасау үшін және кейінгі тесуге дайындаманы алу үшін қолданады.

Дайындама немесе құймакесекті сағамен шөктіру. Мұндай шөктіруді жергілікті қалыңдығы бар соғылманы жасау үшін немесе кейінгі ұзартуға дайындаманы алу үшін қолданады. Сайман ретінде жазық немесе ойық тақтаны қолданады. Төменгі тақтада саға үшін тесік жасалған.

Төсем сақинада шөктіру. Бір немесе екі шығыңқылығы бар диск және ернемек типті соғылмаларды жасау үшін төсем сақинада шөктіруді қолданады. Сақинадағы тесікті шөктіретін немесе бөлігін шөктіретін бағытқа қарай 7^o бұрышқа дейін еңістікпен орындайды. Еңістік бұрышы соғылманы сақинадан

шығару күрделілігімен байланысты болады. Екі сақинаны қолданып дайындаманың орта бөлімін шөктіргенде, бір сақинаның ішкі тесігі еңіс болуы керек.

Ұзарту деп түрөзгертетін операцияны айтады. Ұзарту процесінде дайындаманың көлденең қимасының ауданын кішірейту арқылы ұзындығын көбейтеді (3.35-сурет). Ұзарту ішкі ақауларды жоюға және дайындаманың осьтік бағытында металдың механикалық қасиетін жақсартуға мүмкіндік туғызады.



3.35-сурет.Дайындаманы ұзартудың сұлбасы:
H_0, B_0 – дайындаманың бастапқы биіктігі мен ені;
H_1, B_1 – ұзартудан кейінгі дайындама өлшемдері; ℓ_0 – беріс;
ℓ_1 – жаншылған бөлімнің ұзындығы

Ұзартқан кезде дайындаманың ұзындығы және көлденең қимасы бойынша деформацияны біркелкі етуді және ішкі ақауларды толық жоюды қамтамасыз ету үшін мынадай шарттарды сақтау керек.

Салыстырмалы беруді мынадай шектен $0{,}5 < \ell/h < 1$ таңдау керек, мұндағы l – беру; h – күшпен қысу бағыты қимасының өлшемі. Әрбір өтуден кейін беру шекарасын жылжыту керек.

Соққыштың дағдылы құрылымын қолданғанда (жұмысшы беті параллельді болғанда) бөлімдеп соғуды технологиялық шарасыз жағдайда ғана рұқсат ету керек (мысалы, қуыс соғылманы түзеткішті қолданып ұзартқанда) немесе қысқа бөлімді жасағанда пайдалану керек.

Берілген кернеу күйі сұлбасында металдың илемділік қасиеті мүмкіндік берсе, ұзартуды ең үлкен жаншумен жүргізу керек. Бірақ та мұндай жағдайға құймакесекті ұзартуды қоспаған дұрыс болады. Құймакесекті ұзартқанда жаншуды 20...60 мм шекпен жүргізеді. Жаншудың мөлшері үлкен болғанда қабық астының көбікшелер ақаулары ашылып кетуі мүмкін. Нәтижесінде соғылмалардың сыртында ақаулар пайда болады. Құймакесекте қабық асты ақаулары жоқ болса, онда айтылған сақтық керексіз болады. Көміртекті және ортақоспалы құрылымдық болаттардың илемділік қасиеті деформация дәрежесіне шек қоймайды.

Ұзартуды жазық, ойық және құрастырылған (жоғарғысы – жазық, төменгісі – ойық) соққыштарда жүргізіледі. Ойық соққышта ұзындатудың өнімділігі жазық соққыштағыға қарағанда 20...40 % көп болады.

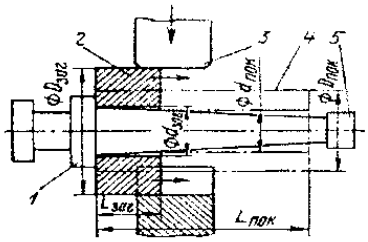
Ұзартуды белгілі бір қадаммен бойлық беруді іске асырып, одан кейін дайындаманы жаншып жүргізеді. Дайындаманың белгілі бір тұрақты қалыңдығында, оны аудармай ұзартуды жүргізгендегі жаншудың белгілі бір қосындысын өтім деп атайды. Егер дайындаманы өтімнен кейін көлденең ось айналасында 90^o бұрып, одан кейін ұзартуды тағы жүргізетін болсақ, онда екінші өтімді алатын боламыз. Арасында аударуы бар екі өтімді әрекет деп атайды.

Дайындаманы 90^o аударғаннан кейін екінші өтімде бойлық майысу болмас үшін, өтімнен кейінгі дайындаманың ені мен биіктігінің қатынасы (әрекет коэффициентті) 2,5 үлкен болмауы қажет. Ұзарту процесі келесі негізгі параметрлермен сипатталады: абсолюттік беріліспен l_o (әрбір жаншудан кейін дайындама берілетін ұзындық, беріліс қадамы); салыстырмалы беріліспен $\psi = (l_o/B_o)$ (мұндағы B_o – дайындаманың ені); жаншу дәрежесімен $\varepsilon_H = [(H_0 - H_1)/ H_0]$ 100%; шөкпе коэффициентімен $y = (F_o/F_1) = (L_1/L_o)$ (мұндағы F_o және F_1 – ұзартуға дейінгі және кейінгі көлденең қиманың ауданы; L_o және L_1 – ұзартуға дейінгі және кейінгі дайндаманың ұзындығы).

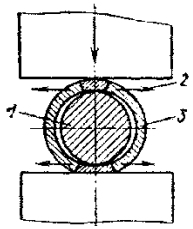
Ұзартудың әртүрлігі. Түзеткішпен ұзартуды цилиндр, қалың қабырғалы құбыр, төлке типті куыс дайындамаларды жасауға қолданады. Соғылмалар жазық немесе кемерлі болуы

мүмкін (3.36-сурет). Дайындаманың ұзындығы $L_{заг}$ соғылманың ұзындығына $L_{пок}$ дейін ұзарады. Осы жағдай үшін дайындаманың көлденең қимасының ауданы тек қуыс дайындаманың сыртқы диаметрінің $D_{заг}$ кішіреюінің себебінен азаяды. Дайындаманың ішкі диаметрі$d_{заг}$ тұрақты болып қалады ($d_{заг} = d_{пок}$). Соғылманы түзеткіштен оңай шығару үшін соғылманы конусты етіп орындайды (конустығы 1:100 – 1:150). Түзеткіштің шыдамдылығын көбейту үшін оның ішінде тесік жасайды. Тесіктің ішімен түзеткішті суытатын сұйықты береді. Ұзартудың алдында түзеткішті қыздырылған дайындамаға енгізеді. Қыздырылған дайындама тесігінің диаметрі түзеткіштің диаметрінен үлкен болуы керек. Түзеткіштің кіші диаметрі жағынан дайындаманы соғуды бастайды. Сонда соғу процесінде дайындама түзеткіштің белдемесіне қарай қозғалып оған тіреледі. Бастапқы уақытта дайындаманың бір жағындағы аяққы белдеушені соғады, ал содан кейін дайындаманың түзеткіш белдемесіне қараған жағын соғады. Бірінші кезекте дайындаманың аяққы белдеушесін соғудың себебі болып дайындаманың шет жағындағы металдың тез салқындауы есептеледі. Содан кейін соғылманы түзеткіштің белдемесіне қарама-қарсы жағынан сол түзеткіштің белдемесіне қарай соғады. Мұндай жағдайда металл дайындаманың осі бойымен бір бағытта ағады, яғни түзеткіштің белдемесінен оның аяққы жағына қарай. Түзеткіштің аяққы диаметрі оның белдемесі жағындағы диаметрінен кіші болғандықтан түзеткіш пен соғылманың арасында өте кішкентай саңылау пайда болады. Осы саңылаудың пайда болу себебінен соғылманы түзеткіштен алу аз күшпен жүргізіледі. Соғу біткеннен кейін түзеткішті соғылмадан тез шығару керек.

Түзеткішпен ұзартқанда ойық соққышты қолданады. Жоғарғы илемділік қасиеті бар материалды ұзартқанда құрастырылған соққыштарды қолданады. Екі жазық соққыштарды қолданып (3.37-сурет) түзеткішпен ұзартқанда соғылма тесігінің түрі бұрмаланады, ал оның ішкі диаметрі түзеткіштің диаметрінен үлкен болады.



3.36-сурет. Түзеткішпен ұзартудың сұлбасы:
1 – түзеткіштің белдемесі;2 - дайындама; 3 – соққыш; 4 – соғылма; 5 – түзеткіш



3.37-сурет. Жазық соққышта түзеткішпен ұзарту

Түзеткішпен ұзартқанда шөкпе мынадай формуламен анықталады:

$$y = \frac{F_{дай}}{F_{сог}} = \frac{D_{дай} - d^2}{D_{сог} - d^2{}_{сог}} = \frac{\delta_{дай} D_{оай.ор}}{\delta_{сог} D_{сог.ор}} = \frac{L_{сог}}{L_{дай}}, \qquad (3.2)$$

мұндағы $\delta_{дай,}$ – дайындама қабырғасының қалыңдығы; $\delta_{сог}$ – соғылма қабырғасының қалыңдығы $D_{дай.ор,}$ – дайындаманың орташа диаметрі; $D_{соғ.ор}$ – соғылманың орташа диаметрі.

Түзеткіште кеңейжаюды (3.38-сурет) балдақ, құрсау типті салыстырмалы қысқа жұқа қабырғалы соғылмаларды жасауға қолданады. Түзеткіште кеңейжайғанда дайындаманың ішкі және сыртқы диаметрін үлкейтеді, сонымен қатар бастапқы дайындама қабырғасы қалыңдығының кішіреюі себебінен соғылманың биіктігі азғантай үлкейеді. Мұндай жағдайда дайындаманың орташа диаметрі жанамасының бойымен кеңейжаю жүреді (орташа диаметр бойынша дайындаманың ұзындығы үлкейеді).

Аспап ретінде жазық соққыш қолданылады (3.38, *в*-сурет) немесе баспақпен жұмыс істегенде тар соққыш және цилиндрлік түзеткіш қолданылады. Кеңейжаюдың алдында дайындамада тесік жасайды. Соққыштың ұзындығы соғылманың биіктігінен үлкен болуы керек (3.38, *а*-сурет). Дағдылы жағдайда кеңейжаюдың алдында түзеткіштің диаметірі мынаған тең болады: $d_{\text{түз}} = (0{,}85 \div 0{,}95) d_{\text{дай}}$. Соғылманы қайта қыздырғаннан кейін диаметірі үлкен түзеткішті қолданады.

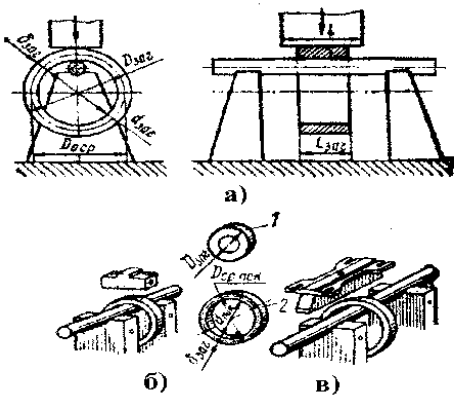
Әрбір басудан кейін тұғырық тіреуіндегі түзеткішті бұрау жолымен дайындаманы айналдырып қайта басуды жүргізеді. Кеңейжаюда салыстырмалы жаншу мына формуламен анықталады:

$$\varepsilon_{н} = \frac{\delta_{дай} - \delta_{сог}}{\delta_{заг}}. \qquad (3.3)$$

Кеңейжаюда шөкпе былай анықталады:

$$y = \frac{F_{дай}}{F_{сог}} = \frac{\delta_{дай} L_{дай}}{\delta_{сог} L_{сог}} = \frac{D_{ор.сог}}{D_{дай.ор}}, \qquad (3.4)$$

сонымен $L_{\text{дай}} / L_{\text{сог}} \approx 1$, $y \approx \delta_{дай} / \delta_{сог}$.



3.38-сурет. Түзеткіште кеңейжаю:
а – сұлба; б – күнделікті соққышпен; в – бақа-соққышпен

Алынған мөлшерлер біраз көтеріңкі болады. Түзеткіште кеңейжаюды әдейі жасалған кесте, диаграмма және жазық соққышта ұзартқанда қолданылатын формуланың көмегімен есептеуге болады.

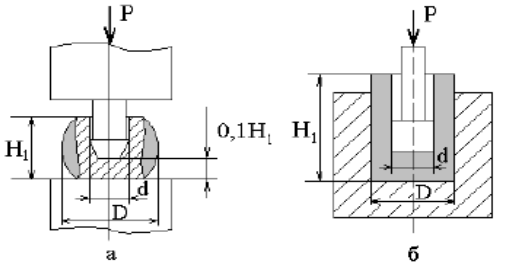
Тесу. Тесу деп негізгі ұсталық операцияны айтады. Ол арқылы дайындамада тесікті немесе үңгілді алады. Тесуді ашық (3.39, *а*-сурет) және жабық (3.39, *б*-сурет) деп екіге бөледі.

Тесу үшін тұтас және қуысы бар тескіштер қолданылады (3.40, 3.41-суреттер). Тескіштің диаметрін дайындаманың сыртқы диаметрінің 0,3...0,5-не тең етіп таңдайды. Дайындаманы тесу үшін оны 180^{o} бұрмай бір жағынан жүргізуге болады. Ондай тесу үшін сақинаны қолданады.

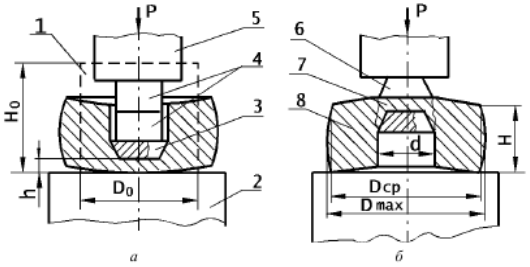
Тесу дайындаманың түрін өзгертумен және жұлынғы ретінде металл қалдығының пайда болуымен қошталады. Тесудің алдында дайындаманы шөктіреді. Шөктірген кезде тескішті дәл қою үшін бүйіржағын тегістейді.

Тесу операциясында майлайтын материалдарды қолданады (қарамай немесе машина майының графитпен қоспасы, ұнтақ тәрізді графит немесе графитпен кокстың қосындысы). Майлайтын материалды жағу үшін тескішті металға 10...30 мм тереңдікке басып еңгізеді. Пайда болған үңгілтте майлайтын материалды орналастырады, содан кейін ары қарай тескішті басып еңгізеді.

Ірі соғылмаларды тескенде далдашаның қалыңдығы h = 150...170 мм болады. Тұтас тескішпен өтпелі тесікті алу үшін тесуді толық жүргізбейді. Өйткені күш тез үлкейеді. Бірақ та h-ті 50...60 мм дейін жеткізуге болады. Содан кейін дайындаманы 180^{o} аударады, жалғамаларды шығарады және бірінші тескішпен салыстырғанда диаметрі бірнеше есе кіші тескішпен өтпелі тесікті жасайды. Тескенде жұлынғы пайда болады. Дайындамаға тескішті ені үлкен бүйір жағымен қояды. Өтпелі тесік жасайтын тескіштің дұрыс центрленуін далдашаның қараюы және бүйіржағының ісінуімен тексеруге болады. Осы уақытта бірінші тескішті алып тастайды. Жаман қасиеті бар дайындаманың бөлімін жұлынғыға кетіру үшін, тұтас тескішпен дайындаманы аударып тескен кезде қосылма бөлімін бастапқы уақытта төмен қаратып қояды.



3.39-сурет.Ашық және жабық тесудің сұлбасы



3.40-сурет. Тұтас тескішпен тесудің сұлбасы:
а – тесу; б – кертік тесу; 1 – дайындама; 2, 5 – соққыш; 3 – тескіш; 4 – жалғама; 6 – кертік тесетін тескіш; 7 – жұлынғы 8 – тесілген соғылма

Қуысты тескішпен тесуді (3.41-сурет) диаметрі бойынша үлкен тесіктерді алу үшін (диаметрі〉 500 мм) және құймакесектің ортаңғы ликвация бөлімін кетіру үшін қолданады.

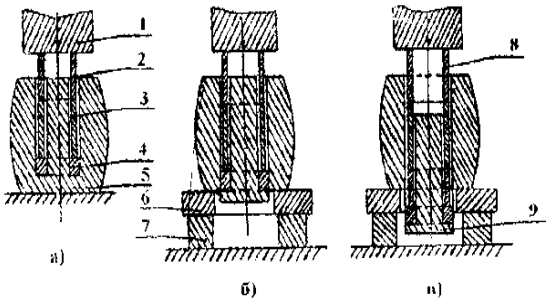
Қуысты тескішті қолдану тесу күшін тез азайтады.

Терең тесу қуысты жалғамамен жүргізіледі. Жалғаманың диаметрі дайындама тесігінің диаметрінен 15...30 мм, ал жалғаманың ішкі диаметрі тескіштің сыртқы диаметрінен 10...15 мм үлкен болады.

Қуысты тескішпен тесу тұтас тескішпен тесу сияқты түбінің қалыңдығы 100...150 мм-ге жеткенге дейін жүреді. Осыдан кейін дайындаманы тескішпен және жалғамен бірге сақинаға қояды. Сақина тесігінің диаметрін тескіштің диаметрінен 30...40 мм үлкен етіп таңдайды. Тесуден кейін алдымен дайындаманы жұккөтергішпен түсіреді, содан кейін жалғаманы алады.

Тесудің алдында тескішті 150 ^{o}С дейін қыздыру керек. Қыздыру тескішті жарылудан сақтайды. Тесуден кейін тескішті біркелкі етіп ауада суыту үшін тұғырыққа орналастыру керек.

Ірі дайындаманы тескенде оны қолайлы қозғалту үшін тесуді тесігі бар тақтада жасауға болады. Тақтаның тесігіне бастапқы уақытта төрткілшені қояды. Ішпегі бар тақтада дайындаманы шөктіріп және тескеннен кейін тақтаны дайындамамен бірге жүккөтергішпен көтереді, ал ішпек үстелде қалады. Содан кейін үстелді ішпекпен бірге дайындамасы бар тақтаның астынан шығарады да тақтаны төмен түсіреді. Енді тақтадағы тесік ашық болады және баспақ жалғаманы және қуысты тескішті басқанда жұлынғы дайындамадан толық бөлінеді.



3.41-сурет. Қуысты тескішпен тесу*: а – в – тесудің кезеңдері; 1 – соққыш; 2,3,8 – жалғамалар; 4 – тескіш; 5 – құймакесектің қосылма жағы; 6 – сақина; 7 – жалғама; 9 – металдың қалдығы*

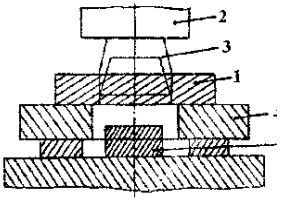
Төсем сақинада тесуді (3.42-сурет) негізінен биіктігі салыстырмалы аласа дайындамаларға (H/D = 1/3...1/4) қолданады. Дайындаманы сақинаға орналастырады. Оған тескішті үлкен диаметрімен төмен қояды. Сақинаның тесігінің диаметрі тескіштің диаметрінен бірнеше рет үлкен болуы керек. Жоғарғы соққышпен тескішті сақинаның тесігіне жұлынғы құлағанша басып енгізіледі. Мұндай жағдайда тескіштің биіктігін дайындаманың қалыңдығынан үлкен етіп алады. Бастапқы уақытта металға тескіш кіреді, ал содан кейін қиық пайда болады. Тұтас тескішпен тескенге қарағанда жұлынғы қалдығы көп болады. Бірақ та өлшемнің бұрмалануы аз болады. Сақина және тескіштің осьтестігін көзбен белгілеу бойынша және айлабұйымның көмегімен анықтайды.

Қағида бойынша тесудің алдында шөктіруді жүргізеді. Тесумен салыстырғанда шөктіруге күш біраз көп жұмсалады. Сондықтан, егер шөктіру бойынша баспақ таңдалған болса және ол тескенде қолданылса, онда тесуге керекті күшті есептемеуге болады. Бірақ та тесуді шөктіру жүргізілген баспақта жасау міндетті емес.

Соғудың технологиялық процесін әдетте құймакесекті өңдеуден бастайды. Әдеттегі ұсталық құймакесектерді (3.43-сурет) сауытқорамға үстіңгі жақтан балқыған болатты құйып алады. Осы сауытқорамның қуысының пішіні қиылған пирамидаға немесе көлденең қимасы алты, сегіз, он екі бұрышты геометриялық фигураға ұқсайды. Құймакесек пішіні металдың кристалдануын және соғылмаға қойылатын талапты ескереді. Құймакесек 2-нің қосылма 1 және түп 3 жақтарын ұсталық цехта кесіп алып тастайды. Құймакесек массасы $M_к$ = 0,2...350 т шегінде ауытқиды.

Соғылмаларды жасау үшін қолдынылатын құймакесектердің ең үлкен ұзындығы L мен орташа диаметрдің $D_{ор}$ қатнасы $L_{ор}/D_{ор}$ = 1,9...2,3 шегінде өзгереді.

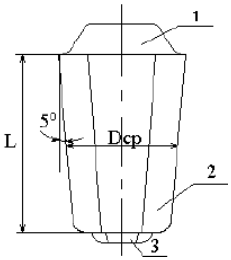
Айтылған қатынастың мәні мынадай болған кезде: $L_{ор}/D_{ор}$ = 2,3 құймакесекті соқса оның майысу байқалады. Ұзын осьті соғылманы жасаған кезде ең үлкен ұзындық пен орташа диаметрдің қатынасы ($L_{ор}/D_{ор}$) 3...5 тең болатын ұзын құймакесекті қолданады. Бұл құймакесектерді шөктірмей өңдейді немесе оны бөлімдерге шабуды қарастырады. Осы құймакесектердің артықшылығы болып металдың химиялық құрамының едәуір біркелкі болуы саналады.



3.42-сурет. Төсем сақинада тесу:
1 – дайындама; 2 – соққыш;
3 – қобылағыш; 4 – сақина;
5 – металл қалдығы

Қуыс құймакесектерді тоңазытқышы бар сауытқорамда центртепкішті құю тәсілімен жасайды. Қуыс құймакесектердің өлшемдері әдеттегі құймакесектермен салыстырғанда біраз кіші

(L_{op}/D_{op} = 1,25). Кристалданудың маңызды шарты болып $L/\delta \approx 4$ қатынасы саналады (мұндағы δ – қуыс құймакесектің қабырғасының қалыңдығы). Қуыс құймакесектерді тесігі бар соғылмалар үшін қолданады (тесу операциясын қолданбайды). Айтылған құймакесектердің артықшылығы болып мынау саналады: соғудың алдында жүргізілетін қыздыру уақытының ұзақ болмауы; құймакесектерде осьтік борпылдақтықтың және центрден тыс ликвацияның болмауы.



3.43-сурет. Болаттан жасалған құйма кесектің сұлбасы

Осымен бірге кішкентай қосылмалы, қосылмасыз құймакесектерді жасайды, тағы да конустылығы жоғары (12° дейін) құймакесектерді құяды.

Алюминий қорытпаларының құймакесектерін үздіксіз құю тәсілімен құяды ($D_{max} \approx$ 800 мм).

Магний қорытпаларынан диаметрі 540 мм-ге дейін болатын дөңгелек құймакесектерді жоғарыда айтылған сияқты үздіксіз құю тәсілімен жасайды. Осындай тәсілмен өлшемдері 165×540×6000 мм-ге дейін болатын жазық құймакесектерді алады.

Мыс құймакесектерін сумен салқындатылатын сауытқорамда құяды (D_{max} = 300 мм). Құймакесекті үздіксіз құйып та алуға болады.

Титанды қорытпалардың құймакесектерін мыстан жасалған сумен салқындатылатын кристаллизаторда шығандалатын электроды бар доғалы вакумды балқытумен алады (D_{max} = 700 мм).

Құймакесектерде келесі ақаулар кездеседі: шөгіндік қаяу; шөгістік борпылдақтық; сұйық металды құйған кезде оның шашырауы нәтижесінде пайда болатын бетақаулары; қоспалаушы сыңарлардың және қорытпалардағы қоспалардың тура ликвациясының пайда болуы; жарық; қабық, т. б.

Егер сортты илем құймасының бетінде ақаулар (жегіде, қабық, жарық) бар болса, онда оларды тазалау операциясының көмегімен алып тастайды. Мынадай тазалау тәсілдерін қолданады: газжалынды; пневмотоқпақпен өңдеу; қашаумен өңдеу; әрлеу дөңгелектерімен өңдеу.

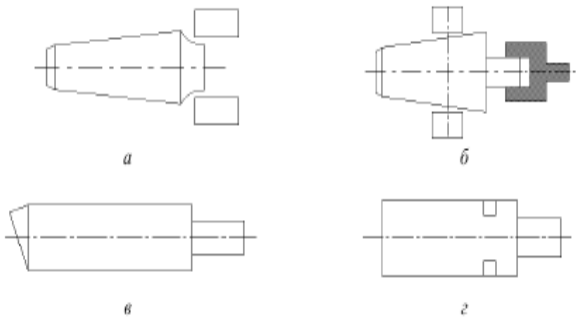
Әдетте соғудың алдында құймакесектер қима бойынша құрылымдық біркелкі емес болуымен сипатталады. Сондықтан жасалатын дайындамаға мынадай негізгі талаптар қойылады: ұсақ түйіршікті құрылымды етіп жасау; біркелкі химиялық құрамды етіп алу.

Деформациялаған кезде көлденең қиманың өлшемдерінің кішірею дәрежесі құрылымның өңделу көрсеткіші болып есептеледі. Осы дәрежені шөкпе көрсеткішімен былай бағалайды:

$$У = F_{бас}/F_{аяқ} = L_{аяқ}/L_{бас}.$$

3.8. Ұсталық-қалыптау цехтарында металды кесу

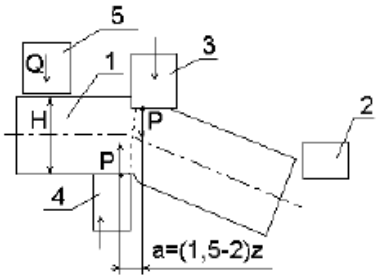
Құймакесекті бөлу соғудың операциясы болып саналады және баспақ көмегімен іске асырылады. Осындайда құймакесектің қырын қысуды жүргізеді (жақтарын түзетеді және конустылықты жояды), оның түпкі және қосылма жақтарын кесіп алып тастайды (3.44-сурет).



3.44-сурет. Құймакесектің қырын қысу:
а – қысқы үшін шетмойынды соғып ұзарту; б – ұзарту; в – түп жақты бөлу; г – қосылма бөлімді бөлу

Илемделген немесе баспақталған металды ұсталық-қалыптау цехтарының дайындаушы бөлімінде өлшемді ұзындыққа бөледі. Осындайда арада, баспақ қайшыда, суықта сындырғышта, газдық кескіште, жонғыш-кескіш пен көлденең жоңғылағыш білдектерде, электрұшқынмен кесуді қолданады.

Қосинді баспақ-қайшыда кесу шыбықты металды дайындамаға кесудің ең өнімді тәсілі болып есептеледі (3.45-сурет). Шыбық 1 таянышқа 2 дейін рольгангпен баспақ-қайшының жоғарғы 3 және төменгі 4 пышақтары арасындағы кесу аймағына беріледі. Кесу процесінде шыбықтың төңкеруін болдырмау мақсатымен баспақ-қайшы қыспақ қондырғысымен қамтамасыз етілген.



3.45-сурет. Қосінді баспақ-қайшыда кесу сұлбасы

Металды кесу 3 сатымен (серпімді, пластикалық, опырылып сыну) жүреді. Пышақпен жаншыған кезде шыбықта серпімді деформация пайда болады. Жұп күш және осы күштерден пайда болған моменттер $M = Pa$ әсерімен шыбық майысады. Осындайда металл мен пышақ жанасқан аймақта металдың жаншылуы байқалады. Шыбықтың бұрылуына қыспақ күші кедергі жасайды. Пышақтың әсерінен пайда болатын кернеудің мөлшері металдың пластикалық деформацияға кедергісінен үлкен болған уақытта пышақтың шыбыққа енуі басталады. Берілген материал үшін енудің мүмкін болатын ең үлкен мөлшеріне жеткен кезде озатын деп аталатын, бір-біріне қарсы қозғалатын жарық пайда болады. Пышақтар арасындағы саңылау Z-тің мөлшері дұрыс болған кезде қарама-қарсы жарықтар кездесіп, тұтас қисық сызықты бетті құрады.

Параллельді пышақтар арасында металды кесуге керекті ең үлкен күшті мынадай формуламен анықтайды: $P = kF_к\sigma_к$, мұндағы k – кесу жағдайын ескеретін коэффициент (пышақтар күйін, кесу жылдамдығын), k = 1,0...1,7; $\sigma_к$ – қиыққа кедергі, мынаған тең етіп қабылданады: $(0,7...0,8)\sigma_в$, мұндағы $\sigma_в$ – материалдың беріктік шегі; $F_к$ – қиық ауданы.

Жоғары көміртекті және қоспаланған болаттарды кесуді t = 450...650 °С температурасына дейін қыздырып жүргізеді.

Араның мынадай 3 түрін қолданады: тісті; тегіс (үйкеліс арасы); электрмеханикалық. Араның көмегімен алынған дайындамалар өлшемдерінің дәлдігімен, кесу сапасының жоғары болуымен, дайындаманың осіне қатысты бүйір жақтың перпендикулярлы болуымен сипатталады. Бірақ та арамен кескен кездегі өнімділік қосинді қайшымен кесуге қарағанда едәуір төмен.

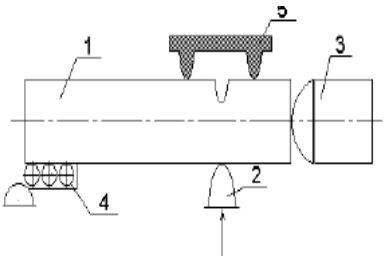
Тісті аралармен болатты да, түсті металдарды да кеседі. Араларды таспалы және дискілі аралар деп екіге бөледі.

Үйкеліс аралары ең көп қолдануды тапты. Олар әсер еткен кезде тегіс дискі немесе өтпейтін П-ға ұқсайтын тістері бар дискі металмен үйкелісіп, жылу үлкен мөлшермен шығып шыбық кесіледі.

Электрмеханикалық араларды қолданған кезде металл мен ара түйіскен жерде электрдоға жасалынады. Осы доға түйісетін жерді балқытады. Осы аралардың жұмыс істеуі үйкеліс арасымен ұқсас болып келеді. Бірақ та айтылған араның өнімділігі жоғары және олар кішкентай шумен жұмыс істейді.

Суықтай оппырғышпен опыру (3.46-сурет) орташа қаттылықты болаттан жасалған шыбықты дайындамаға бөлу үшін қолданылады. Алдын ала кертілген шыбық 1 таянышқа 3 дейін опырғышқа 2 қойылады. Тірек 4 шыбықты басқан кезде ол кертілген жерден опырылады.

Дөңгелек шыбықты кескен кезде опырыу күшін келесі формуламен есептейді: $P = (0,4\,\beta D^3\sigma_в)(1/l_о)$.



3.46-сурет.Суықтай опырғыш көмегімен опыру сұлбасы

Кваратты шыбықты опырып сындырғанда күш мынадай формуламен табылады: $P = (0{,}5\ \beta H^3\sigma_в)(1/l_о)$, мұндағы β – түзету коэффициенті, $\beta = 0{,}4 - 0{,}9$.

Гажалынды кесу тәсілінде оттегі ағымында металды жергілікті қыздырып шыбықты кеседі. Осы тәсіл көмегімен күрделі пішіні бар кесу контурын алуға болады. Металдың үлкен шығыны кесетін жерде шлак түрінде пайда болады (қалыңдығы 4...6 мм тең болатын қабат). Жанатын көз ретінде ацетелин, бензин, керосинді қолданады. Осы тәсілмен қоспаланған металдарды өңдеуге болмайды. Өйткені кесу аймағында металдың құрылымы өзгеріп кетеді (түйіршікетердің өсуі, қоспаланған элементтердің жанып кетуі). Осымен бірге кесудің осы тәсілінің кемшілігі болып жеткілікті деңгейде өнімділіктің жоғары емес болуы есептеледі. Кесудің басқа түрлеріне мыналар жатады: плазмалы (аргон-сутегілі, азот-сутегілі қоспалар); лазерлі; электрұшқынды кесу; анод-механикалық; қопарумен кесу.

Металды жоғалтуды тура және жасырын деп екіге бөлуге болады. Тура жоғалтуға мыналарды жатқызуға болады (кесу тәсілінен тәуелді): аралармен кесу – кесілген жер шығыны; электрлік және газдық кесу – жануға және балқуға шығындар; суықтай опыру – кейінірек қалыптаған кезде кенерекке шығын.

Жасырын кесуге мыналарды жатқызуға болады: кесу дәлдігінің төмен болуы; кесілетін дайындамалардың шет жақтарына шығын; еселіліктің орындалмауы.

Металдың жұмсалуын мынадай формуламен анықтауға болады: $Q = Q_д k$, мұндағы $Q_д$ – дайындама массасы; k – коэффициент, $k = L/(L - l_н)$; L – шыбық ұзындығы; $l_н$ – дайындаманың ұзындығы.

3.9. Көлемдік қалыптау. Ыстық және суық көлемдік қалыптау. Ашық, жабық және сығымдап қалыптау. Қалемдік қалыптауда пішіннің өзгеруі

Қалыптау деп пішіні дайын бұйымның пішініне жақын немесе дәл сәйкес келетін қалыпта металдың пішінін өзгертуді айтады. Қалыптауды ыстықтай және суықтай көлемдік қалыптау деп екіге бөледі. Ыстықтай қалыптағанда өңделетін металдың немесе қорытпаның рекристаллизация температурасынан жоғарғы температурада дайындаманы деформациялайды. Соғумен салыстырғанда қалыптаудың айырмашылығы болып металдың үш ось бойымен деформацияға ұшырауын және көлем бойынша орнықты өлшемдерді алу мүмкіндігін айтуға болады.

Қалыптаудың айырмашылығына тағы да мыналар жатады: жаншу санының көп емес болуы; жоғары өнімділік; соғу және механикалық өңдеумен салыстырғанда шығынның аз болуы. Қалыптаудың өзіндікқұны тетікті кесумен жасаудың өзіндікқұнынан 2–3 рет кіші. Бірақ та осы артықшылықтар тек арнайы сериялы өндірісте іске асырылады. Өйткені қалыптың бағасы өте жоғары. Өндірістері дамыған мемлекеттерде ыстықтай көлемдік қалыптаумен 1...1,5 млн. т болаттан жасалған соғылмалар жасалынады.

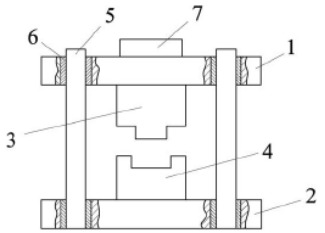
Қалыпталған соғылманың 80 % дейін әмбебап буауалы қалыптау тоқпағында, қосиінді ыстықтай қалыптау баспағында және көлбеу соғу машинасында жасалады. Тоқпақтарды баспақтарға ауыстыру тенденциясы да кездеседі. Бұрандалы қалыптау баспақ-тоқпақты және ыстықтай қалыптайтын автоматты қолдану кеңейіп келеді. Сериялы қалыптау үшін қолданылатын жабдықтарды роботманипуляторлармен және басқаратын ЭЕМ жабдықталған икемді өндірістік модульдерге біріктіреді.

Көлемдік қалыптаудың экономиялық керектілігі және оның тәсілдерін таңдау көптеген факторлардан тәуелді болады. Осы факторлардың негізгісі болып мыналар саналады: өндіріс типі (массалы, сериялы); металл немесе қорытпалардың қасиеттері және өзіндікқұны; металды деформациялайтын жабдық типі.

Құрал-сайман ретінде екі немесе одан да көп бөлшектері бар айлабұйым қолданылады. Осы бөлімдер жанасқан кезде

тетіктің пішініне сәйкес келетін көлемдік қуыс құрылады. Айлабұйымды қалып деп атайды. Әртүрлі тетіктерді өндіру үшін керекті қалыптар саны қалыптанатын соғылманың санына сәйкес келеді.

Қалып келесі негізгі бөлімдерден (3.47-сурет) тұрады: жоғарғы тақта 1; төменгі тақта 2; қалыптың жоғарғы бөлімі (сотан) 3; қалыптың төменгі бөлімі (ұяқалып) 4; бағыттаушы бағанашық 5; бағыттаушыға кіретін төлкелер 6; саға 7 (жағарғы тоқтаға баспақталған, баспақ сырғағы ұясына қондырылады және сол жерге бекітіледі).



3.47-сурет. Көлемдік қалыптау қалыбының типтік құрылымы

Суықтай көлемдік қалыптау суық пластикалық деформацияны қолдануға негізделген. Суықтай көлемдік қалыптаудың барлық операциялары А-дан Н-ға дейінгі көрсеткіші бар 12 топқа бөлінген. Осылардың негізгісі болып мыналар саналады: шөктіру; көлемдік пішінөзгерту; жазықтық және көлемдік мөлшерлеу; суықтай сығымдау; бөлігін шөктіру; безеулеу.

Суықтай көлемдік қалыптаудың мынадай артықшылықтары бар: деформация әсерімен беріктенудің себебінен тетіктердің механикалық қасиеттерінің жоғары болуы; соғылманың өлшемдерінің дәл (8...9 класс) және сапасының жоғары болуы; металды пайдалану коэффициентінің үлкеюі (орташа 82...93 % дейін); процестің өнімділігінің жоғары болуы (бірдей тетіктерді кесумен өңдейтін қазіргі заманғы автоматтарда және қосиінді баспақ-автоматта жасағанда соңғысының өнімділігі 5...10 рет үлкен); процесті механизациялау және автоматтандыру мүмкіндігі.

Кемшілік ретінде мыналарды көрсетуге болады: меншікті қысымның жоғары болуы; қалыптық әбзел тұрақтылығының төмен болуы.

Көлемдік қалыптаудың типтік технологиясы мынадан тұрады: илемді дайындамаға кесу, дайындаманы қыздыру, қалыптау, кенерікті кесу, түзету, соғылманы термиялық өңдеу, оқабыршықтан тазалау, суықтай мөлшерлеу және сапаны бақылау.

Пішінөзгертудің жалпы технологиялық процесі, жабдықтың түріне қарамай мынадай бірнеше сатыны өзіне қосады: дайындау операциялары (сыртпішіндеу, шөктіру және басқа); соғылманы пішіндеу (қалыптау операциялары); көмекші операциялар (кенерікті кесу, термиялық өңдеу және басқа); таза өңдеу операциялары (кесумен өңдеу, мөлшерлеу және басқа).

Технологиялық белгісі бойынша келесі түрлерді бөліп көрсетеді: тоқпақта қалыптау; қосиінді ыстықтай қалыптау баспағында (ҚЫҚБ) қалыптау; көлденең соғу машинасында (КСМ) қалыптау.

Соғылманың сыртпішін құруды ұсталық-қалыптау жабдықтарының әр алуан түрлерінде жүргізеді. Жабдықтардың осындай әртүрлігі қалыптық әбзелді жобалаудың белгілі бір ерекшелігі бар екендігіне себепші болады. Сонымен бірге әмбебап жабдықта (тоқпақ, баспақ, көлденең соғу машиналары) қалыптағанда, қалыптың кез келген негізгі типін қолданумен байланысты ұқсас белгі де бар болады. Қалыптау қалыбымен байланысты ортақ белгілер мынадай: 1. Ашық қалыпта қалыптау (3.48-сурет); 2. Жабық қалыпта қалыптау; 3. Сығымдап қалыптау.

Ашық қалыпта қалыптағанда дайындаманың артық металы сыртқа (кенерікке) сығымдалып шығады. Сондықтан дайындаманы баспақ-қайшыда кішкентай дәлдікпен кесуге болады. Кенеріксіз қалыптаған кезде барлық металл бұйымға жұмсалады. Сондықтан металды дәл мөлшермен кесіп қалыптау қажет. Дайындаманы дәл мөлшермен кесу тек арамен кескенде ғана мүмкін.

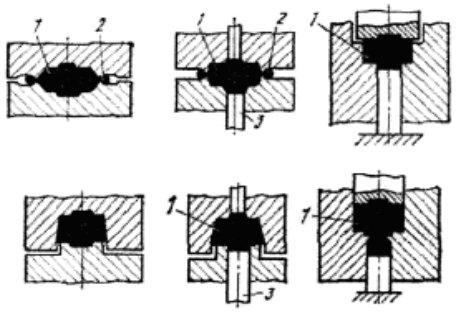
Пішінін өзгертіп қалыпталатын тетіктің ақырғы пішінін тазалай өңдейтін қалыпта алады, ал алдын ала өңделген пішінді не қаралай өңдейтін (дайындаушы) қалыпта, не арнайы жабдықта (ұсталық айналмасоғуда), немесе еркін соғумен жасайды.

Ашық қалыпта қалыптау қылаудың (кенеріктің) құрылуымен қошталады. Осы қылау арнайы технологиялық міндетті орындайды.

3.49-суретте ашық қалыпта қалыптаудың сұлбасы көрсетілген. Күш *P* әсерінен қалыптың жоғарғы жартысы 1

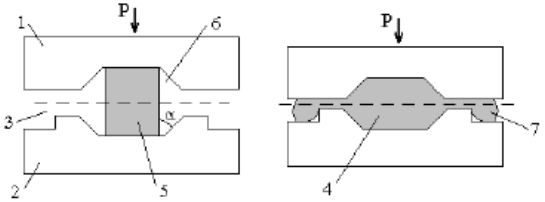
қозғалып дайындаманың 5 бүйірлік бетіне қысым түсіреді. Осындайда металл қалыптың жоғарғы 1 және төменгі 2 жартылары құрған қалып жылғасында 6 деформацияланады. Осы жылғаны толтырғаннан кейін қылау бунағына 3 ағып шығады. Осылай қалыптасқан соғылма 4 периметр бойымен қылауға иемденген. Қалыптанған соғылманы шығару үшін қалыптау еңістерін α пайдаланады. Осы қалыптау еңістерінің мөлшері 5...10° тең.

Ашық қалыптау келесі факторлармен сипатталады. Қалыптанған кезде жылғадағы металдың көлемі тұрақты емес. Демек, қалдыққа кететін металдың біраз бөлімі бар. Осындай жағдайда мынадай шарт сақталуы қажет: $V_{дай} = V_{соғ} + V_{қыл}$, мұндағы $V_{дай}$, $V_{соғ}$, $V_{қыл}$ – сәйкес дайындаманың, соғылманың және қылаудың көлемі.



а) *б*) *в*)

3.48-сурет. Жабдықтың әртүрлі түрлерінде қалыптаудың сұлбасы:
а – тоқпақ; б – баспақ; в – КСМ; 1 – қалып жылғасы;
2 – кенерік; 3 – итергіш



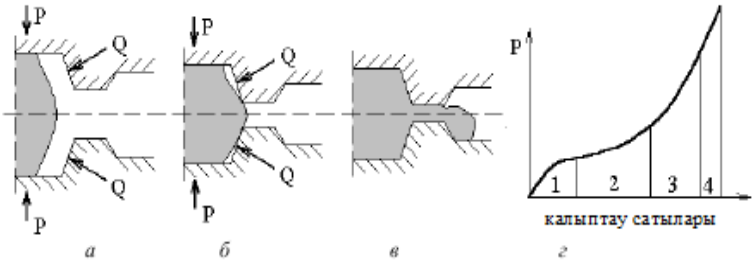
3.49-сурет. Ашық қалыпта қалыптаудың сұлбасы

Металды ығыстырып шығару бағыты қалыптың қозғалу бағытына перпендикулярлы.

Қылау металдың ағып шығуына қарама-қарсы қысымды тудырады. Осы қысым қалыптағы гидростатикалық қысымды үлкейте отырып жылғаның бұрыштарын толтыруға мүмкіндік жасайды. Осындайда қалыптың толуын реттеуге мүмкіндік пайда болады.

Ашық қалыптауды жүргізген кезде металдың ағуының мынандай 3 негізгі сатысын бөліп көрсетуге болады (3.50-сурет): еркін шөгу (3.50, *а*-сурет); қалыптың толуы (3.50, *б*-сурет); қылауды ығыстырып шығару (3.50, *в*-сурет). Тәжірибеде төртінші саты да бар. Осы төртінші саты қалыптың жылғасы толып, бірақ соғылма биіктігі бойынша толық деформацияланып болмаса пайда болады. Сатылар бойынша қалыптау күшінің өзгеруі 3.50, *г*-суретінде көрсетілген.

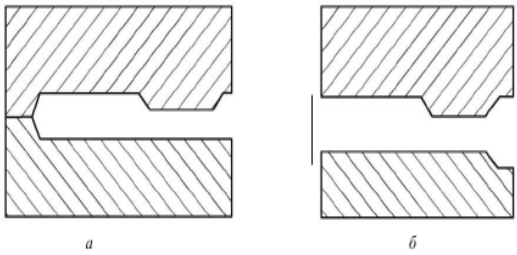
Ашық қалыпта қалыптаудың негізгі кемшілігі болып көп металдың қылауға ағып шығуы саналады. Металдың қылауға шығуы соғылманың пішіні мен массасынан тәуелді болады және мөлшері 30 % дейін жетуі мүмкін. Осымен бірге қылауды кескен кезде металл талшығы да кесіліп кетеді. Бұл соғылманың сапасын едәуір азайтуға алып келеді.



3.50-сурет. Қалыптаған кезде металдың ағу сатылары сұлбасы:
а – еркін шөгу сатысы; б – қалыпты толтыру;
в – қылауды ығыстырып шығару сатысы

Қылау (кенерік) саңылауын арнайы бунақ түрінде жасайды. Ол магазиннен (қабылдау бөлімі) және көпірден (қалыптың негізгі қуысынан қабылдау бөліміне өтетін бөлім) тұрады.

Магазиннің үштен екі бөлігінен көп емес көлемі металмен толтырылуы керек. Қарсы жағдайда қалып сынып кетуі мүмкін. Бунақтардың мынадай 2 түрін жасайды (3.51-сурет): еркін жүрісі бар машиналар үшін (тоқпақ, гидробаспақ); реттелген жүрісі бар машиналар үшін (қосиінді баспақ).



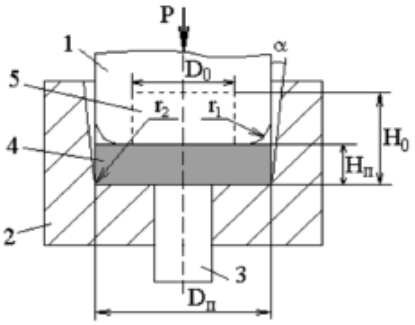
3.51-сурет. Қылау бунағының пішіндері:
а – еркін жүрісі бар машиналар үшін; б – реттелген жүрісі бар машиналар үшін

Жабық қалыпта қалыптауды (қылаусыз қалыптау) қимасының өлшемдерінде кішкентай айырмашылық бар болатын күрделі емес пішінді соғылмалар үшін қолданады. Диаметрі D_0 және биіктігі H_0 болатын дайындаманы 5 (3.52-сурет) ұяқалыпқа 2 қояды. Сотан 1 қозғалған кезде дайындаманың жүйелі шөгуі жүріп қалыптың қуысы толады. Осындайда берілген өлшемі бар соғылма жасалынады. Мұндай жағдайда сайман қалып жылғасынан цилиндрлі соғылманы 4 еркін шығаруға мүмкіндік бермейді. Қалып қуысынан соғылманы шығару үшін қалыптау еңісін α және итеріп шығарғышты 3 қолданады. Көлденең соғу машинасы үшін қалып ажырамалы түрмен жасалып үш бөлімнен (сотан, ажырайтын ұяқалып) тұруы мүмкін.

Тәжірибелік металдың кейбір бөлімі жабық қалыптың ажырайтын бөлімдері арасындағы саңылауға ағып кіріп кішкентай қылауды құрады. Пайда болған қылаудың көлемі дайындама көлемінің ауытқуынан және қалыптың тозуынан тәуелді болады. Дайындаманың көлемі үлкен болған кезде, жылғаның толуын дәл анықтау мүмкін болмайтындықтан, қалып іштен кернеуленуі мүмкін. Бұл қалыптың ұзақ

тұрақтылығына теріс әсерін тигізеді. Сондықтан жабық қалыпта қалыптаған кездегі технологиялық процесті есептеу үшін қабылданған негізгі қатынас болып мынау саналады: $V_{дай} \approx V_{жыл}$.

Ашық қалыптаумен салыстырғанда жабық қалыпта қалыптау мынадай артықшылықтармен сипатталады: металдың едәуір үнемді қолданылуы; қылауды кесу қосымша операциясын қолданбау; қолайлы барлық жақтан қысу сұлбасы; қалыптау еңісі мөлшерінің кішкентай болуы ($\alpha = 1...3°$). Пластикалық қасиеті төмен қорытпаларды қалыптағанда жабық қалыпта қалыптау сұлбасы әсіресе пайдалы. Өйткені қалып қуысы қабырғаларының бүйірден тіреу жасауы гидростатикалық қысымды едәуір жоғарылатады. Нәтижесінде металдың пластикалық қасиеті жоғарылайды. Осымен бірге металдың талшықтары соғылманың бет жақ көрінісін алатындығымен соғылманың макроқұрылымы сипатталады және талшық кесілмейді.



3.52-сурет. Жабық қалыпта қалыптаудың сұлбасы

Жабық қалыпта қалыптау тәсілінің негізгі кемшілігі болып қалыптаудың әмбебапсыз болуы саналады. Мысалы, бет жағы дөңгелек соғылманы жабық жылғада қалыптамайды. Өйткені сайманның құрылымында үшкір жерлер бар болғандықтан қалып ернеуінің тұрақтылығы төмен болады. Жабық қалыпты қолданудың аймағын мынадай факторлар едәуір азайтады: қалыптанатын соғылманың ұтымды пішінің аз болуы; металды дәл мөлшерлеу қажетілігі.

Дайындама мен соғылма көлемдері тең болу шартты бұзылған кезде жабдық қалыпқа көп күшті түсірмеу мақсатымен компенсаторларды қолданады. Бұл артық металл ағып баратын арнайы қабылдағыш. Айтылған қабылдағышты қалыптың металмен ең қиын толтырылатын жерлерінде орналастырады. Осы жерлерге соғылма толық пішінделіп болғаннан кейін артық металл сығымдалып ағып барады. Жеке жағдайларда компенсаторлар қылау бунағы атқаратын жұмысты жасайды, яғни қалып қуысынан шығатын жерлерде металдың ағуын тежеп, осы қуыстың барлық бұрыштарын толтыруды қамтамасыз етеді. Сонымен бірге артық металдар компенсаторларға ағып барып жабдық пен сайманға артық күшті түсірмейді.

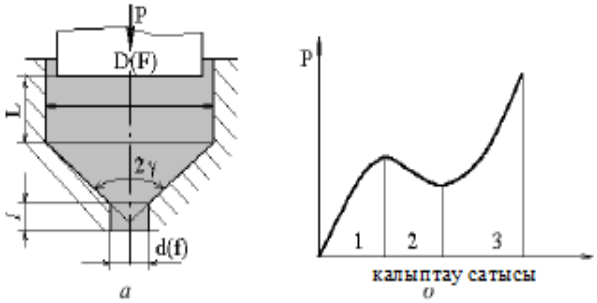
Жабық қалыптауда қылау қарастырылмайтын болғандықтан және пішінөзгертудің екі сатысы ғана (шөктіру және қалыпты толтыру) іске асатын болғандықтан, қалыптаудың барлық басқа параметрлері бірдей болғанда, осы жабық қалыпта қалыптаудың күші ашық қалыпта қалыптау күшімен салыстырғанда ылғи кіші болады.

Жабық қалыпта қалыптаудың артықшылығана мынаны жатқызады: қылауды кесу операциясын қолданбау; металдарды өңдеуге жақсы барлық жақтан қысатын сұлба; ашық қалыпта қалыптаумен салыстырғанда металдың едәуір үнемділігі.

Жабық қалыпта қалыптаудың кемшілігіне мыналарды жатқызады: қалыптаудың әмбебап емес болуы; қалыптанатын соғылмалар пішінінің шектеулі болуы; қалып қуысындағы металды дәл мөлшерлеу керектігі ($V_{дай} = V_{соғ}$); биіктігі бойынша соғылманың дәлдігі төмен болуы; қалып құрылымының күрделі болуы (итеріп шығарғыштардың бар болуы).

Сығымдаумен қалыптау жабық қалыптаудың бір кемшілігін жояды, яғни қалып пішінің құрылымдық жаңа шешімдері негізінде металды дәл мөлшерлеу кемшілігін жояды (3.53-сурет). Осындай қалыптағы соғылма мынадай екі негізгі бөлімнен тұрады: тұрқы және сырық бөлімі. Қалып жабық және екі ажырама жазықтығы бар етіп орындалған. Осы қалыпта *D* диаметрімен сипатталатын негізгі қуыс (3.53, *а*-сурет) және диаметрі *d* болатын сығымдау қуысы бар. Бұл процестің мынадай түрлері бар: тура сығымдау; кері сығымдау;

құрастырылған сығымдау; бүйірлік сығымдау. Сығымдаудың соңғы түрлері сайманның қозғалу бағытына қарағанда металдың қозғалу бағытының әртүрлі болуымен айырмашылықта болады.



3.53-сурет. Сығымдаумен қалыптау: *а – процесс сұлбасы; б – қалыптау күшінің диаграммасы*

Сығымдаумен қалыптаудың мынадай бірнеше артықшылығын бөліп айтуға болады: пластикалық қасиеті төмен қорытпалардан өлшемі дәл және бетінің сапасы жоғары соғылмаларды алу мүмкіндігі; барлық жақтан біркелкі емес қысу жағдайында пластикалық деформацияны жеңіл өткізу мүмкіндігі; соғылманың сырықтық бөліміне артық металды сығымдап шығарып, кейінірек алып тастау мүмкіндігі; жабық қалыптаумен салыстырғанда сығымдаумен қалыптағанда металдың көлемін дәл мөлшерлеу қажет емес екендігі. Сығымдаумен қалыптау процесі сайманның негізгі қуысында металдың азюы, соғылма сапасының жоғары болуы, тағы да қылауға металдың шығынының жоқ болуымен сипатталады.

Процестің ең маңызды кемшілгі болып мыналар саналады: деформациялаудың меншікті күшінің үлкен болуы; сайманның тұрақтылығының төмен болуы; соғылма пішінінің шектеулі болуы; жұмысшы сайман құрылымының күрделі болуы;

Сығымдаумен қалыптағау кезде металдың ағуы келесі ретпен іске асырылады: қалыптың негізгі қуысының бүйірлік қабырғасымен металл жанасқанша шөктіру; қалыптың негізгі қуысының толуы; сырық бөліміндегі қуысты сығымдаумен толтыру және соғылманы толық сыртпішіндеу.

Сонымен қалыптың типі металл ағысының өзгешелігін, демек оның соңғы макроқұрылымын, яғни қалыпталған тетіктің ұзақ тұрақтылығы мен беріктігін анықтайды. Осыған, қалыптау әдісін техника-экономикалық жағынан таңдаған кезде назар аудару керек. Қалыптауды жоғарыда жазылған түрге бөлімдеу негізгі болып саналады.

Кенерікпен (қылаумен) қалыптағанда металдың үлкен шығыны болатындығына қарамай (мысалы, автокөлік өндірісінде қылауға шығын қалыптайтын металл массасының 16–18 % жетеді), ол қазіргі мезгілде ең көп таралған болып келеді және жабдықтың әр алуан түрлерінде жасалынады.

3.10. Қаңылтыр қалыптау. Бөлетін және пішін өзгертетін операциялар. Жабдық және сайман. Тетікті жасаудың технологиялық сұлбасын жасау

Қаңылтыр қалыптау – өндірістің ең дамушы түрлерінің бірі. Осы қалыптау металдарды қысыммен өңдеудің басқа тәсілдерінің алдында бірқатар технологиялық және экономикалық артықшылықтарға иемденген. Мысалы, кішкентай салмағы және күрделі пішіні бар қатаң және берік тетіктерді жасау, автоматтандыру негізінде жоғары өнімділікпен тетік жасау, материалдарды үнемді қолдану, бұйымның бағасының төмен болуы.

Бұйымды болат, түсті металл, пластмассалы қаптамасы бар металдардан жасалған жолақтық, табақтық немесе таспалы дайындамадан қалыптайды. Пластикалық деформацияның тәсілі бойынша қаңылтырды қалыптауды былай бөледі: кесу; ию; кермелеу; сыртпішіндеу. Дайындаманың қалыңдығына байланысты қалыптауды жұқа қаңылтырды (4 мм дейін) және қалың қыңылтырды қалыптау деп екіге бөледі. Қалыңдығы 15...20 мм-ден үлкен дайындаманы ыстық күйде қалыптайды. Әдетте бір қалыпта қалыптаудың бірнеше операциясын қоса атқарған қолайлы.

Құрастырып қалыптаудың мәні болып бір қалыпта бірнеше операцияны біріктіру саналады. Осындайда біріктірілген операцияларды әрекет деп атайды.

Мына операцияларды біріктіруге болады: бөлетін операцияларды бөлетін операциялармен (шағу, тесу) пішінөзгертетін операцияны пішінөзгертетін операциямен (кермелеудің бірінші және келесі әрекеттері), бөлетін операцияны пішінөзгертетін операциямен (шағу, кермелеу). Бір қалыпта операцияларды біріктіру мүмкіндігі қалыптанатын тетіктердің ішкі және сыртқы өлшемдері қатнасынан тәуелді болады.

Құрастырып қалыптаған кезде жеке әрекеттерді, жолақ немесе таспа түріндегі дайындаманы қалыптың бір орнынан екінші орнына қозғалтып, баспақтың бірнеше жүрісінде тізбекпен орындауға болады. Мұндай құрастырылған қалыптауды тізбекпен қалыптау деп атайды. Егер құрастырып қалыптаудың жеке әрекеттерін бір мезгілде, баспақтың бір жүрісінде және қалыптың бір орнында жүргізетін болса, онда мұндай қалыптауды үйлестіріп қалыптау деп атайды.

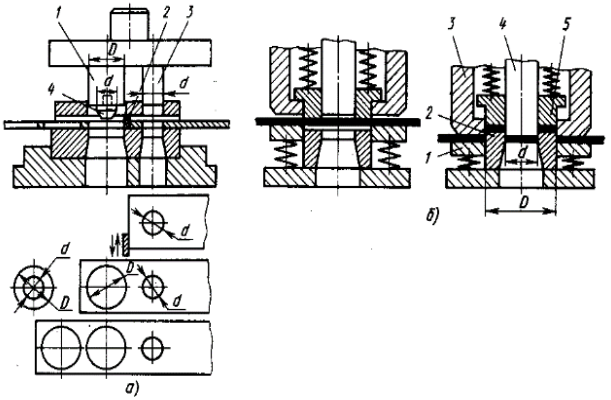
Егер тізбекпен қалыптағанда қалыптаудың бас кезінде жасалатын баспақ жүрісінің санын елемесе (осы жүрістің саны жалпы әрекеттер санынан бірге аз), онда әрекеттер санынан тәелсіз баспақтың әрбір жұмысшы жүрісінде дайын тетікті алады.

Құрастырылған қалыптауды тізбекпен және үйлесіп әсер ететін қалыптарда орындайды. Тізбекпен әсер ететін қалыпта жұмысшы сайман (сотан, ұяқалып) тізбекпен бірінен кейін бірі орналасқан (3.54, *а*-сурет), ал үйлесіп әсер ететін қалыпта айтылған жұмысшы саймандар бірінің ішінде бірі орналасқан (3.54, *б*-сурет). Тізбекпен әсер ететін қалыппен салыстырғанда үйлесіп әсер ететін қалыптарда саймандар тым ықшамды орналасқан. Олардың құрылымдары қалыптанатын тетіктің сыртқы контурын ішкіге қатысты ығысуына және қалыптау процесінде тетіктің иілуіне мүмкіндік бермейді.

Қаңылтырды қалыптаудың негізгі даму бағыты болып мыналар саналады: құйылып және соғылып жасалатын бұйымдардың орнына қаңылтырдан қалыптап бұйымдарды шығаратын өндірісті дамыту; қаңылтырды қалыптау мен пісіруді қиыстырып қолдану; қалыптауды механикаландыру және автоматтандыру; қалып құрылымын және қалыптау технологиясын жетілдіру. Құйылған және соғылған тетіктерді

жаппай өндіруді қаңылтырдан қалыпталған тетіктермен ауыстыру бұйым массасын 25...50 %, металл шығынын 30...70 %, бұйымның еңбексыйымдылығын 50...80 % азайтуға мүмкіндік береді.

Қаңылтырды қалыптаудың негізгі операциялары бөлетін (кию, шағу, тесу, кесу, керту, т. б.) және пішінөзгертетін (ию, бұрау, ернеу ию, түзету, кермелеу, бедерлі қорамалау, көмкеру, безеулеу, бөлігін шөгу, т. б.) болып екіге бөлінеді. Осы операцияларға жалпы болып мыналар саналады: жазық илемнен жасалған дайындамаларды қолдану; қаңылтыр қалыптау операцияларында дайындаманың қалыңдығының кішентай ғана өзгеруі. Қаңылтырды қалыптаудың бөлетін операциялары қолданылатын сайманның (жабдық) типі бойынша мынадай 2 топқа бөлінеді: металды қайшымен кесетін (көптеген жағдайды дайындаушы болып саналады); қалыпта металды кесетін.



3.54-сурет. Тығырықты қалыптайтын қалыптар:
а – тізбекпен әсер ететін (1 – шағуға үшін сотан; 2 – таяныш; 3 – тесу үшін сотан; қалдық алғыш); б – үйлесіп әсер ететін (1 – қалдықалғыш; 2 – сотан-ұяқалып; 3 – шағу үшін ұяқалып; 4 – тесу үшін сотан; 5 – итеріп шығарғыш

Қаңылтырды қалыптаудың бөлетін және пішінөзгертетін операциялары үшін әртүрлі жабдықтарды қолданады. Осылардың ішінде негізгі болып қосиінді қаңылтырқалыптаушы баспақ саналады. Осымен бірге қаңылтыр қалыптау цехында

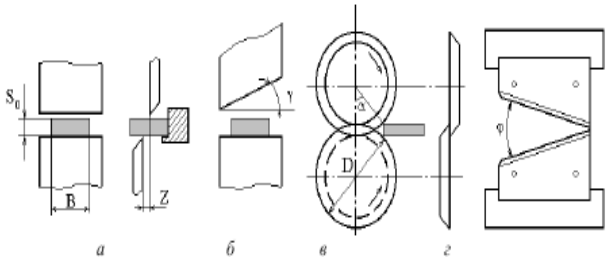
мынадай жабдықтар қолданылады: көлбеу қайшы; гидравликалық және безеулейтін баспақ; иетін автоматтар; лазерлі кесетін агрегаттар, т. б. Сайман ретінде қалыпты қолданады. Осы қалыптардың құрылымы қарапайым (шағатын қалып) және жеткілікті күрделі (тізбекпен және үйлесіп әсер ететін қалыптар) болуы мүмкін. Техникалық жетілдірілген, бірақ та күрделі және қымбат қалыптарды ірі сериялы және жаппай өндірісте қолдану экономикалық тиімді.

Қаңылтырды қалыптаудың типтік технологиялық процесі келесі сатылардан тұрады: дайындау операциялары (жолақтарды пішімдеу, оларды дайындамаларға кесу, т. б.), қалыптау операциялары, таза өңдеу операциялары. Қаңылтырлы материалдарды қалыптаумен бірге цехтарда тағы да мынадай операцияларды жасайды: дайындаманы түзету, термиялық өңдеу (металдың пластикалық қасиетін қалпына келтіру үшін аралық босаңдату, т. б.), таза өңдеу (әрлеу, бояу, т. б.).

Қалыптаудың технологиялық сұлбасын негізгі қалыптаушы және қосалқы жабдықтардың бар болуы, тетіктің күрделілігі және оның механикалық қасиетіне қойылатын талапқа байланысты қалыптастырылады.

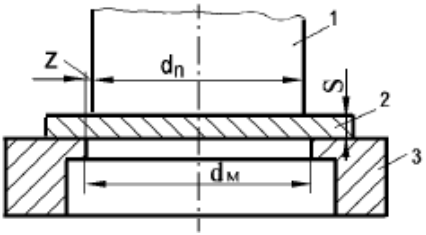
Суықтай қаңылтыр қалыптау үшін қаңылтыр металын қайшының көмегімен алдын ала керекті өлшемі бар жолаққа немесе дайындамаға кеседі. Қаңылтыр қалыптайтын цехтарда қолданылатын қайшылардың негізгі типтері болып мынадай қайшылар саналады (3.55-сурет): параллель пышағы бар қайшылар; еңкіш пышағы бар қайшылар (көлбеу қайшы), дискілі және дірілді қайшылар.

Параллель пышағы бар қайшыларды тар және қалың жолақтарды, металл емес материалдарды кесу үшін қолданады. Еңкіш пышағы бар қайшыларда кесу тәсілі металдан жасалған қаңылтырларды кесу үшін ең көп таралған тәсіл болып саналады. Орам металдарды және таспа жиегін кесу үшін дискілі қайшыларды қолданады. Дірілді кайшыларды қисықсызықты пішіні бар даналы дайындамаларды кесу үшін пайдаланады, ал басқа дайындамаларды кесу үшін сирек қолданады.



3.55-сурет. Қайшы көмегімен қаңылтыр металын кесудің сұлбасы:
а – параллель пышақтары бар қайшылар; б – көлбеу қайшылар;
в – дискілі қайшылар; г – дірілді қайшылар

Металды қалыппен кесудің негізгі операциялары болып шағу және тесу операциялары саналады. Осындайда сотан және ұяқалып көмегімен тұйық контур бойынша дайындаманың бір бөлімін екінші бөлімнен бөлетін операция түрінде осы процестерді көрсетуге болады (3.56-сурет). Шаққан кезде ұяқалыпта қалатын дайындаманың бөлімін қалдық деп айтады, ал тескен кезде дайындаманың сол бөлімін тетік деп айтады. Қайшымен кескендегі сияқты қалыппен кесу процесі мынадай 3 сатыдан тұрады: серпімді деформация, пластикалық деформация және опырылып сыну. Осындайда ретпен ұяқалып және сотан жағынан сақиналы белдешемен енетін серпімді иілу, иетін момент пайда болады және ұяқалып пен сотан жағынан жарық пайда болып оның дамуы жүреді.



3.56-сурет. Шағу қалыбында шағу сұлбасы:
1 – сотан; 2 – дайындама; 3 – ұяқалып

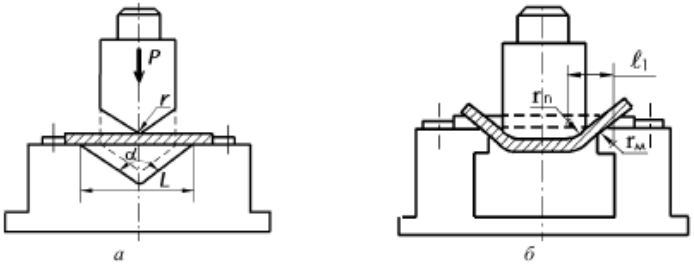
Металдың деформациясына және энергиякүштік параметрлерге ең үлкен әсерді z саңылауының мөлшері тигізеді. Саңылаудың мөлшері ең жақсы болған кезде (z = (5...10 %)S) ығысу беттері және сотан жағындағы жарықтар мен ұяқалып жағындағы сәйкес жарықтар кездесіп металл сапалы кесіледі. Саңылау мөлшері кішкентай және металдың қалыңдығы үлкен болғанда жарықтардың кездеспеуінен сақиналы далдаша құрылып, жаңа опыру жарықтары пайда болып, далдаша қайтадан кесіледі. Осы себептен тетікте мынадай ақаулар пайда болады: жыртық, созылған қылауы бар қос қиық.

Бөлетін операциялар қаңылтырдан жасалған материалды пішімдеу үшін қолданылады. Пішіндеу деп қалыптанатын тетіктің немесе дайындаманың табақта, жолақта немесе таспада ұтымды әдіспен орналастырып қиюды айтады. Орналастырған кезде пішіндеу мынаны қамтамасыз етуі керек: металдың минимальды шығынын, қалыпты қарапайым етіп құрылымдауды; жоғары өнімділікті. Егер қаңылтырды кескен кезде пішіндеудің түрлерін көлденең, бойлық және құрастырылған деп үшке бөлсе, онда жолақты кескен кезде осы пішіндеуді қалдықпен, жарым-жарты қалдықпен және қалдықсыз деп үшке бөледі. Пішіндеген кезде пайда болатын шығындар мынадан тәуелді болады: тетіктің геометриялық пішінінен; қаңылтырлы материалдардың еселілік еместігінен; далдашаның (контур аралық және сыртқы) мөлшерінен; кесуге әдіптің мөлшерінен. Қаңылтыр қалыптауда тағы да пішіндеудің мынадай түрлерін қолданады: көпқатарлы; еңкіш; қарсы және т. б. Пішіндеудің ең жақсы вариантын таңдау қалыптаудың ең жақсы процесін жасауға және металды қолдану коэффициентінің ең жоғары мәнін алуға мүкіндік береді. Металды қолдану коэффициенті жалпы жағдайда дайын бұйымның қосынды ауданы мен дайындама ауданының қатынасы түрінде анықталады.

Ию – бұл қалыптар көмегімен жазық дайындамадан кеңістікте иілген тетікті алуға мүмкіндік беретін қаңылтыр қалыптаудың технологиялық операциясы (3.57-сурет). Ию операциясы былай бөлінеді: бірбұрышты; екібұрышты; көпбұрышты. Ию процесінде дайындаманың ішкі бетінің жанында орналасқан металл қабаттары (талшықтар) бойлық

бағытта қысылуға және көлденең бағытта созылуға түседі, ал сыртқы беттің жанында орналасқан қабаттар бойлық бағытта созылуға және көлденең бағытта қысылуға түседі. Типтік ақау болып үлкен деформация дәрежесінде ию бұрышында созылған талшықтардың жарылуы саналады.

Бірбұрышты ию процесінің реті өзіне мынадай 3 сатыны қосады: серпімді иілу, серпімді-пластикалық иілу және мөлшерлеу. Осы сатылар орындалған кезде қисықтық радиусы және иілу ұзындығы біртіндеп азаяды. Ию операциясын орындаған кезде материалда серпімді деформацияның бар екендігін ылғида ескеру қажет. Өйткені серпімді деформация себебінен июден кейінгі бұйымның пішіні қалыптың пішінен айырмашылықта болады. Берілген иілу бұрышын және радиусын алу үшін июдің екінші сатысынан кейін қалыптағы (сотандағы) ию бұрышын және радиуын серіппелу мөлшеріне азайту қажет.



3.57-сурет. Бірбұрышты (*а*) және екібұрышты (*б*) июдің сұлбасы

Кермелеу – бұл жазық немесе қуыс дайындаманы үстінен ашық, контуры түйық қуыс бұйымға айналдыруға мүмкіндік беретін қаңылтыр қалыптаудың технологиялық операциясы. Алынатын тетіктердің геометриялық пішіні бойынша кермелеу операциясымен жасалатын бұйымдарды былай бөледі: осимметриялы; қорапты, күрделі симметриялы емес пішінді. Осымен бірге кермелеуді қыспағы бар және қыспағы жоқ, ал тағы да бұйымның қабырғасын жіңішкертетін және жіңішкертетпейтін деп бөледі.

Сөйтіп кермелеумен құрама пішіні әртүрлі тетіктерді жасайды. Кермелеумен тетікті жасаған кезде бірнеше

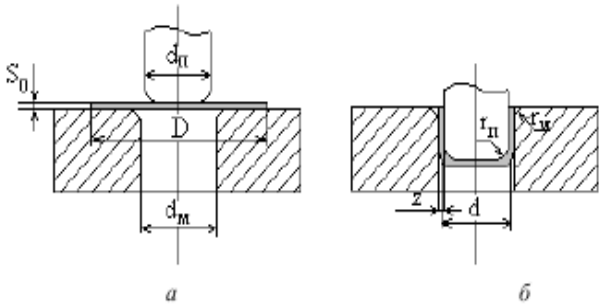
әрекеттерді қолданады. Бірінші әрекетте жазық дайындаманы кеңістіктік тетікке немесе жартылайөнімге айналдырады, ал келесі әрекеттерде қуыс жартылайөнімнің пішінін ары қарай өзгертуді жүргізеді, яғни бір мезгілде оның биіктігін үлкейтіп көлденең қимасын азайтады.

Қыспақсыз кермелеудің сұлбасы 3.58-суретте келтірілген. Пішін өзгертудің реті мынадай: сотан дайындаманың орталық бөліміне әсер етіп, ұяқалып және сотан жағынан иетін моментті тудырады. Осындай әсерден дайындама майысады. Сотан ары қарай төмен қозғалған кезде дайындаманың ернемектік бөлімін пластикалық күйге өткізуге жеткілікті болатын радиалды тартатын кернеулер осы бөлімде пайда болды. Осы уақыттан бастап кермеленетін бұйымның бүйірлік беті құрылады, дайындаманың диаметрі азайатын болып дайындама ұяқалыпқа тартылады. Радиалды тартатын кернеулердің σ_r әсері ернемекте тангенциальдық бағытта қысатын кернеулердің σ_θ пайда болуына алып келеді. Осы кернеулердің бірігіп әсер етуі ұяқалып тесігіне ернемекті тартуды және бұйымды жасауды қамтамасыз етеді (3.58, *б*-сурет).

Кермелеудің бір операциясында бір терең емес тетікті алуға болады. Өйткені кермелеудің үлкен дәрежесінде қауіпті аймақтарда (ернемектен қабырғаға және қабырғадан түп жаққа өтетін жерлерде) радиалды тартатын кернеудің σ_r мөлшері максимальды мөлшерден σ_{rmax} асып кетіп, ернемек немесе түп жұлынып кетуі мүмкін.

Кермелеген кезде деформация мөлшерін кермеулеудің геометриялық коэффициенті $m_в$ көмегімен былай бағалауға болады: $m_в = d/D$.

Кермеленетін тетіктің биіктігі мен диаметрінің қатынасына, ал тағы да дайындаманың салыстырмалы қалыңдығына $A = (S/D)100\%$ байланысты кермелеу бір немесе бірнеше операциямен орындалуы мүмкін. Негізнен кермелеуді аралық босаңдатуды қолданбай операцияның аз санымен жүргізген дұрыс. Сондықтан есептеу жүргізген кезде минимальды рұқсат берілетін кермелеу коэффициентін m_{min} қолданады. Осы кермелеу коэффициентінің мөлшері әрекет нөмірінен, салыстырмалы қалыңдықтан және дайындаманың материалынан тәуелді.



3.58-сурет. Кермелеу сұлбасы:
а – деформацияға дейін; б – деформациядан кейін

Осі симметриялы тетіктерді көпәрекетпен кермелеу үшін дайындаманың өлшемдерін есептеген кезде, қосынды кермелеу коэффициенті жеке коэффициенттердің көбейтіндісіне тең шартын қолданады, яғни $m_\Sigma = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \ldots \cdot m_n$, ал *i*-нші әрекетте кермелеудің мүмкін екенін анықтау үшін мынадай шарт орындайды: $m_{кі} \geq m_{min}$.

Сыртпішіндеу операцияларына мыналарды жатқызады: бедерлі сыртпішіндеу; көмкеру; кеңейту, жаншу және безеулеу.

Бедерлі сыртпішіндеу – бұл жергілікті шоғырланған тарту деформациясы есебінен дөңес-ойық бедерлерді алу үшін қолданылатын қаңылтыр қалыптаудың операциясы. Осындай тәсілмен мыналарды алады: суреттер; қатаңдық қырын (осы қатаңдық қыры тетіктің жалпы қатаңдығын 100...200 % көбейтеді). Айтылған тәсіл серіппеленуді азайтады (дәлдікті жоғарылатады), металдың қалыңдығын азайтуға мүмкіндік береді.

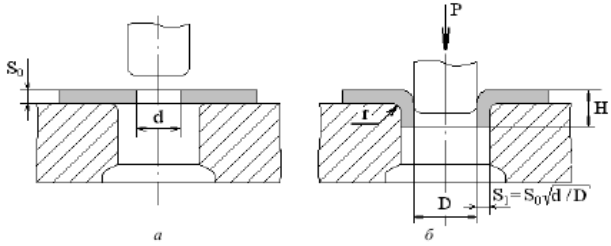
Тесікті *көмкеру* процесі (3.59-сурет) цилиндрлі немесе басқа пішінді ернеуі және үлкен өлшемді тесігі бар бұйымды алдын ала тесік тесілген қуыс немесе жазық бұйымнан алатын қаңылтыр қалыптау операциясы болып саналады.

Көмкеруді орындаған кезде деформацияның сипаттамасы ретінде көмкеру коэффициентін K_0 қолданады. Осы коэффициентті алдын ала тесілген тесіктің диаметрі (d_0) мен көмкерілген тесіктің диаметрі (D) қатынасын есептеп анықтайды. Көмкерген кезде типтік ақау болып ернеу шетінде пайда болатын жарықтар саналады.

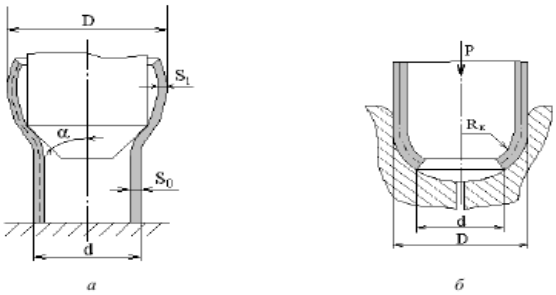
Кеңейту – бұл қуыс цилиндрлі дайындаманың шет жақтарын үлкейтуге арналған қаңылтырды сыртпішіндейтін операция (3.60, *а*-сурет). Осы операцияның басқа түрлеріне мыналар жатады: резеңкелі сотанмен кеңейту; сұйықтың көмегімен кеңейту (гидравликалық).

Жаншу – бұл қуыс цилиндрлі тетіктің шет жақтарының көлденең өлшемдерін азайтуға қолданылатын қаңылтыр сыртпішіндеудің операциясы (3.60, *б*-сурет). Осы операцияны қылта және гильза типті тетіктерді жасау үшін қолданады. Қағида бойынша бұл операция майды қолданып жүргізіледі. Операцияның түрлері ретінде механикалық баспақта тік қысыммен жүргізілетін құбырлық қиманы жаншуды және қуыс тетіктерді жаншуды айтуға болады.

Безеулеу қаңылтырлы дайындамада бедерлі суреттерді алуға қолданылатын операция. Негізінен көркемдік бұйымдарды жасау үшін қолданылады. Деформациялау үшін арнайы безеулеу баспағын пайдаланады.



3.59-сурет. Тесікті көмкеру сұлбасы:
а – деформацияға дейін; б – деформациядан кейін



3.60-сурет. Кеңейтудің (*а*) және жаншудың (*б*) сұлбасы

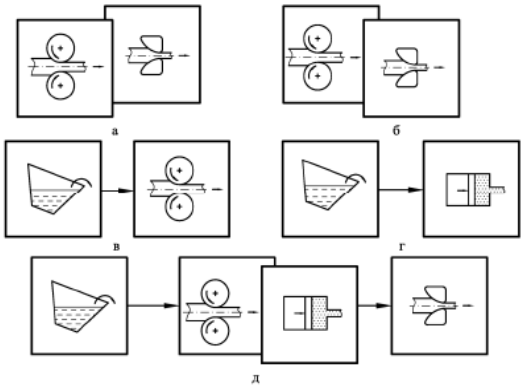
3.11. Металл бұйымды өндірудің қатар қолдану процестері. Металдарды қысыммен өңдеудің қиыстырылған операциялары. Түсті металдар мен қорытпаларды илемдеу мен баспақтауды қатар қолданып өңдейтін тәсілдер мен қондырғылар

Түсті металдар мен қорытпалар өндіру саласында қарапайым және күрделі өңдеу түрлері бар екендігін көрсетуге болады. Қарапайым процестер деп күш түсірудің немесе металл ағысының бағытын ауыстырмай, бір деформация ошағында тек бір рет өңдейтін циклді өзіне қосатын процесті айтады. Күрделі процестер бір деформация ошағында бірнеше әсерді беруді (бірнеше операциямен деформациялау) немесе металдың қозғалу бағытын ауыстырып, айтылған әсерлерді (операциялар) қиыстырып беруді өзіне қосады. Түсті металдар мен қорытпаларды өңдеу операцияларының әр алуандылығын топтау үшін қарапайым процестер әсерлескен кезде жаңа кешенді қасиетке иемденетін (қиыстырылған жеке операциялардың кемшіліктерін жойатын) жаңа күрделі процесс қалай пайда болатындығын қарап шығайық.

Орнық процесі деп күшті түсірген уақытта күштің сыртқы үлестірімінің және пластикалық деформация (кристалдану) ошағының бетінде осы күштің бағытының өзгермеуін айтады. Металдарды өңдеу үшін негізгі орнық процесі болып мыналар саналады: құю, илемдеу, баспақтау, сымдау, шөктіру, бұрау, ықшамдау және термиялық өңдеу.

Осындайда, өңдеудің қиыстырылған процесі деп екі және одан да көп орнық простерін қиыстырып қолдануды айтатын боламыз. Осы қиыстырылған процесте бір деформация ошағында күшті интегралды түсіру, ал кейбірде металдың ағу бағытын өзгертетін күшті интегралды түсіру жүреді. Мұндай қиыстырылған процестің типтік мысалы ретінде илемдеу-сымдау процесін айтуға болады. Осы процесте илемдеуді жолақтың аяққы жағын тартып жүргізеді. Осындайда, тарту күшінің мөлшеріне байланысты илемдеу-сымдау (3.61, *а*-сурет) шекті жағдайда сымдау-илемдеуге айналуы мүмкін (3.61, *б*-

сурет). Соңғы жағдай да созу процесінің үлесі пішінбілікте жаншу процесімен салыстырғанда басым болады.



3.61-сурет. Металдарды өңдеудің қиыстырылған (*а*, *б*), үйлестірілген (*в*, *г*) және үйлестіре-қиыстырлған (*д*) процестерінің сұлбасы

Үйлестірілген процесс тым күрделі процесс болып есептеледі және орнық процестерінің уақытта немесе кеңістікте бөлінуімен сипатталады. Осындайда, типтік процеске құю және илемдеу (3.61, *в*-сурет) процесін жатқызуға болады. Осы құю және илемдеу процесінде дайындаманы кристаллизатор көмегімен алады, ал содан кейін үздіксіз орнақта илемдейді. Айтылған типтік процеске үздіксіз экструдирлеуді жүргізетін құю мен баспақтау процесін жатқызуға болады. Тағы да осы типтік процеске құймакесексіз металды өңдеу сұлбасын да жатқызуға мүмкіндік бар. Осындай жағдайда металды өңдеу процестерін ретпен тізбекке тұрғызады және тек біреуін бітіргеннен кейін екіншісін бастайды. Бұл процестер ретінде мынадай процестері бөліп көрсетуге болады: құю, илемдеу, жоңғылау және таспаны босаңдатудың үйлестірілген процестері. Өндірісте осындау процестерді қолдана отырып өндірістің үнемділігін және өнім сапасын түп негізінен жоғарылатуға болады деп есептейді.

Соңғы жылдары үйлестіре-қиыстырылған процестерді жасау жұмыстары жүріп жатыр. Осы соңғы процесте әрбір өңдеудің жүйелі сатысында қиыстырылған процесті қолданады.

Осындай процесті іске асырудың мысалы деп мына процесті айтуға болады: құю-кристалдану, илемдеу-баспақтау, берілген диаметрге дайын бұйымды мөлшерлеу, дайын баспақ-бұйымды салқандату және орамға орау операцияларын бір мезгілде бір қондырғыда іске асыратын процесс (3.61, *д*-сурет).

Сөйтіп ұсынып отырған түсініктерді қолданып түсті металдар мен қорытпаларды өңдеудің интегралды процестерін жеткілікті жеңіл және дәл дәрежеде топтауға болады. Қазіргі уақытта осы интегралдық процестер көпфункционалды және үздіксіз болып бұрынғыдан да күрделі процеске айналуды. Осындайда металдарды өңдеу операцияларының дағдылы үйлесуіне өңдеудің ерекше түрлері қойылады, мысалы, магнитті-импульсті, дірілді, термо-механикалық, т. б.

Түсті металдар мен қорытпаларды өңдеудің осындай процестерін топтау сұлбасы 3.62-суретте көрсетілген.

Өз кезегінде қиыстырылған процестер былай бөлінеді: баспақтау-баспақтау; үздіксіз баспақтау; илемдеу-баспақтау; илемдеу-сымдау; илемдеу-соғу; илемдеу-қалыптау; бұраумен шөктіру; тығыздау-илемдеу; тығыздау-баспақтау, ал үйлестіре-қиыстырылған процестерді былай бөлуге болады: құю-илемдеу-баспақтау; құю-илемдеу-сымдау; тығыздау-илемдеу-баспақтау. Сонымен қатар үйлестірілген процестерді былай бөледі: құю-баспақтау; құю-қалыптау; құю-баспақтау-термиялық өңдеу; құю-илемдеу; құю-сымдау; құю-илемдеу-термиялық өңдеу.

Осылай топтау нақты технологиялық сұлбаны іске асыру ерекшелігін ескеруге мүмкіндік береді. Бұл сұлбада қазіргі уақытта тәжірибелік қолдану тапқан болашағы мол өңдеудің кейбір түрлері тек келтірілген. Осымен бірге осы топтау сұлбасын айтылған процестердің жаңа түрлері пайда болған кезде толықтыруға және жетілдіруге мүмкіндік бар.



3.62-сурет. Металдарды өңдеудің интегралды процестерін топтау

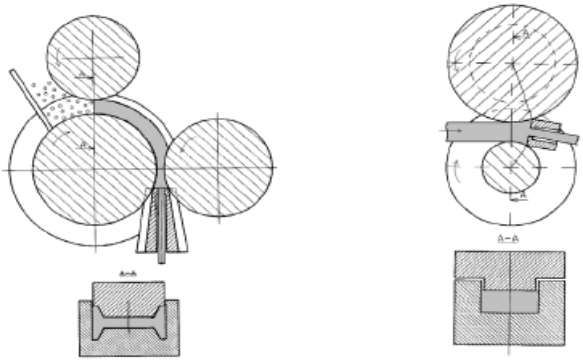
Сөйтіп түсті металдар мен қорытпаларды өңдеу процестерінің негізгі даму тенденциясының бірі болып құю мен металдарды қысыммен өңдеу операцияларын үйлестіріп қолдану саналады, -тағы да бір деформация ошағында бірнеше металдарды жүктеу сұлбасын қиыстырып пайдалану есептеледі.

Илемдеу мен баспақтауды үйлестіретін процестер негізінде жасалған қондырғылар құрылымы ең үлкен қызығуды тудырады. Өйткені көп емес энергия шығыны, деформациялайтын тораптың қарапайым құрылымы және жасалатын өнімнің түржиынының әртүрлі болуымен бұл процестер сипатталады. Ұсынылған жаңа техникалық шешімдер илемдеу-баспақтау процесін тым орнықты етіп жасауға және жоғарыда көрсетілген барлық артықшылықтарды сақтауға мүмкіндік береді.

Өндірілетін өнімнің түржиыны және белгіленуі бойынша ұсынылған құрылымдарды мынадай 3 негізгі топқа бөлуге болады: профильдер мен сымдарды өндіру үшін қолданылатын құрылғылар; құбырды жасау үшін қолданылатын құрылғылар; профильдерді, құбырларды, шыбықтарды және сымдарды жасауға мүмкіндік беретін әмбебап құрылғылар.

3.63, *а*-суретте көрсетілген қондырғы бірінші топқа жатады және көбірек алюминий және мыс қорытпаларынан баспақ-бұйым жасауға мүмкіндік береді. Бірінші қондырғыға тән негізгі техникалық шешім болып мынау саналады: пішінбілікке терең кірекесіліп жасалған жабық жылғасы бар жабық арқалықты мөлшерлегішті қолдану есебінен белсенді үйкеліс күштерін едәуір үлкейту. Осы процестің орнықтылығын едәуір жоғарылатады. Бірақ та мөлшерлегіштің күрделі пішіні ұяқалыпты дәл жасауды және пішінбілікке қыспақтан түсетін күшті бақылауды талап етеді.

Жоғарыда айтылған қондырғыны жетілдіру үшін 3.63, *б*-суретте көрсетілген қондырғының сұлбасы ұсынылған. Осы соңғы қондырғыда пішінбіліктердің еспесі мен шығыңқысы бойынша диаметрлердің берілген қатынасы, пішінбіліктердің жалпы тік осінен ұяқалыпты алыстатудың бекітілген мөлшері және осы айтылған оське қатынасты ұяқалыпты белгілі бір бұрышпен орналастыру мүмкіндігі бар қимасы тікбұрышты жәшіктік мөлшерлегіш қолданылған.



а *б*

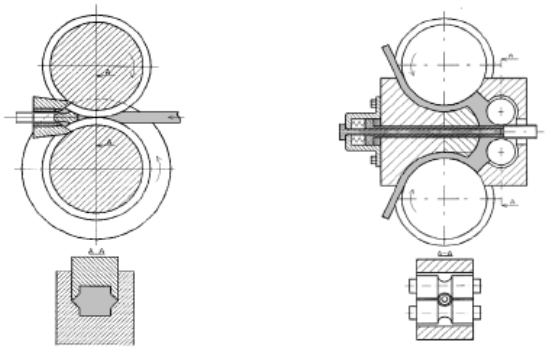
3.63-сурет. Түсті металдар мен қорытпалардан профильдер мен сымдарды жасау үшін қолданылатын қондырғылар:
а – ұнтақты материалдардан; б – құйылған дайындамадан

Үйлестірілген илемдеу-баспақтау процесі көмегімен құбырларды жасау үшін 3.64-суретте көрсетілген екі негізгі сұлба жасалған. Басымырақ алюминий қорытпасынан пісірілген құбырларды жасау үшін қолданылатын қондырғының бірінші варианты екі пішінбіліктен және ұяқалыптан тұрады (3.64, *а*-сурет). Осы қондырғының пішінбіліктері жылғаның түбі мен шығыңқы еспесі бойынша диаметрлер қатынасын 0,6...1,0 диапазонында өзгертіп, жабық мөлшерлегішті құрған және қондырғыда пішінбіліктердің осі арқылы өтетін жазықтықтан белгілі бір арақашықтықта орнатылған ұяқалыппен мөлшерлегіштің шығатын жағы жабылған.

Пісірумен баспақ-бұйым жасау үшін қиыстырылған ұяқалыпты қолданады. Бұйымның сапасын жоғарылату мақсатымен жылғаның түпкі жазықтығында және пішінбіліктер еспесінің сыртқы бетінде параллельді қабырғасы бар сақиналы арналар жасалған. Осылай жасағанда айтылған беттер әрбір біліктер үшін өздерінің төбесімен қарама-қарсы қаралған, үшкір бұрышпен сәйкес пішінбіліктердің айналу осіне еңкейген жасаушысы бар түрде жасалған.

Ұяқалыпта қорректендіретін арнаның алдында, айтылған пішінбіліктердің шығыңқы еспесі мен жылғасының сыртқы

және бүйірлік беттері құратын кеңістікте орналасқан шығыңқы жерлер жасалған. Осындайда пішінбіліктің шығыңқы еспесі мен жылға түбінің сыртқы беттері, олардың шығынқы еспе мен жылғаның бүйірлік беттерімен жанасатын аймағында түйісу мүмкіндігімен орналастырылған.



а *б*

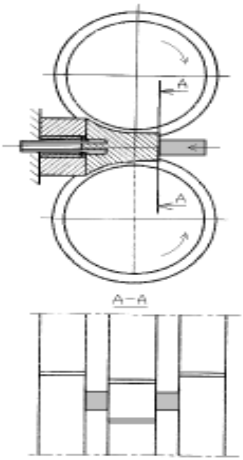
3.64-сурет. Пісірілген құбырларды (*а*) және ұзын өлшемді қуыс бұйымдарды (*б*) жасайтын қондырғылар

Қондырғы жұмыс істеген кезде дайындама пішінбіліктердің сақиналы арнасына түседі, ал содан кейін деформация ошағына беріледі, екі ағымға айырылады және таяныш алдында корректендіретін арна арқылы пісіру бөлмесіне ағып кіреді. Соңғысында металдың ағыны пісіріледі және құбыр түрінде инесі бар ұяқалып арқылы сығымдалып деформацияланады.

Алюминийден ұзын өлшемді бұйымдарды жасау үшін арналған қондырғының құрылымына (екінші вариант) арнасы бар екі пішінбілік, ұяқалып, ине, жабатын және тірейтін жиынтық кіреді (3.64, *б*-сурет). Ұяқалып жетегі бар пішінбілікті торап түрінде, ал ине телескопты түрде жасалуы мүмкін. Осы қабырғасының қалыңдығы өзгеретін құбырларды жасауға мүмкіндік береді. Бірінші вариантпен салыстырғанда негізгі айырмашылықтар болып мыналар саналады: мөлшерлегішке бір мезгілде берілетін екі дайындаманы қолданып илемдеуді жүргізу; ине мен ұяқалып құрылымды жеке тораптарға бөлінуі. Бұл технологиялық процесті тым икемді түрде жасауға және

сайманның тұрақтылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді. Жұмыс істеу уақытында тікбұрышты қимасы бар екі дайындама бір мезгілде пішінбіліктің мөлшерлегішіне беріледі. Осы мөлшерлегіште дайындамалар жаншылады, таянышқа дейін қозғалтылады, арна толық толғанша баспақталады және кейінірек пісіру бөлмесіне беріледі. Металл түскен сайын бұйымды экструдирлеуге қажетті қысым жасалады.

Үшінші топқа жататын қондырғы (3.65-сурет) екі бастапқы дайындаманы илемдеу-баспақтау операцияларымен өңдейді. Осы кезде дайындамаларды таянышқа дейін пішінбіліктердің арасында орналасқан үлкен қимасы бар пісіру бөлмесіне белсенді үйкеліс күшімен басып кіргізеді және одан ары ұяқалып арқылы профильді экструдирлеуді жүргізеді.



3.65-сурет. Әртүрлі пішінді баспақ-бұйымды жасау үшін қолданылатын әмбебап қондырғы

Қондырғы жабық мөлшерлегіші және мөлшерлегіштен шығатын жерде орналасқан ұяқалыбы бар жабдық етіп жасалған. Сонымен бірге жылғаның түбіне және оған қараған шығыңқының бетіне сақиналы арна жасалған, ал ұяқалыптың алдындағы ұяқалып ұстатқышта пісіру бөлмесін орналастырған. Қондырғы сақиналы арнада орнатылған инемен және инені ұстатқышпен қамтамасыз етілген. Осы тетіктер мөлшерлегіш қабырғасымен дайындаманы беру үшін қажетті екі арнаны құрады. Айтылған арналардың пісіру бөлмесімен қатынасы бар

және беттерінің біреуі жылға түбімен және екіншісі шығынқының бетімен шоғырландырып орындалған және осы беттер жанасатын етіп жасалған. Осымен бірге пісіру бөлмесіне кіретін жерде орналасқан және дайындаманы беретін арналарды жартылай жабатын таяныштар қондырғыда қарастырылған. Осы құрылым салыстырмалы үлкен көлденең қимасы бар профильді, тағы да инесі бар саймандық торапты қайта баптап құбырларды жасауға мүкіндік берді.

3.12. Құю мен металдарды қысыммен өңдеу процестерін үйлестіру. Құю мен илемдеуді үйлестіру тәсілімен бұйым өндіру. Құю-илемдеу агрегаттары. Құю мен баспақтаудың үздіксіз агрегаттары. Құю, илемдеу және баспақтауды үйлестіретін тәсілдер

Үздіксіз құю процестері XIX ғ. ортасында пайда болды. Осы кезде балқытуды, құюды және металдарды қысыммен өңдеуді үйлестіретін үздіксіз процестердің жалпы, дағдылы тәсілдері қалыптаса бастады. Илемдеу орнағына қыздырылған күйде үздіксіз құйылған дайындаманы беретін процесс үйлестірілген тәсілдердің ішінде бірінші болып пайда болды. Орнақта үздіксіз құйылған дайындаманың көлденең қимасы едәуір кішірейіп, дайындама сәйкес түрмен пішінін өзгерті.

Үздіксіз процестерді жүргізудің дағдылы тәсілдері негізінде балқыту, құю және илемдеуді үйлестіретін қуатты технологиялық тізбектер жасалды. Осы кезде үйлестірілген процесті іске асыратын жабдықтар құю илемдеу агрегаты деген атты алды. XX ғ. ортасынан бастап түсті металдар мен олардың қорытпаларынан дайын бұйым мен жартылай өнім шығарған кезде, балқыту, құю, илемдеудің үйлестірілген процестерін жасау үшін көлденең графиттік және металдық сырғу кристаллизаторлары және роторлы, таспалы, пішінбілікті кристаллизаторлар негізінде қуатты, жетілдірілген және автоматтандырылған агрегаттар жасалды.

Барлық өндірістік тізбектер өздерінде қолданылатын кристаллизатордың типінен тәуелсіз жалпы құрылымға иемденген. Осы тізбектердің құрылымдық айырмашылығы алынатын бұйымның түрімен, қолданылатын құятын

машинаның типімен, тұтас алғандағы агрегат өнімділігімен анықталады. Құрылымы бойынша ең қарапайым болып сырғудың көлденең кристаллизаторлары және осы кристаллизаторлар негізіндегі агрегаттар саналады. Графитті ендірмесі бар осындай кристаллизатор арқылы үздіксіз құюдың ерекшелігі болып құйылған дайындаманың қозғалу жылдамдығының салыстырмалы төмен болуы саналады.

Құю мен илемдеу процестерін үйлестіру мәселерін шешу әдістерінің бірі болып деформация аймағына дайындаманы төменгі жылдамдықпен ендіруге мүмкіндік беретін және бір өтпеде үлкен жаншу дәрежесімен илемдеуді қамтамасыз ететін периодты илемдеу орнағын қолдану саналады. Бірақ та осындай орнақтарда илемдеген кезде деформацияның ең жақсы таралуы қамтамасыз етілмейді. Осы кейбір жағдайда илемденіп жатқан металда ақаудың пайда болуына алып келеді.

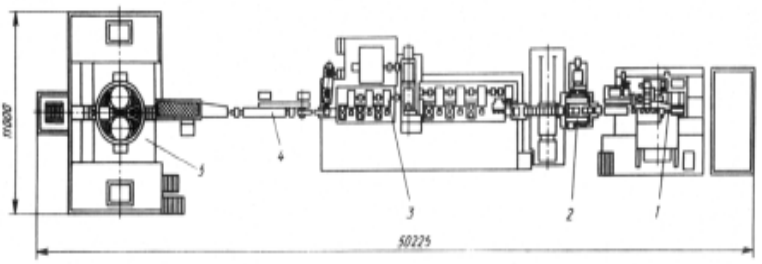
Бір технологиялық тізбекте құю мен илемдеуді үйлестірудің керекті келесі қадамы деп процесті жоғары жылдамдықпен жүргізуге мүмкіндік беретін роторлы кристаллизаторға құю тәсілін жасау саналды. Осындай машинаның қазіргі заманғы дәуірінің басы алюминийден жасалған жәмішсымды өндіруге арналған агрегатпен байланысты. Осы агрегат роторлы құю машинасынан және үздіксіз илемдеу агрегатынан тұрады.

Орташа сағаттық өнімділігі 8 т болатын алюминийлік жәмішсымды алу үшін қолданылатын ЛПА-АК8П агрегатының сұлбасы 3.66-суретте көрсетілген. Агрегат өзінің құрамында мынаған иемденген: ауданы 3300 мм^2 болатын, қимасында трапецияға ұқсайтын дайындаманы алу үшін керекті роторлы құю машинасы; екі топта екі пішінбілікті 12 қапасы кезекпен орналасқан илемдеу орнағы. Илемдеген кезде сопақ-дөңгелек мөлшерлегіші қолданылады, ал шығарылатын жәмішсымның диаметрі 9-дан 19 мм-ге дейін ауытқиды. Қойылған электрқозғалтқыштың қосынды қуаты 1500 кВт тең.

Құю мен илемдеуді үйлестіру тәсілімен жұқа жолақ пен фольганы алған кезде тікелей илемдеу орнағы пішінбілігіне сұйық металды құю тәсілін қолданады.

Үздіксіз құю тәсілдерінің және кристаллизаторлардың алуан түрлері көптеген мемлекеттерде әртүрлі технологиялық тізбектерді жасауға мүмкіндік берді. Осы технологиялық

тізбектер балқыту, құю, илемдеуді және металдарды өңдеудің басқа операцияларын үйлестіріп өзіне қосатын үздіксіз процесс болып саналады. Қазіргі уақытта осылардың негізінде, көптеген мемлекеттердің сұранысынан көп өнімді шығаратын өнеркәсіптік қуаттар жасалды.



3.66-сурет. Құю-илемдеу агрегатының сұлбасы
1 – құю машинасы; 2 – дайындаманы тасу тізбегі; 3 – илемдеу орнағы; 4 – жәмішсымды салқындату бөлімі; 5 – орағыш

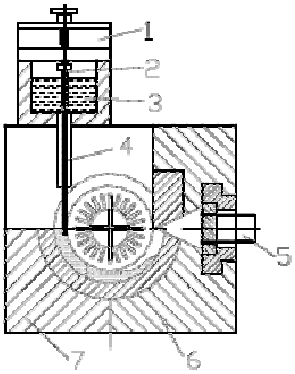
Құю мен баспақтауды үйлестіретін процестер кейінірек XX ғ. ортасында пайда болды. Осы құю мен баспақтауды үйлестіретін процестер мынадай мүмкіндіктерді берді: өндірістік тізбекті жобалауға және жасауға кететін капиталды шығынды едәуір азайту; өнімді жасауға энергия шығынын едәуір қысқарту; түсті металл мен қорытпалардан көптеген бұйымдарды шығару; ұзындығы бойынша тұрақты қасиеті мен сапасы бар бұйымды жасау. Осындай процесті іске асырудың сұлбасы 3.67-суретте келтірілген.

Осындай құрылымы бар машина сұйық металды беру жүйесімен және үлкен өлшемді башмакпен қамтамасыз етілген. Балқыған металл миксерден құю саптамасы арқылы машинаның салқындату дөңгелегінің арнасына келеді. Металды осылай тез салқындату кішкентай ликвациясы және ұсақ түйіршігі бар құйылған дайындаманы алуға, тағы да дайындама металына жоғары пластикалық қасиетке иемденуге мүмкіндік береді. Дөңгелек айналған сайын ұяқалыптың алдында металл жиналып, жиналған металл баспақталады. Бұл тәсіл сағатына 6 т дейін өнімділікпен баспақ-бұйымды жасауға мүмкіндік береді.

Осындай машинамен жұмыс жасауды іске асырудың тұрақтылығы жұмысшы дөңгелектің жылғасына балқыған металды үздіксіз беру жүйесінің нәтижелік жұмысынан өте көп тәуелді болады.

Бұл жүйе келесі талаптарға сай болуы керек: процестің бастапқы фазасында балқыған металл қатып қалмауы керек; балқыған металдың қозғалу жылдамдығы тұрақты болуы қажет және жұмысшы дөңгелектен жылуды алып кету қарқындылығымен анықталатын осы балқыған металдың қатаю жылдамдығына сәйкес келуі керек; балқыған металл ағымында құйын пайда болмауы керек, әйтпесе оның ортаңғы қабаттарына тотықтар, газдық көбікшелер және басқа заттар келіуі мүмкін. Бұл баспақ-бұйымдарда ақаулардың пайда болуына алып келуі мүмкін.

Рессей ғалымдарымен алюминий қорытпаларынан диаметрті 6 мм тең болатын шыбықты алу үшін қолданылатын құю мен баспақтаудың үйлескен қондырғысы ұсынылған. Айтылған жабдық балқыған дайындамадан ұсақ қималы профильдерді өндіру үшін қолданылады. Өндірген кезде балқыған металды үздіксіз кристалдандырады және ұяқалыптың мөлшерлегіш тесігі арқылы үздіксіз баспақтайды.

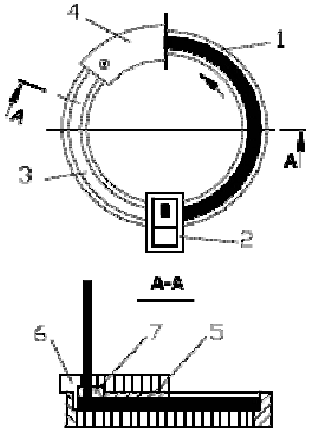


3.67-сурет. Conform-Castex тәсілімен үздіксіз құю-баспақтау процесін іске асырудың сұлбасы:
1 – құю шөміші; 2 – деңгейді реттеуші; 3 – сұйық металл; 4 – қысым құбыры; 5 – баспақ-бұйым; 6 – баспақтық башмак; 7 – қатаю үшін башмак

Қондырғы (3.68-сурет) мынадай элементтерден тұрады: жетекті айналмалы кристаллизатор 1; құятын қондырғы 2; кристаллизаторда орындалған және сауытқорамның рөлін атқататын тікбұрышты арна 3; сақиналы сегмент 4, кристаллизаторға қатысты қозғалмайтын сақиналы ендірме 5; шығынқылық 6 және ұяқалып 7. Кристаллизатордың жетегі бұрамдықты бәсендеткіш арқылы қуаты 90 кВт болатын қозғалтқышпен іске асырылады. Балқыған металл түбінде тесігі бар тікбұрышты сыйымдылық түрінде орындалған құю қондырғысы арқылы кристаллизатордың қозғалатын дөңгелегінде орналасқан арнаға беріледі.

Дөңгелекпен бірге сұйық металл сақиналы сегментке бекітілген ұяқалыпқа қарай қозғалған кезде, оның кристалдануы және берілген температураға дейін салқындауы жүреді. Осы температурада кристаллизатор арнасының үш қабырғасы және осы арнамен жанасатын сақинала ендірменің беті құрған бөлмеден металл сығымдалып шығарылады. Бөлмеден арнаның қозғалу бағыты бойынша металдың шығуып кетуін болдырмау үшін сегментте шығынқы жер жасалған. Осы шығынқы жер, арнаның сақиналы ендірмемен жанасатын аяққы бөлімінде, осы арнаның көлденең қимасын жауып тұрады. Арнада қатайған металл сегменттегі шығыңқы жерге жетеді, осыдан кейін бөлменің барлық қимасы бойынша баспақталады. Мұндай жағдайда металл мен қозғалатын арнаның бетінде пайда болатын үйкеліс күші, ұяқалыптың мөлшерлегіш тесігі арқылы металды сығымдауға жеткілікті мөлшерге дейін жетеді.

Бұл қондырғыда іске асырылатын үздіксіз құю мен баспақтау процесінде, дағдылы баспақтау тәсілімен салыстырғанда келесі артықшылықтар бар: металды құю мен баспақтау үздіксіз процестерінің үйлестіруі іске асырылады; дайындама мен контейнер арасында пайда болатын жанасу үйкеліс күші дайындаманы баспақтауға қажетті күшті жасауға мүмкіндік береді; құймакесекті өндіру үшін қолданылатын операцияларды және баспақтау алдындағы дайындаманы қыздыру операциясын қолданбайды; металдың жарамды болып шығуы көбейеді.



3.68-сурет. Үздіксіз құю мен баспақтау қондырғысының сұлбасы:
1 – жұмысшы дөңгелек; 2 – құюжол қорабы; 3 – сақиналы арна; 4 – контейнердің қозғалмайтын бөлімі (башмак); 5 – башмактың доғаға ұқсайтын шығыңқылығы; 6 – башмак таянышы; 7 – баспақтау үшін ұяқалып

Үйлескен процестердің дамуының негізгі кемшілігі болып мынау саналады: процесті ұйымдастырудың әртүрлі болуы. Өйткені көпетеген зауыттарда баспақтау процесі дискретті, ал құю процесі үздіксіз болып қалды. Деформация ошағына дайындаманы үздіксіз беру процесін іске асырған кезде (үздіксіз баспақтау процесіне тән) мәселе шешілетін болады. Осындайда энергия шығыны үнемділігі, мысалы, алюминий үшін 600 кДж/кг жетеді.

Баспақтауға кететін шығынмен салыстырғанда алюминийді үздіксіз өңдегендегі энергия шығыны үнемділігі 350 % дейін жетеді, әрі кермелеу коэффициенті кішкентай болған сайын осы үнемдеу де үлкен болады. Сонымен үздіксіз баспақтау тәсілдерін металды үздіксіз құю тәсілдерімен үйлестіріп қолдану қажет. Бұл ұсынылатын технологияның экономикалық көрсеткіштерін едәуір жоғарылатады.

Құю-баспақтау агрегатын қолдану өндірудің көлемі үлкен болған кезде және шығарылатын бұйымның түржиыны кішкентай болғанда тиімді. Осындайда мынадай артықшылықтар пайда

болады: энергия мен металл шығыны, ұтымсыз уақытты жоғалту едәуір дәрежеде қысқарады; қосымша жабдықтарды (мысалы, қыздыру пешін) орнату үшін шығын едәуір азаяды; өндірістік цикл қысқарады; бітпеген өндірістің көлемі азаяды; механизациялау мен автоматтандырудың жоғары дәрежесіне жетеді.

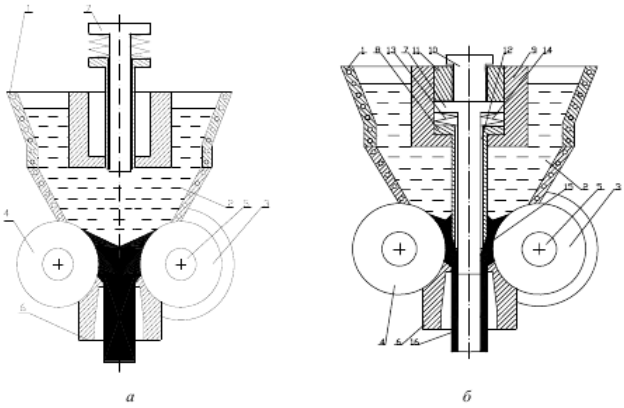
Алюминий қорытпаларынан қимасы үлкен емес баспақ-бұйымды өндіру үшін құю және илемдеу-баспақтау процестерін үйлестіріп қолдану ең жаңа шешімдердің бірі болып саналады. Тізбек құрамына мыналар кіреді: дайындаманы үздіксіз құятын қондырғы; түзетіп беруші қондырғы; металды үздіксіз өңдейтін агрегат; саймандық торап; ұяқалыпты қысатын гидроцилиндрі бар қысыңқырау қондырғысы; салқындататын қондырғы; жинаушы; қол қайшысы бар кесу үстелі; орағыш; механикалық қайшы.

Жобаланатын жабдықтың жуықты габариттік өлшемі мынаған тең: 12700×5100×4000 мм. Тізбек келесі ретпен жұмысты жасайды. Балқытылған металл пештен миксерге тиеледі. Миксерде балқыманы тұрақты температурада (720 ^{o}C) ұстап тұрады. Ары қарай миксерден летка бойымен балқыған металл дайындаманы үздіксіз құятын қондырғыға түседі. Технологиялық тізбектің вариантына байланысты соңғысының құрамына мыналар кіреді: құятын қарабы бар пішінбілікке металды беретін қондырғы; кристалдандырушы. Әрі кристаллизатордың типі алынатын бұйымның пішіннен, өлшемінен және белгіленуінен тәуелді болады. Мысалы, шыбықтарды жасау үшін роторлы кристаллизатор қолданылады. Осы кристаллизаторда көлденең қимасының ауданы жуықты 1600 мм^2 болатын трапециальды пішіні бар дайындама жасалады. Осыдан кейін түзетіп бергіш қондырғының көмегімен дайындама илемдеу орнағының пішінбілігіне түседі. Осы орнақта айтылған дайындама илемделіп, мөлшерлегіш тесігінің берілген диаметрі бар ұяқалып арқылы экструдирленеді. Алынған баспақ-бұйым салқындатылады және жинаушы арқылы ауыстырмалы катушкасы бар орағышқа келіп оралады.

Құйылған дайындаманы кесу үшін механикалық қайшылар қарастырылған, ал бұйымды кесуді үстелде орнатылған қол қайшыларымен жүзеге асырады. Пішінбілікке ұяқалыпты

кепілді қысыңқырау үшін гидроцилиндр қолданылады. Қондырғының бір сағаттағы өнімділігі жуықты 300-ден 500 кг дейін өзгереді (кристаллизатордың параметрін негізге алып есептелген). Тағы да тек үйлескен илемдеу-баспақтау торабын қолданатын варианты пайдалануға болады. Осындайда деформация температурасына дейін қыздырылған дайындама тек илемдеу-баспақтау жолымен өңделеді. Мұндай жағдайда дайындаманы үздіксіз берсе өнімділік 2...5 рет үлкеюі мүмкін.

Металлургиялық қайта өңдеу операцияларын азайту үшін және кристаллизатор сияқты жеткілікті дәрежеде күрделілігі бар машинаны өңдеу сұлбасынан алып тастау үшін құймакесексіз илемдеп-баспақтайтын қондырғыны қолдану варианты ұсынылаған (3.69-сурет). Мұндай жағдайда балқыма тікелей пішінбілік-кристаллизатор қондырғысына құйылады, тікбұрышты пішіні бар дайындама түрінде кристалданады, осы пішінбіліктер көмегімен деформацияланады, ал содан кейін ұяқалыптың мөлшерлейтін тесігі арқылы сығымдалып бұйымға айналады.



а *б*

3.69-сурет. Тұтас (*а*) және қуыс (*б*) баспақ-бұйымды құймакесексіз илемдеп-баспақтайтын қондырғы

4. ДАЙЫНДАМАНЫ МЕХАНИКАЛЫҚ ӨҢДЕУ

Сенімділік және ұзақ тұрақтылық сапалары бойынша машинажасау бұйымдарына қойылатын жоғарғы талапты, дайындаманы өңдеудің технологиялық әдістерімен қамтамасыз етеді. Дайындаманы өңдеудің технологиялық тәсілдерін шарты түрде мынандай 3 топқа бөледі: механикалық өңдеу тәсілдері; электрфизикалық және электрхимиялық тәсілдер; құрастырылған тәсілдер.

Өз кезегінде, механикалық өңдеу тәсілдерін мынадай 2 топқа бөледі: дайындаманың бетін кесумен өңдеп, пішінін өзгерту (жүзді қолданып өңдеу, қажақтық өңдеу және тазадай өңдеу); дайындаманың бетін пластикалық деформациямен өңдеп, пішінін өзгерту.

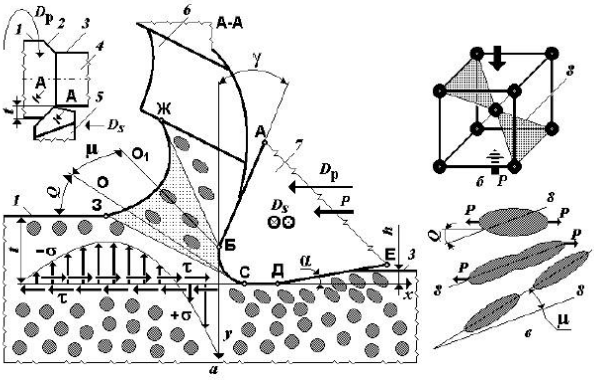
4.1. Кесумен материалдарды өңдеудің физика-механикалық негіздері

Кесумен материалдарды өңдеу деп берілген геометриялық пішінді, өлшемнің дәлдігін, тетік бетінің өзара орналасуын және керекті кедір-бұдырлықты алу мақсатымен, кесетін сайманмен 5 жоңқа түріндегі металл қабатын 6 дайындаманың бетінен 4 кесу процесін айтады (4.1-сурет). Металдарды кесу бұл сайманның кесетін сынасы, дайындама және қоршаған орта әсерлесетін өте күрделі физика-механикалық процесс болып саналады. Тетікті өңдеу үшін кесетін сайман мен дайындаманы білдектің жұмысшы мәріміне орнықтыру және бекіту керек. Білдектің жұмысшы мәрімінің қозғалысы жұмысшы, орнатушы және көмекші қозғалыстарға бөлінеді. Металдың беткі қабатын дайындамадан кесуді немесе өңделетін беттің күйін өзгертуді қамтамасыз ететін қозғалысты кесу қозғалысы деп атайды. Бұл қозғалысқа мыналар жатады: басты қозғалыс; әперіс қозғалысы. Басты қозғалыс деп ($D_г$) деформациялау және жоңқаның бөлінуі жылдамдығын анықтайтын қозғалысты атайды. Әперіс қозғалысы деп (D_s) дайындама материалына сайманның кесуші жиегінің үздіксіз кірекесуін қамтамасыз ететін қозғалысты айтады. Бұл қозғалыстар мынадай болуы мүмкін: айналмалы;

ілгермелі; қайтымды-ілгермелі; үздіксіз; үзілмелі. Кесу процесінің бастапқы уақытында қозғалып келе жатқан кесуші сына 7 кесілетін қабатта серпімді деформацияны тудырып дайындама материалына енеді. Сына ары қарай қозғалған уақытта серпімді деформация пластикалық деформацияға айналады. Кесу қозғалысына перпендикулярлы жазықтықта тік кернеулер σ, ал кесу қозғалысымен сәйкес келетін жазықтықта жанама кернеу τ пайда болады. Пластикалық деформацияның өсуі ығысу деформациясының пайда болуына алып келеді. Бұл деформациялар СБЖЗ жоңқа құрылу аймағында жүреді. БЖ жазықтығында кристалдардың қирауы жүреді (металдың элементарлы көлемі опырылады және жоңқа құрылады). Кристалдық дененің пластикалық деформациясы деформацияға кедергі минимальды болатын жазықтықта 8 жүреді (4.1, *б*-сурет) (ығысу жазықтығында). Осындай кезде өңделетін дене ығысу жазықтығының бағытында созылады (4.1, *в*-сурет). Кристалдардың осі μ бұрышына бұрылып, осы бұрыш 0...30^{o} шегінде өзгереді (металдың илемділігі үлкейген сайын бұрыш та үлкейеді). Ығысу деформациясы «СО» жазықтығында Q = 30^{o} ығысу бұрышымен жүреді деп шартты есептеуге болады.

Өңдеген кезде дайындамада 4 мынадай 3 бетті бөліп көрсетуге болады: 1 – өңделетін бет; 3 – өңделген бет: 2 – кесу беті (өңделетін және өңделген беттерді қосады). Кесетін сына 7 мынадай екі беттің іздерімен сызылып қойылған: АБС – алдыңғы бет (жоңқа құрылатын аймақпен түйісетін бет және жоңқа ағып кететін бет); СДЕ – артқы бет (дайындаманың өңделген бетіне қарайтын бет).

Демек, алдыңғы бұрыш деп аталатын γ бұрышы мыналарды анықтайды: кесетін сынаның кіруіне қажетті күш мөлшерін; кесу сынасының беріктік қасиетін. Кесетін сайман өткен кезде, серпімді және пластикалық деформациялардың әсер етуі себебінен өңделген бет *h* мөлшеріне серпімді бұрынғы қалпына келеді. Мұндай жағдайда дайындаманың беткі қабатының құрылымы ортадағы қабат құрылымынан айырмашылықта болады. Дайындаманың беткі қабатының қаттылығы орталық қабат қаттылығынан жоғары болады. Өйткені беткі қабатты өңдеген кезде қақталу құбылысы құрылымда жүреді.



4.1-сурет. Кесу аймағының сұлбасы:
а – кесу аймағындағы дайындама материалының серпімді кернеу күйінің сұлбасы; б – КЦК торындағы ығысу жазықтығы; в – кристалдық дененің қирау сатылары; 1 – өңделетін бет; 2 – кесу беті; 3 – өңделген бет; 4 – дайындама; 5 – кесетін сайман; 6 – жоңқа; 7 – кесетін сына; 8 – ығысу жазықтығы; БС – кесетін сынаның дөңгелектігі; АБС – алдыңғы бет; СД – тозу алаңы; СДЕ – артқы бет; БСЗЖ – жоңқа құрылу аймағы; СЗ – ығысу деформациясы басталатын жазықтық; БЖ – ығысу деформациясы аяқталатын жазықтық; СО – ығысу жазықтығы; $БО_1$ – деформацияланған кристалдар осьтерінің бағыты; Р – күш; D_p – кесудің басты қозғалысы; D_s – беріліс қозғаласы; Q – ығысу бұрышы; μ – $БО_1$ осінің бұрылу бұрышы; γ – алдыңғы бұрыш; α – артқы бұрыш; t – кесудің тереңдігі; h – өңделген беттің серпімді бұрынғы қалпына келуі; σ, τ – тік және жанама кернеулер

Өңделген беттің бұрынғы қалпына келу мөлшері, беткі қабаттың қаттылығы, қақталған қабаттың және кернеулер эпюрінің орналасу тереңдігі өңделетін металдың физика-механикалық қасиетінен, кесетін сайман геометриялық өлшемінен, өңдеу жағдайынан, кесу режімінен тәуелді болады. Сондықтан кесетін сына α бұрышымен (артқы бұрыш) қайралған болуы керек. Бұл өңделген беттің пластикалық деформациясын (және қирау мүмкіндігін) азайтады.

Алдыңғы бетке үйкелісуі себебінен жоңқаның кесілген сегменті қосымша деформацияға түседі және спиральға шиыршықталанады. СБЖЗ аймағындағы металл құрылымы негізгі

металдың төменде жатқан құрылымынан айырмашылықта болады. Осы аймақтағы кристалдар деформацияланады және қирайды. Бұлар ұсақталған және жуықты бір бағыттағы тізбекпен созылған (суретте деформацияланбаған қабаттар шарты шеңбер түрінде көрсетілген, ал деформацияланған қабаттар жаншылған шеңберлер түрінде бейнеленген). Кесілетін қабаттың деформациясы өңделетін металдың физика-механикалық қасиетінен, кесетін сайманның геометриясынан, өңдеу жағдайынан, кесу режімінен, т. б. факторлардан тәуелді болады.

Сонымен металды білдектерде кесумен өңдеген кезде, құралмен дайындамадан металл қабатын кесіп, сызбада берілген геометриялық пішінге, өлшем мен өзара орналасу дәлдігіне және керекті кедір-бұдырлыққа жетеді. Дайындамада бетін өңделген (III) және өңделетін (I), тағы да кесіліп жатқан беттерге бөледі (4.2-сурет).

Қазіргі уақытта келесі кесумен өңдеу тәсілдерін қолданады: жону; бұрғылау; жонғылау; тартажону; ажарлау, т. б. азырақ таралған кесу тәсілдері.

Кесумен металдарды механикалық өңдеу металдың жоңқаға кету едәуір шығынымен қошталады.

Тоқпақта қалыптанып алынған соғылманы кесумен өңдеген кезде металды қолдану коэффициентінің (МҚК) орташа мөлшері 0,66 тең болатындығы, ал қосиінді ыстықтай қалыптайтын баспақта қалыптанып алынған соғылманы кесумен өңдеген кезде айтылған коэффициенттің орташа мөлшері 0,70 тең болатындығы анықталған. Егер соғылманы жасаған кездегі металдың шығынын ескерсек, онда жалпы металды қолдану коэффициенттінің орташа мөлшері 0,42–0,70 тең болады.

Металл кесетін білдектің механизмдері жұмысшы, орнатушы және көмекші қозғалыстарды жасайды. Қозғалыстың бірінші тобы металл қабатын кесуді немесе дайындаманың өңделген бетінің күйін өзгертуді қамтамасыз етеді. Осы қозғалыстырға мыналар жатады:

- Кесудің басты қозғалысы $D_т$ (4.2, *б*-сурет). Осы қозғалыс кезінде дайындама немесе кесетін сайман ең үлкен жалдамдықпен υ түзу сызықты ілгерлемелі немесе айналмалы қозғалысты іске асырып кесу процесін жүзеге асырады;

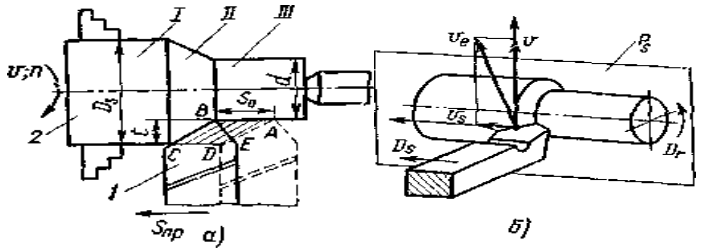
- Әперістің қозғалысы D_s. Бұл қоғалыста, материалдың қабатын айыруды барлық өңделетін бетке тарату үшін, дайындама немесе кесетін сайман кесудің басты қозғалысындағы жылдамдықтан кіші жылдамдықпен υ_s қозғалып түзу сызықты ілгерлемелі немесе айналмалы қозғалыспен кесу процесін жүзеге асырады;

- Жанамалы қозғалыс $D_к$. Осы қоғалыста кесетін сайман кесудің басты қозғалысындағы жылдамдықтан кіші жылдамдықпен қозғалып түзу сызықты ілгерлемелі немесе айналмалы қазғалыспен кесу процесін жүзеге асырады. Айтылған қозғалыс кесетін жиекке жанама бойынша бағытталған және кесетін жиектің дайындамамен түйісетін бөлімдерін ауыстыруға арналған;

- Кесудің қорытқы қозғалысы D_e. Бұл қозғалыс кесудің басты, әперіс және жанама қозғалыстарын өзіне қосады, яғни бұл қозғалыс кесетін сайманның дайындамаға қатысты қосынды қозғалысы болып саналады.

Дайындамадан металл қабатын кескенде сайман мен дайындаманың өзара орналасуын қамтамасыз ету үшін орнатушы қозғалысты қолданады. Көмекші қозғалыстар дайындаманы тасымалдау, бекіту, т. б. қосымша операцияларды орындау үшін керек.

Металл кесетін білдектердің кесу қозғалысы беттің сыртпішінін құруға бағытталған. Бұған дайындаманың және сайманның қозғалыс жылдамдығын сәйкестірумен жетеді.



4.2-сурет. Кесу процесі, кесілетін қабаттың геометриясы (*а*) және білдектің жұмысшы қозғалысының сұлбасы (*б*)

Із тәсілі (4.3, *а*-сурет) пішінөзгертуге кесудің екі қозғалысын да қолдана алуымен сипатталады. Құрылатын сызық 1 кескіш

нүктесінің (ұшы) қозғалыс траекториясы, ал дайындама нүктесінің қозғалыс траекториясы бағыттаушы сызық 2 болып саналады.

Жанасу тәсілін қолданған кезде (4.3, *б*-сурет) пішін өзгертетін жұмысты беріліс қозғалысы орындайды. Жасаушы сызық 1 болып сайманның кесетін жиегі, ал бағыттаушы сызық 2 болып, кесетін сайман нүктесінің қозғалыс траекториясы болып көрінетін, геометриялық қосалқы сызыққа жанама саналады.

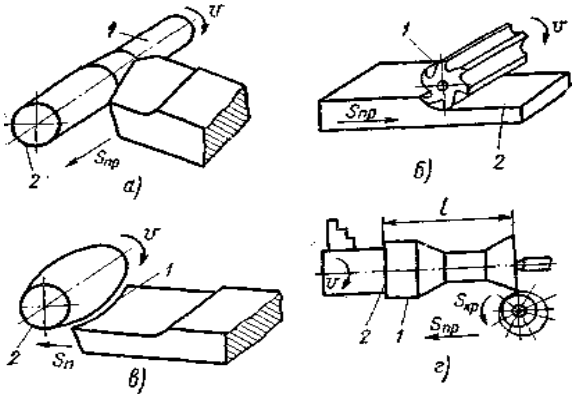
Көшірмелеу тәсілін қолданған кездегі басты қозғалыс (4.3, *в*-сурет) пішін өзгертуге қызмет жасайды. Жасаушы сызық 1 болып сайманның кесетін жиегі саналады, ал бағыттаушы сызық 2 дайындаманың айналуымен жасалады.

Дөңгелектету (орапөту) тәсілін қолданған кезде берілістің екі қозғалысын сәйкес келтіру (4.3, *в*-сурет) жасаушы сызықты 1 сайманның кесетін бір ізді жайын айналатын сызық сияқты көрсетуге мүмкіндік жасайды. Бағыттушы сызық 2 дайындаманың айналуымен көрсетіледі.

Дайындамаларды өңдеген кезде мынадай жоңқалар пайда болады: құйылатын; опырылатын; жарылатын. Құйылатын жоңқа илемді материалдарды өңдеген кезде пайда болады. Бұл жоңқа тегіс кескен жағы бар тұтас кетілген таспаның түрін қабылдайды. Бұл жоңқа жұмысшы үшін жеткілікті қауіпті жоңқа болып есептеледі. Орташа қаттылығы бар материалдарды өңдеген кезде опырылатын жоңқа пайда болады. Осы жоңқаны кескен жағы тегіс және сыртқы жағы кетіл таспаның жеке сегменті түрінде көрсетуге болады. Бұл жоңқа да жұмысшыға қауіпті, бірақ та оны білдектен жеңіл алып кетуге болады. Морт сынатын материалдарды кескен кезде жарылатын жоңқа пайда болады. Осы жоңқаны пішіні дұрыс емес жеке сегменттер түрінде көрсетуге болады. Бұл жоңқаны тасымалдау оңай, бірақ та жұмысшының бетін, көзін және қолдарын тез жаралауы мүмкін.

Кез келген кесу процесі үшін өңдеу сұлбасын құрастыруға болады (4.4-сурет). Сұлбада өңделетін дайындаманы 2, оны орнықтыруды 8 және білдектің 3 жұмысшы айлабұйымында бекітуді 7 шарты бейнелейді. Осы кезде кесетін сайманды өңдеудің аяғына сәйкес келетін жайда көрсетеді. Өңделген бетті 6 қызыл немесе қалыңдатылған қара сызықпен бөліп көрсетеді. Шартты белгілерді қолданып кесу қозғалысының түрін (кесу

қозғалысы $D_г$ және беру қозғалысы D_s) және олардың бағытын бейнелейді. Беріліс қозғалысын былай айырады: бойлық $D_{спрод}$; көлденең $D_{споп}$; тік $D_{св}$; шеңберлік $D_{скр}$, т. б.



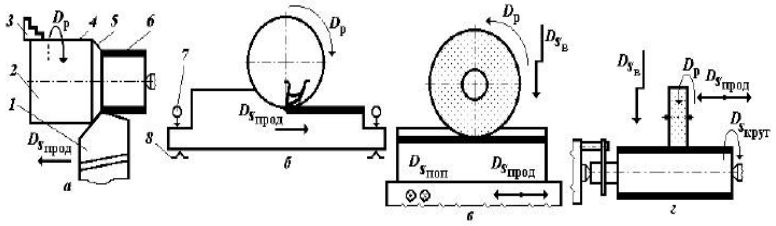
4.3-сурет. Кесумен өңдеген кезде беттің пішінін өзгертудің тәсілдері:
а – іздердің; б – жанасудың; в – көшірмелеудің;
г – дөңгелектеудің (орапөтудің)

Кесу процесінің элементтері болып мыналар саналады: кесу қозғалысының жылдамдығы; кесу тереңдігі. Осы элементтердің жиынтығын «кесу режімдері» деп атайды. Кесу жылдамдығы ($\upsilon_р$) деп басты қозғалыс бағытында сайманның кесетін жүзі нүктесінің дайындамаға қатысты уақыт бірлігінде жүретін жолын айтады. Кесу жылдамдығының өлшем бірлігі мынадай: жүзбен өңдеу үшін – м/мин; қажақтап өңдеу үшін – м/с. Егер басты қозғалыс айналатын болса, онда кесу жылдамдығын былай табады:

жүзбен өңдеу үшін $\upsilon_p = \dfrac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$;

ажарлау үшін $\upsilon_p = \dfrac{\pi \cdot D \cdot n}{60000}$,

мұндағы D – дайындаманың өңделетін бетінің ең үлкен диаметрі немесе айналатын сайманның диаметрі, мм; n – дайындаманың (сайманның) айналу жиілігі, минуттағы айналым.



4.4-сурет.Дайындаманы өңдеудің сұлбасы:
а – бойлық ағумен; б – көлденең ағумен; в – кеулейжонумен; г – жонғылаумен; д – жазық ажарлаумен; е – дөңгелек ажарлаумен; 1 – кесетін сайман; 2 – дайындама; 3 – белдектік (жұмысшы) айлабұйым; 4 – өңделетін бет; 5 – кесу беті; 6 – қыспақ; 7 – орнықтыратын элемент

Егер басты қозғалыс қайтымды-ілгермелі, ал жұмысшы және бос жүрістердің жылдамдықтары әртүрлі болатын болса, онда орташа жылдамдық мынаған тең болады:

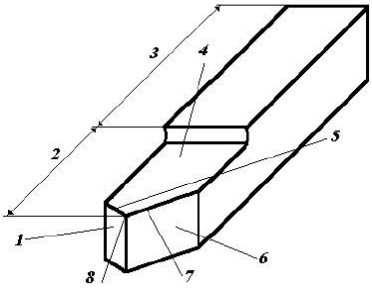
$$\upsilon_{ср} = \frac{L \cdot m(K+1)}{1000},\ \text{м/мин},$$

мұндағы L – кескіш жүрісінің есептелген ұзындығы, мм; m – кескіштің бір минуттағы екі жүрісінің саны; $K = \upsilon_{рх}/\upsilon_{хх}$ – жұмысшы жүріс жылдамдығы ($\upsilon_{рх}$) мен бос жүріс жылдамдығы ($\upsilon_{хх}$) арасындағы қатынас.

Беріліс (S) қозғалысының жылдамдығы (υ_s) деп беріліс қозғалысының бағытында сайманның кесетін жүзі нүктесінің дайындамаға қатысты уақыт бірлігінде жүретін жолын айтады. Берілісті былай ажыратады: минутқа беріліс (минутты беріліс); айналымға беріліс; тіске беріліс; екі жүріске беріліс. Минуттағы беріліс ($S_м$) деп кесетін сайманның бір минуттағы орын ауыстыруын айтады (мм/мин). Айналымға беріліс ($S_о$) деп дайындама немесе сайманның бір айналымда кесетін сайманның орын ауыстыруын айтады (мм/айналым). Тіске беріліс (S_z) деп тістердің бұрыштық қадамына тең бұрышқа бұрылған уақытысында кесетін көп тісті сайманның орын ауыстыруын айтады (мм/тіс). Екі жүріске беріліс ($S_{2х}$) деп бір екі жүрісте кесетін сайманның орын ауыстыруын айтады (мм/еж). Берілістер арасындағы қатынас мынаған тең:

($S_м = S_o n = S_z nZ = S_{2x} N$, мұндағы Z – сайман тісінің саны; N – бір минуттағы екі жүрістің саны. Кесу тереңдігі (t) деп өңделген және өңделіп жатқан беттердің арасындағы ең қысқа арақашықтықты айтады (мм).

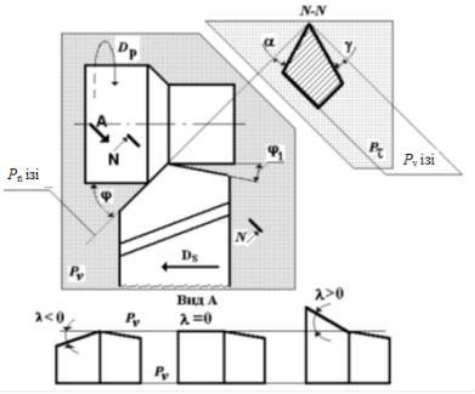
Кесуші сайманның мысалын қарастырайық. Кесетін сайман (4.5-сурет) жұмысшы бөлімнен (бастиек) 2 және денеден (сырық) 3 тұрады. Кескіштің денесі сайманды кескішұстағышта орнатуға және бекітуге қызмет жасайды. Кескіштің жұмысшы бөлімі оны қайраған кезде құрылады. Осы жұмысшы бөлім келесі элементтерден тұрады: алдыңғы бет 4 (жоңқа түсетін бет); басты артқы бет 6 (осы бет ең дамыған және беріліс қозғалысы бойынша бағытталған); көмекші артқы бет 1 (берілістің қозғалысына кері бағытталған). Алдыңғы және басты артқы беттердің қиылысуы негізгі кесу жиегіне 7 береді. Алдыңғы және көмекші артқы беттердің қиылысуы көмекші кесетін жиекті 5 береді. Кесетін жиектер кескіштің шыңында 8 қиылысады. Беттердің және жиектердің орналасуы осы кескішті қайраумен анықталады (сайман геометриясы).



4.5-сурет.Тура жону өтімі кескішінің элементтері мен бөлімдері:
1, 6 – көмекші және басты артқы беттер; 2 – кескіштің бастиегі; 3 – кескіштің денесі; 4 – алдыңғы бет; 5, 7 – қосымша және басты кесетін жиектер; 8 – кескіштің шыңы

Сайманның элементтері орналасатын бұрыштарды анықтау үшін координатты жазықтықтарды еңгізеді (4.6-сурет). Негізгі жазықтық (P_v) берілген өңдеу тәсілі үшін мүмкін болатын берілістің қозғалу бағытына параллель болып орналасады. Кесу жазықтығы (P_n) кесу бетіне жанамалы болып басты кесетін жиек

арқылы өтеді. Басты қиюшы жазықтық (P_τ) кесу бетіне перпендикулярлы болып басты кесетін жиек арқылы өтеді.



4.6-сурет.Статикалық координат жүйесіндегі кескіштің бұрышы: *D_s – берілістің қозғалысы; D_p – кесудің қозғалысы; P_v – негізгі жазықтық; P_n – кесу жазықтығы; P_τ – негізгі қиюшы жазықтық; α, γ – басты артқы және алдыңғы бұрыш; φ, φ_1 – көріністегі басты және көмекші бұрыштар; λ – басты кесуші жиектің еңкею бұрышы*

Басты бұрыштар (4.6-сурет) басты қиюшы жазықтықта (P_τ) қаралады. Басты артқы бұрыш α, басты кесуші жиектің қаралатын нүктесіндегі басты артқы беттің жанамасы мен кесу жазықтығы арасында жатады. Бұрыштың бар болуы өңделген және басты артқы беттер арасындағы үйкелісті азайтады. Бұл құрал-сайманның шыдамдылығын жақсартады. Бірақ та бұрышты тым үлкейту кесуші жүздің беріктігін азайтуға алып келеді. Басты алдыңғы бұрыш γ негізгі жазықтық (P_v) пен алдыңғы бет арасында жатады. Бұрыш кесу процесіне үлкен әсерін тигізеді. Бұрыш үлкейген сайын кесілетін қабаттың деформациясы азаяды, жоңқаның түсу жағдайы жақсарады, кесу күші азаяды, өңдеудің сапасы жоғарылайды. Бірақ та бұрышты шамадан тыс үлкейту мынаған алып келеді: кесетін жүздің беріктігін төмендетеді; кесетін жүз тез тозады; ұсатылу себебінен сайманнан жылуды алып кетуді қиындатады.

Көріністегі бұрыш берілістің қозғалуы бағытымен негізгі жазықтыққа түсірілген сәйкес кесуші жиектің проекциясы

арасында қаралады. Көріністегі негізгі бұрыш φ өңделетін цилиндрлер мен қиықжиектер бұрыштары арасындағы өткінші конус параметрлерін анықтайды, яғни құрылымдаушымен анықталады. Негізінен бұрыш өңделетін беттің кедір-бұдырлығына әсерін тигізеді. Бұрыш кішірейген сайын кедір-бұдырлық және кесуші жиектің ұзындық бірлігіне келетін күш пен кесу температурасы азаяды. Бірақ та дайындаманың осіне перпендикулярлы бағыттағы кесу күші тез үлкейеді. Көріністегі көмекші бұрыш φ_1 өңделетін беттің кедір-бұдырлығына әсерін тигізеді (бұрыш кішірейген сайын ол азаяды).

Басты кесуші жиек негізгі жазықтықпен әрдайым сәйкес келмейді. Сондықтан басты кесуші жиектің еңкею бұрышын λ қарауымызға алайық. Басты кесуші жиек пен негізгі жазықтықтың арасында орналасатын бұл бұрыш кесуші шың арқылы жүргізілген. Егер шың басты кесуші жиектің ең жоғары бөлімі болатын болса, онда $\lambda < 0$ болады, егер шың негізгі жазықтықпен сәйкес келетін болса, онда $\lambda = 0$ болады, ал егер шың басты кесуші жиектің ең төменгі бөлімі болатын болса, онда $\lambda > 0$ болады. Бұрыш үлкейген сайын өңделген беттің сапасы нашарлайды. Бірақ та жиі бұрыштың мөлшерін және таңбасын таңдау жоңқаның түсу бағытымен анықталады. Бұрыш теріс болған кезде жоңқа беріліс қозғалысы бағытымен түседі. Бұл әмбебап орнақта жұмыс істеген кезде қауіпсіз. Бұрыш оң болған кезде жоңқа беріліс бағытына қарама-қарсы бағытпен түседі. Бұл автоматты және жартылай автоматты циклі бар білдектерде жұмыс істеген кезде қауіпсіз. Оң бұрыштарды тесіктен жоңқа оңай шығуы үшін, айтылған тесіктерді өңдеген кезде қолданады.

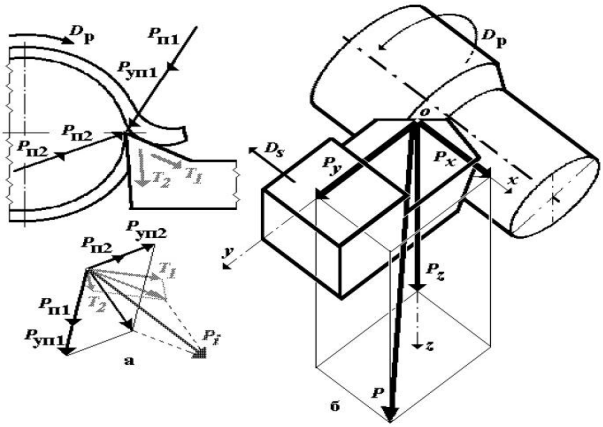
Кесетін сайманның өңделетін дайындамаға қатысты қозғалуына кедергі жасайтын күшті кесу күші деп атайды. Дайындаманың беткі қабатын деформациялауға және қиратуға жұмсалатын жұмыс, металды серпімді және пластикалық деформациялауға, осы металды қиратуға және кесетін сайманның артқы бетінің өңделіп бетпен үйкелісуіне, тағы да айтылған сайманның алдыңғы бетінің жоңқамен үйкелісуіне жұмсалады (4.7, *а*-сурет). Кесу процесіне дайындама металының кедергі жасау нәтижесінде кесуші сайманға әсер ететін мынадай реактивті күштер пайда болады: сайманның алдыңғы және

артқы беттеріне перпендикулярлы бағытпен әсер ететін серпімді ($P_{уп1}$ және $P_{уп2}$) және пластикалық ($P_{п1}$ және $P_{п2}$) деформациялаудың реактивті күштері (сәйкес жазылған); сайманның алдыңғы және артқы беттеріне әсер ететін үйкелістің реактивті күштері (T_1, T_2).

Жоғарыда айтылған барлық күштердің векторлық қосындысы кескіштің қимасы бойынша әсер ететін бірлік кесу күшін P_i береді. Бірлік күштерді жинақтап кесудің теңәсерлі күшін былай анықтаймыз:

$$P = \sum P_i = \sum P_{уп} + \sum P_п + \sum T.$$

Бірақ та кесу жағдайының өзгермелі болуы себебінен (дайындама металы құрылымының біркелкі болмауы; өңделетін бет өлшемдеріне шақтамаларды белгілеу; т. б.) кесудің теңәсерлі күші мөлшері мен бағыты бойынша айнымалы болады.



4.7-сурет. Кесу күші: *а – жазық күштер жүйесі; б – кесу күшін мынадай құрастырушыларға ажырату: D_p – кесу қозғалысы; D_s – беріліс қозғалысы; $P_{уп1}$, $P_{п1}$ – алдыңғы бет бойынша серпімді және илемді деформацияның реактивті күштері; $P_{уп2}$, $P_{п2}$ – артқы бет бойынша серпімді және илемді деформацияның реактивті күштері; T_1, T_2 – үйкеліс күштері; P – кесу күші; P_z, P_x, P_y – кесу күшінің басты, осьті және радиалды құраушылары*

Есептеуді жүргізу үшін «*P*» күшін қолданбай, осы күштің берілген координатты осьтерге проекцияларын қолданады (4.7, *б*-сурет). *OX* осін беріліс қозғалысы бағытына қарама-қарсы бағыт бойынша жүргізеді. *OZ* осін басты қозғалыс бағыты бойынша жүргізеді. *OY* осін өңделген бетке перпендикулярлы бағыт бойынша жүргізеді. Алынған проекцияларды былай деп атайды: P_z – кесу күшінің басты құраушысы, P_x – кесу күшінің осьті құраушысы; P_y – кесу күшінің радиалды құраушысы. Кесу күшінің басты құраушысын мынадай формуламен анықтайды:

$$P_z = C_p t^x S^y v^z K_1 K_2 ... K_i,$$

мұндағы C_p – өңделетін материалдың физика-механикалық қасиетін ескеретін коэффициент; дәреже көрсеткіштері (*x, y, z*) және $K_1K_2...K_i$ коэффициенттері формулаға кірмеген факторларды ескереді. Кесу күшінің басқа құраушыларын есептеу үшін жоғырыда жазылған формулаға ұқсас формулалар қолданылады.

Кесу процесі мол жылу бөлінумен қошталады. Жылу көздері болып мыналар саналады: жоңқа құрылатын аймақта өңделін материалдың серпімді және илемді деформациясы ($Q_{уп}$); алдыңғы бетпен жоңқаның үйкелісуі ($Q_{пп}$); кесу бетіне және өңделге бетке артқы беттердің үйкелісуі ($Q_{зп}$). Жылуды тұтынушы болып мыналар саналады: жоңқа (q_c – жоңқамен алып кететін жылу мөлшері); дайындама ($q_з$); кесуші құрал ($q_и$); кесу аймағын қоршайтын орта ($q_{ср}$). Кесу процесінің жылулық балансын мынадай теңдеумен бейнелеуге болады:

$$Q = P_z \upsilon_p = Q_{уп} + Q_{пп} + Q_{зп} = q_c + q_з + q_и + q_{ср}.$$

Өңдеудің тәсіліне және жағдайына байланысты жоңқа, дайындама, құрал және орта жылудың әртүрлі үлесін тұтынады.

Тұтынатын жылуды тарату негізінен кесу жылдамдығынан тәуелді болады. Металдан жасалған материалдарды өңдеген кезде жылудың негізгі үлесін жоңқа тұтынады. Құрал мен дайындама жылудың 2...8 % және 10...40 % тұтынады (сәйкес жазылған). Металл емес материалдарды өңдеген кезде, дайындама мен жоңқа материалдарының жылу өткізгіштігі төмен болатындықтан, олар жылудың көп мөлшерін тұтына

алмайды (қосындысы 5...15%). Жулудың негізгі үлесін (75% дейін) кесуші құрал тұтынады.

Дайындаманың және кесуші сайманның қызуы өңдеудің дәлдігіне және құралдың шыдамдылығына теріс әсерін тигізеді. Жоңқа құрылатын аймақта кесуші сынаның 800...1000 ^{o}C дейін қызуы құрал материалында құрылымдық айналымды туғызады, оның қаттылығын төмендетеді. Осының себебінен құрал кесуші қасиетін жоғалтады. Құрал денесінің қызуы, оның геометриялық өлшемін және пішін өзгертеді. Бұл өңделген беттің өлшемін кішірейтуге және осы беттің кедір-бұдырлығын нашарлатуға алып келеді. Мысалы, цилиндрді жонған кезде жонатын кескіштің ұзындығының үлкеюі конусты өңделген бетті алуға алып келеді. Дайындаманың біркелкі қызбауы, оның геометриялық өлшемдерінің және пішінінің өзгеруіне себеп болады.

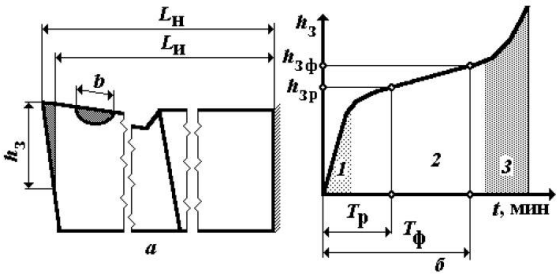
Металды кескен кезде пайда болатын барлық үйлесімді физика-химиялық процестер (алдыңғы бетпен жоңқаның үйкелісуі, артқы бетпен өңделген беттің үйкелісуі, кесу аймағында пайда болатын жоғары температуралар мен қысымдар, алдыңғы бет материалының тотығуы, т. б.) кесуші құралды тез тоздырады. Тозуды былай айырып таниды (4.8, *а*-сурет): алдыңғы бет бойынша тозу (ені «*b*» болатын шұңқырдың қажалып пайда болуы); артқы бет бойыннша тозу (ені «$h_з$» болатын таспаның пайда болуы). Құралдың ең жақсы жұмыс істеу уақытын анықтау үшін жұмыс істеу уақытына байланысты құралдың тозуын зерттейді. Зерттеумен алынған «тозу-уақыт» диаграмасында (4.8, *б*-сурет) мынадай 3 аймақты бөліп көрсетуге болады: 1 – алдыңғы тозу аймағы; 2 – әдеттегі тозу аймағы; 3 – апаттық тозу аймағы. Құралдың қайта қайраудан қайта қайрауға дейін жұмыс істейтін уақытын «шыдамдылық» деп айтады. Апаттық тозу аймағына жетпей құралдың жұмыс істеуін физикалық шыдамдылық ($T_ф$) деп атайды.

Тазалай өңдеген кезде құралдың нақты шығарығы кемитін болғандықтан ($L_н$<$L_и$, мұндағы $L_н$ – жаңа (қайралған) құралдың шығарығы; $L_и$ – тозған құралдың шығарығы), оның тозуы өңдеу дәлдігіне едәуір әсерін тигізеді. Сондықтан тазалай өңдеуге өлшемдік шыдамдылықты ($T_р$) белгілейді (өңдеу дәлдігіне тозу едәуір әсер ететін мөлшерге дейін құрал тозады). Шыдамдылықты былай айырып таниды: минуттық шыдамдылық $T_м$ (құралдың жұмыс істеу мерзімін минутпен анықтайды); даналық

шыдамдылық $T_{шт}$ (құралды қайта қайрағанға дейінгі өңделген тетіктердің саны). Құралдың шыдамдылығына ең үлкен әсерді кесу жылдамдығы тигізеді. Сондықтан шыдамдылықты есептенде жиі мынадай тәуелділікті қолданады:

$$T^m = C_m/\upsilon_p,$$

мұндағы C_m – тұрақты мөлшер; m – салыстырмалы шыдамдылықтың көрсеткіші (кесу үшін m = 0,1...0,3.



4.8-сурет. Кесетін құралдың тозуы және шыдамдылығы:
а – алдыңғы (b) және артқы ($h_з$) беттер бойынша құралдың тозуы; б – «тозу – уақыт» диаграммасы; $L_н$ – жаңа (қайралған) құралдың шығарығы; $L_и$ – тозған құралдың шығарығы; t – құралдың үздіксіз жұмыс істеу уақыты; $h_{зф}$, $h_{зр}$ – артқы бет бойынша физикалық және біркелкі тозу; $T_ф$, $T_р$ – құралдың физикалық және біркелкі шыдамдылығы; 1 – алдыңғы тозу аймағы; 2 – әдеттегі тозу аймағы; 3 – апаттық тозу аймағы

4.2. Өңдеудің дәлдігі және өнімділігі

Өңдеудің дәлдігі деп жасалған бұйымның немесе бұйымдар тобының (торап, машина тетіктері) эталонған, яғни оның сызбасына сәйкес келуін түсінеді. Өңделетін тетікке қатысты дәлдікті былай айырып таниды: өлшем дәлдігі (бұйым өлшемінің сызбаға сәйкес келуі), геометриялық дәлдік (бұйым пішінінің, толқындылықтың және беті кедір-бұдырлығының сызба талабына сәйкес келуі); беттік қабат құрылымдық күйінің, физика-химиялық қасиетінің (микражарықшалар, кертіктер, ұсақталған түйіршіктер) сәйкес келуі; сызба талабына тетік бетіндегі және терең қабаттардағы қалдық кернеулердің сәйкес келуі.

Өңделген беттің физика-механикалық қасиеті, оның беттік қабатының деформациялық өзгеруімен сипатталады. Осы өзгерулердің нәтижесі болып мыналар саналады: беттің деформациялық беріктенуі (қақталуы); жеке түйіршіктерді деформациялау дәрежесі. Беттік қабаттың қақталуы қақталу тереңдігімен $h_н$ және қақталу дәрежесімен $u_н$ бағаланады. Қақталу дәрежесі мынадай формуламен анықталады:

$$u_н = 100(H_{max} - H_{исх})/H_{исх},$$

мұндағы H_{max} және $H_{исх}$ – металдың беттік қабатының максимальды және бастапқы микроқаттылығы.

Беттік қабаттың деформациялық беріктенуі өңделетін металдың илемділік қасиетінен, кесу режімінен, кесетін құралдың геометриясы мен тозу дәрежесінен және өңдеу жағдайынан тәуелді болады.

Өңдеудің өнімділігі (уақыт бірлігінде шығарылатын тетіктің саны) мынадай формуламен есептеледі:

$$Q = 1/T_{шт}.$$

Даналық уақыт $T_{шт}$ мынадай уақыттардан құралады: негізгі технологиялық уақыт ($T_о$); әзірлеуші-қортынды уақыт ($T_{пз}$); жұмысшы орынды ұйымдастыру және техникалық қызмет көрсету уақыты ($T_{орг.\ тех}$). Негізгі техникалық уақыт, яғни тікелей бетті өңдеуге жұмсалатын уақыт мынадай формуламен есептеледі:

$$T_о = T_м + T_в + T_{хх}.$$

Бос жүріс уақытын ($T_{хх}$) өңдеу аймағына кесуші құралды тез келтіріп қайтару үшін жұмсайды. Қосымша уақытты ($T_в$) жұмысшы берілісі бар кесуші құрал келесі қозғалыстарды жасау үшін жұмсайды: келтіру, кірекесу, жоңқаны алуды талап етпейтін бөлімдерді өту, асыпкеткіштік (құралды кепілді қайтару). Машиналы уақыт ($T_м$) деп жоңқаны алуға жұмсалатын уақытты айтады. Бұл уақыт мынадай формуламен анықталады:

$$T_м = L/(nS_о),$$

мұндағы L – өңдейтін ұзындық, мм; n – айналу жиілігі, айн/мин.

4.3. Құрал жасайтын материалдар

Кесу аймағында орналасқан құралға мыналар әсер етеді: жоғары температурасы бар өріс (300...800 ºС және бұдан да жоғары); жоғары қысым (500 МПа және бұдан да жоғары); жоңқаның үлкен күшпен қажалып әсер етуі. Кесуші құрал жеткілікті агрессивті физика-химиялық ортада жұмыс істейді. Сондықтан құрал материалдары ерекше физика-механикалық және технологиялық қасиеттерді иемденуі қажет. Осы қасиеттердің негізгісі болып мыналар саналады: жоғарғы қаттылық, беріктік, илемділік, температураға шыдамдылық; өңделетін бетпен ұстасуға үлкен қарсылық жасау; жоғары тозуға төзімділік; жарық құруға төменгі бейімділік; жақсы пісіруге икемділік; дәнекермен қосылуға жақсы икемділік; төменгі баға және жоғарғы технологиялық. Өңдеуге әртүрлі материалдар түсіріледі. Сондықтан, құрал жасауға арналған материалдарды сипаттағанда кесудің стандартты жағдайын келтіреді (мысалы, болат 45 сырт жақтан жону, кесу тереңдігі 1 мм, беріліс 0,1 мм/айн., т.б.).

Көміртекті болат жалпыға белгіленген құрал жасайтын материалдарға жатады. Бұл материалдарды қолмен кесетін құралдарды жасау үшін қолданады (кесу жылдамдығы 30 м/мин дейін). Негізгі таңбалары мынадай: У9; У10; У10А; У11А; У12А.

Көміртекті болаттар сияқты, төмен қоспалы болаттарды қолмен кесетін құралдарды жасау үшін қолданады. Бірақ та бұл болаттарды 5 м/мин дейін жылдамдықпен жұмыс істейтін құралдарды жасауға да қолдануға болады. Негізінен хром, ванадий, кремний және марганцпен қоспаланған болаттарды қолданады.

Тезжонғыш болаттарды 20...100 м/мин кесу жылдамдығымен жұмыс істейтін құралдарды жасау үшін өндірісте кеңінен қолданылады. Мынадай тезжонғыш болаттарды айырып таниды: әдеттегі өнімділігі бар болаттар (20 м/мин дейін)(таңбалары: Р9, Р12, Р18, Р6М5, Р9К10); өнімділігі жоғары болаттар (70 м/мин дейін)(таңбалары: Р6М5К5, 10Р6М5Ф3; Р10К5Ф5); поршеньдік болаттар (100 м/мин дейін)(таңбалары: Р6М5К5М, Р6М5К5ОМ, 10Р6М5К5Ф3ОМ). Поршеньдік болаттар үшін таңбаның аяғында тұрған «М» ұсақ

түйіршікті құрылымды білдіреді, ал таңбаның аяғында тұрған «ОМ» құрылым ерекше ұсақ түйіршікті екендігін білдіреді. XX ғ. аяғынан бастап өндірісте интерметаллидті беріктендірушісі бар тезжонғыш болаттарды (В11М7К23; В4М12К23, т. б.) қолданатын болды. Бұл болаттарды негінен жону, жонғылау және қиын өңделетін материалдарды сүргілеу үшін қолданады. Осы болаттардың тұрақтылығы Р18 болатымен салыстырғанда жоғары. Мысалы, титан қорытпаларын өңдеген кезде 20...35 рет, аустенитті және тоттанбайтын болаттарды өңдеген кезде 8...15 рет, ал шойынды өңдеген кезде 3...4 рет тұрақтылық жоғары екендігі анықталған.

Металлкерамикалық қатты қорытпалар кобольтпен байланысып қосылған қиын балқитын металдардың (вольфрам, титан, тантал) өте ұсақталған карбидтерінен тұрады. Қиын балқитын металдар карбидтерінің бар болуының арқасында бұл қорытпалар жоғары температуралық шыдамдылық, қаттылық және тозуға төзімділікке иемденген. Сондықтан металды өңдегенде 100...150 м/мин кесу жылдамдығы рұқсат етіледі. Қатты қорытпалардың мынадай 4 түрін кеңінен қолданады: вольфрамды; вольфрамтитанды; вольфрамтитантанталды; вольфрамсыз. Вольфрамды қатты қорытпалар тобына мыналар кіреді: ВК3; ВК3М; ВК4; ВК6ОМ; ВК6М; ВК8; ВК10ОМ; ВК10М; ВК15 (В – вольфрамның карбиді; К – кобальт, К-дан кейінгі сан кобальттың процеттік мөлшерін анықтайды, қалғаны – вольфрамның карбидтері; М – ұсақ түйіршікті; ОМ – ерекше ұсақ түйірпшікті). Құрамына вольфрам кіретін басқа қорытпалармен салыстырғанда бұл қорытпалар мынадай жақсы қасиетпен сипаталады: иілуге беріктік шегі жоғары; тұтқырлығы жоғары. Бірақ та температуралық шыдамдылығы және қаттылығы басқа қорытпалармен салыстырғанда кішкентай. Сондықтан вольфрамды қатты қорытпалармен шойынды, түсті металдарды және қиын өңделетін металдарды өңдегенде аз жылдамдықты қолдану ұсынылады. Вольфорамтитанды қатты қорытпалар тобына мыналар кіреді: Т30К4; Т15К6; Т14К8; Т5К10; Т5К12 (Т – титанның карбиді, Т-дан кейінгі сан титан карбидінің процеттік мөлшерін білдіреді, К – кобальт, К-дан кейінгі сан кобальттың процеттік мөлшерін білдіреді, қалғаны вольфрамның карбиді болып есептеледі). Бұл қорытпалардың мынадай қасиеттері жоғары болып саналады: қаттылығы,

температурлық шыдамдылығы және тозуға төзімділігі. Бірақ та ВК топ қорытпаларымен салыстырғанда беріктігі төмендеу. Сондықтан бұл қорытпаларды болаттарды өңдегенде қолдану ұсынылады. Вольфрамтитантантал қатты қорытпалар тобына мынадай қорытпалар кіреді: ТТ7К12; ТТ8К6; ТТ30К4; ТТ20К9 (ТТ – титан мен танталдың карбидтері, ТТ-дан кейінгі сан титан және тантал карбидтерінің қосынды проценттік мөлшерін білдіреді, К – кобальт, К-дан кейінгі сан кобальттың проценттік мөлшерін білдіреді, қалғаны вольфрамның карбиді болып саналады). Бұл қорытпалар өздерінің көрсеткіштері бойынша «ВК» және «ТК» топтары қорытпалары арасындағы аралық орынды алады. Сондықтан бұл қорытпаларды болаттар мен шойындары қаралай өңдегенде, оларды сүргілеген және жоңғылаған кезде қолдану өте ұтымды. Вольфрамсыз қатты қорытпалар тобына мыналар кіреді: КНТ-16 және ТН-20 (Т – титанның карбиді, Н – никель, КН – титанның карбонитриді, сан – никель мен молибденнің қосынды проценттік мөлшері, қалғандары – титанның карбиді немесе титанның карбонитриді). Бұл қорытпаларды шойынды, көміртекті болаттарды және түсті қорытпаларды жартылай таза және таза жонғанда және жоңғылағанда қолдану ұсынылады.

Минералкерамика бұл алюминий тотығы негізіндегі құрал жасайтын материал. Айтылған материал қатты қорытпалармен салыстырғанда үлкен қаттылық пен температуралық шыдамдықты иемденген, бірақ та соққы тұтқырлығы қатты қорытпалардан кіші. Сондықтан оларды жоғары беріктікті шойыннан, шынықтырылған болаттан жасалған тетіктерді тек тазалай қыру және кеулейжону үшін және 200 м/мин жылдамдықпен металл емес материалдарды кесу үшін қолданады. Минералкерамика былай ажыратылады: тотықты (ақ), тотық-карбидті, тотық-нитридті керамикалар және керметтер. Тотықты керамика толық алюминий тотығынан тұрады (таңбалары: ВО13; ВШ-75). Оны термиялық өңделмеген болатты, қаттылығы НВ400 кіші сұр және соғылмалы шойынды таза және жартылай таза жонған кезде қолдану ұсынылады. Тотық-карбидті керамика, өзінің құрамына алюминий тотығымен бірге хром, титан, вольфрам және молибден карбидтерінен тұратын қоспалаушы қоспаны кіргізеді (В3; ВОК60; ВОК63). Оны шынықтырылған болатты, ақ және сұр

шойынды, тағы да тоттанбайтын болатты таза және жартылай таза жонғанда, жоңғылағанда қолдану ұсынылады. Тотық-нитридті керамика кремний нитридінен және қиын балқитын материалдан (алюминий тотығын қосқанда) тұрады. Бұл керамика әртүрлі материалдарды жартылай таза және таза жонған кезде вольфрам құрамына кіретін қатты қорытпаларды ауыстыруға мүмкіндік жасайды. Шынықтырылған болатты жонған кезде өңдеудің сапасы ажарлаумен бірдей деп есептеуге болады. Керметтер металмен (темір, никель, титан, цирконий, хром немесе молибден) химиялық байланысқан алюминий тотығынан тұрады (В3, В4). Керметтерді 110...200 м/мин жылдамдықпен, қаттылығы HRC 50...55 тең болатын хромникельмолибденді болаттарды жартылай таза және таза жону үшін қолдану ұсынылады.

Металдарды кескен кезде мыналарды қолданады: синтетикалық алмастар және кубтық бор нитриді негізіндегі материалдар (композиттер). Алмас барлық белгілі материалдар ішінде ең үлкен қаттылықты иемденген және оның сызықтық ұлғаю және үйкеліс коэффициентері кіші. Бірақ та осы материалдың иілу беріктігі және соққы тұтқырлығы төмен. 750 ^{o}С температурасында алмас темірде еріп кетеді. Сондықтан бұл алмас темір құрамына кіретін қорытпаларды өңдегенде қолдануға кедергі жасайды.

Балласты (АБС) 350...450 м/мин кесу жылдамдығымен шыныпластиктен жасалған тетіктерді өңдеу үшін қолданады. Карбонадты (АСПК) алюминий және мыс қорытпаларын өңдеу үшін қолданады. Композиттер алмасқа қаттылығы бойынша орын бермейтін және температуралық шыдамдылығы бойынша жоғары болатын синтетикалық материал. Келесі таңбасы бар композиттер шығарылады: композит 01 (эльбор-Р); композит 02 (белбор); композит 05 және 5И (исмит); композит 09 (ПТНБ-ИК); композит 10 (гексагонит-р). Композитті қолданудың негізгі аймақтары мыналар: 60...120 м/мин кесу жылдамдығымен шынықтырылған болатты таза және өте таза жону, тағы да жоңғылау; 400...1200 м/мин кесу жылдамдығымен сұр және жоғары беріктікті шойындарды өңдеу; 8...12 м/мин кесу жылдамдығымен қатты қорытпаларды (ВК тобы) өңдеу.

4.4. Металл кесетін білдек туралы жалпы мәліметтер

Қазіргі заманғы металлкескіш білдектерді жетілген жұмысшы машиналар деп есептеуге болады. Осы білдектер талап етілетін қозғалысты және технологиялық циклді басқаруды іске асыру үшін, механикалық, электрлік, электронды, пневматикалық және гидравликалық жүйені қолданады. Білдекжасау, машиналар тетіктері дайындамаларын өңдеудің дәлдігін мен өнімділігін және сенімділігін жоғарылататын машиналармен қазіргі заманғы өндірісті қамтамасыз етуі қажет.

Технологиялық белгілеуі бойынша білдектерді былай ажыратады: жону білдектері, жоңғылау білдектері; тескіш білдектер, т. б. Әмбебаптылығы бойынша білдектерді былай ажыратады: әмбебап білдектер; кең белгілеуі бар білдектер; бағыттандырылған және арнайы білдектер. Әмбебап білдектерде әртүрлі дайындамаларды қолданып түрлі-түрлі жұмыстарды орындайды. Кең белгілеуі бар білдектерде белгілі бір дайындамаларды қолданып белгілі бір жұмыстарды орындайды. Бағыттандырылған білдектерді өлшемдері әртүрлі бір атаулы тетіктерді өңдеу үшін қолданады (мысалы, тіс жоңғылау білдегінде тісті тәжді өңдеу). Арнайы білдектерде белгілі бір дайындаманы қолданып тек белгілі бір жұмыстарды ғана орындайды. Автоматтау деңгейі бойынша білдектер былай ажыратылады: қолмен басқырылатын білдектер; жартылай автоматты білдектер; автоматтар; бағдарламалы басқарушысы бар білдектер. Басты жұмысшы мүшесінің саны бойынша білдектерді былай бөледі: бір және көп айналдырықты білдектер; бір және көп тұрағы бар білдектер; т. б. Дәлдік бойынша білдектердің дәлдігін мынадай 5 классқа бөледі: Н – әдеттегі; «П» – жоғары; «В» – биік; «А» – ерекше биікті дәлдік; «С» – ерекше дәл білдектер.

Ресейлік машинажасауда білдектерді шартты белгілеудің бірыңғай жүйесі қабылданған. Осы жүйеге сәйкес әрбір білдекке белгілі бір шартбелгі беріледі. Шартбелгінің бірінші екі саны білдектің тобын және типін анықтайды. Екінші және үшінші орында тұрған әріптер бірөлшемді, бірақ та техникалық сипаттамалары әртүрлі білдектерді айырып тануға мүмкіндік

жасайды. Үшінші және төртінші орында тұрған сан білдектің шартты типөлшемін көрсетеді. Соңғы әріп бір орнықты модельдің әртүрлі түрөзгертушілігін көрсетеді. Барлық металлкесетін білдектер 10 топқа бөлінген, ал әр топ 10 типке ажыратылған. Төменде топтың № және аты курсивпен, ал типтің № және аты жақшада көрсетілген. *Топ 0 – резервтегі*. *Топ* 1 – *жону білдектері* (0 – бағыттандырылған автомат пен жартылай автоматты білдектер; 1 – бір айналдырықты автомат пен жартылай автоматты білдектер; 2 – көп айналдырықты автомат пен жартылай автоматты білдектер; 3 – револьверлі білдектер; 4 – тескіш-кескіш білдектер; 5 – айналма үстелді білдектер; 6 – жонатын және тік білдектер; 7 – көп кескішті білдектер; 8 – бағыттандырылған білдектер; 9 – әртүрлі жону білдектері). *Топ* 2 – *тескіш және кеңейжону білдектері* (0 – резервтегі; 1 – вертикаль-бұрғылайтын білдектер; 2 – бір айналдырықты жартылай автоматты білдектер; 2 – көп айналдырықты жартылай автоматты білдектер; 4 – координатты кеңейжону білдектері; 5 – радиал бұрғылайтын білдектер; 6 – горизонталь кеңейжону білдектері; 7 – алмасты кеңейжону білдектері; 8 – горизонталь бұрғылайтын білдектер; 9 – әртүрлі тескіш білдектер). *Топ* 3 – *ажарлау және бабына жеткізу білдектері* (0 – резервтегі; 1 – дөңгелете ажарлайтын білдектер; 2 – ішті ажарлау білдектері; 3 – сыдыра-ажарлау білдектері; 4 – бағыттандырылған ажарлау білдектері; 5 – резервтегі; 6 – қайрағыш білдектер; 7 – жазық ажарлайтын білдектер; 8 – ысқылайтын және әрлейтін білдектер; 9 – қажақпен жұмыс істейтін әр түрлі білдіктер). *Топ* 4 – *құрастырылған білдектер*. *Топ* 5 – *тіс және бұранда өңдейтін білдектер* (0 – бұранда қию білдектері; 1 – цилиндрлік доңғалақ үшін тіс сүргілеу білдегі; 2 – конусты доңғалақ үшін тіс қию білдектері; 3 – тіс жоңғылау білдектері; 4 – бұрамдық жұбын қиятын білдектер; 5 – тіс бүйір жағын өңдейтін білдектер; 6 – бұранда жоңғылау білдектері; 7 – тіс таза өңдеу және сынау білдектері; 8 – тіс және бұранда ажарлау білдектері; 9 – әртүрлі тіс және бұранда өңдейтін білдектер. *Топ* 6 – *жоңғылау білдектері* (0 – резервтегі; 1 – вертикаль-консольді білдектер; 2 – үздіксіз әсер ететін білдектер; 3 – резервтегі; 4 – көшіргіш және нақыш білдектер; 5 – вертикальды консольсіз білдектер; 6 – бойлық білдектер; 7 – консольды шарикәмбебапты білдектер; 8 – горизонталь консольді білдектер; 9 – әртүрлі

жоңғылау білдектері). *Топ* 7 – *сүргілеу, қашау, тартып өңдейтін білдектер* (0 – резервтегі; 1 – бір тіреуішті бойлай сүргілеу білдектері; 2 – екі тіреуішті бойлай сүргілеу білдектері; 3 – көлденең сүргілеу білдектері; 4 – қашау білдектері; 5 – тартып өңдейтін горизонталь білдектер; 6 – резервтегі; 7 – тартып өңдейтін вертикаль білдектер; 8 – резервтегі; 9 – әртүрлі сүргілеу білдектері). *Топ* 8 – *тілу білдектері* (0 – резервтегі; 1 – кескішпен жұмыс істейтін тілу білдектері; 2 – қажақ дөңгелекпен жұмыс істейтін тілу білдектері; 3 – тегіс дөңгелекпен жұмыс істейтін тілу білдектері; 4 – түзету-кесу білдектері; 5 – таспалық аралар; 6 – дөңгелекпен жұмыс істейтін аралар; 7 – пышқылы аралар). *Топ* 9 – *әртүрлі білдектер* (1 – егелеуші білдектер; 2 – аралапкертпелеу білдектері; 3 – түзету және центрсіз сыдыру білдектері; 4 – теңгергіш білдектер; 5 – тескішті және ажарлау дөңгелектерін сынайтын білдектер; 6 – бөлгіш машиналар). Әдетте білдектің шартты типөлшемі өңделетін дайындаманың ең үлкен өлшемін көрсетеді. Мысалы: мод 16К20 әмбебап жону-бұрамакескіш білдегі – «20» – центрлер биіктігі, яғни дайындаманың айналу осінен бағыттауышқа дейінгі арақашықтық, 200 мм; мод. 2Н135 вертикаль-бұрғылайтын білдегі – «35» – бұрғылаудың ең үлкен диаметрі – 35 мм. Сандық бағдарламалы басқарушысы (СББ) бар білдектердің шартбелгісі қосымша әріп-сан шартбелгісімен қамтамасыз етілген (Ф – СББ жабдықтау, ары қарай нақты СББ жүйесі белгіленеді). Мысалы: 16К20Ф3С32 – 1 – жону тобының білдегі, 6 – бұрамакескіш, К – жаңғыртылған, 20 – центрлер биіктігі 200 мм, Ф-СББ қамтамасыз етілген; 3 – үш координатты қозғалыстарды басқару, С32-СББ жүйесі.

Тетіктерді шағын және орташа сериямен жасаған кезде ірі сериялы өндіріс көзқарасын қолдану сандық бағдарламалы басқарушысы (СББ) бар білдектерді қолдануды талап етеді. Білдектің жұмысшы циклін микропроцессорлер көмегімен басқару білдекті білдектік модульге айналдыруға мүмкіндік береді. Білдектік модуль («білдек – өндірістік робот – ырғақ үстелі» бірыңғай жүйесі) өңдеуді жоғары деңгеймен автоматтандырады және үйлесетін икемділік (бірнеше типөлшемді тетіктерді жасауға білдекті тез қайта баптау мүмкіндігі) пен әмбебаптылықты (дайындаманың әртүрлі түрлерін өңдеудің мүмкіндігі) қамтамасыз етеді. Әртүрлі

технологиялық белгілеуі бар білдектік модульдерді, технологиялық циклді ЭЕМ көмегімен жалпы басқаратын бірыңғай жүйеге біріктіру икемді өндірістік жүйені алуға мүмкіндік жасайды.

4.5. Механикалық өңдеу цехтарында өндірісті автоматтандыру

Өндірісті автоматтандыру деп дайындаманы тетікке (дайын бұйымға) түрлендіру процесіне тікелей қатысудан адамды ішінара немесе толық босататын техникалық жабдықты, экономика-математикалық әдістерді және басқару жүйелерін қолдануды айтады. Автоматтандырудың мақсаты болып өнімділікті және еңбек нәтижелігін жоғарылату, өнім сапасын жақсарту, денсаулыққа зиян жағдайдайы бар жұмыстан адамды босату саналады.

Автомат деп оператордың қатысуынсыз барлық негізгі және қосымша қозғалыстарды (сонымен қатар жұмыс циклін қайтадан бастауды) іске асыратын білдекті айтады. Жартылай автомат деп автоматты циклмен жұмыс істейтін, бірақ та өңдеу циклін қайталау үшін (жиі тетікті алу және дайындаманы орнату үшін) оператордың араласуын талап ететін жұмысшы машинаны айтады. Автоматтың жұмыс істеуіне өңдеудің келесі принциптері қойылған: *дара* – дайындаманы өңдеу тек бір кесуші құралдың қатысуымен іске асырылады; *параллельді* – дайындаманы өңдеуге қатар жұмыс істейтін бірнеше құралдар бір уақытта қатысады; *бір ізді* – дайындаманы өңдеуге жұмысқа жүйелі бірінен кейін бірі кіретін бірнеше құралдар бір мезгілде қатысады; *параллельді – бір ізді* – дайындаманы өңдеуге құралдардың бірнеше тобы қатысып, құралдың бір тобы параллельді жұмыс істейді, ал екінші тобы жұмысқа жүйелі енеді; *үздіксіз* – дайындаманы (дайындама тобын) өңдеуге, осы дайындаманы үздіксіз беріп құралдар тобы қатысады. Білдек автоматтарды бірыңғай жүйеге біріктіріп, оларды дайындаманы дайын тетікке өзгертетін технологиялық үрдісті орындайтын жүріс бойынша орналастыру (дайындаманы механикалық өңдеу, операция аралық тасымалдау және дайындаманы жинау,

білдекті тиеу – түсіру, операцияны орындаудың жүрісін автоматты бақылау) автоматты тізбекті алуға мүмкіндік береді.

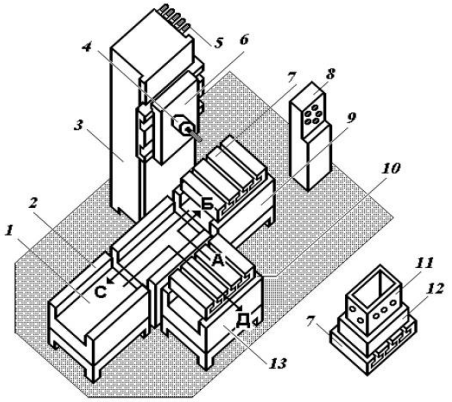
Қазіргі заманғы машинажасау өндірісі өнімін тез ауыстыруымен сипатталады. Мұндай жағдайда ірі және шағын сериялы өндірістерде икемді автоматтандырылған өндірісті жасау өзекті мәселе болып саналады. Икемді автоматтандырылған өндірістің негізі болып сандық бағдарламалы басқарушысы бар білдектерді, яғни көп операциялы білдектерді, өңдейтін орталықты қолдану саналады. Бұл білдектер құралды автоматты ауыстыратын автооператоры (автоматты қол) бар кесетін құрал магазинімен қамтамасыз етілуі қажет.

Өңдейтін орталықты қолдану, дайындаманы білдектен түсірмей, көптеген құралдардарды пайдаланып, өңдеудің әртүрлі операциясын жүйелі бір жұмысшы орнында орындауға мүмкіндік жасады. Қазіргі заманғы өңдейтін орталықтар магазиндерінде 300 дейін әртүрлі құралдарды орналастыруға болады. Осы себептен күрделі тұрқы тетіктерін төрт немесе бес жақтан өңдеуге, яғни бір жұмысшы орында дайындаманы дайын тетікке айналдыруға мүмкіндік жасалды.

Өңдейтін орталықтың жалпы сәйкес орналастыруы 4.9-суретте көрсетілген.

Өңдейтін орталық жинағына мыналар кіреді: айналдырық басшасы 6 бар тік тіреуіш 3, кесуші құрал магазині 5, үстел 7 қозғалту үшін керекті тасымалдаушымен және бағыттаушымен 2 жабдықталған бірнеше топал тіреуіш 13 түріндегі көліктер, үстелде немесе айлабұйым-лаушықта 12 тікелей қойылатын дайындама 11. Дайындамасы бар үстел тиеуші тұрақта 10 орнатылып басқарушы кондырғының 8 әмірімен нұсқама А-Б бойымен жұмысшы тұраққа 9 қарай қозғалтылады. Үстел мен дайындаманы керекті бұрышқа бұруға қажетті бұрылыс қондырғысымен жұмысшы тұрақ қамтамасыз етілген. Басқару қондырғысының әмірі бойынша автооператор керекті кесуші құралды айналдырық 4 қояды, айналдырықтың айналуының жиілігін береді және құралдық басшаны тіреуіштің тік және көлденең бағыттаушысы бойымен қозғалтады. Өңдеудің аяғында өңделген тетігі бар үстел күту тұрағына қозғалтылады (Б-С нұсқамасы бойымен), ал өңдеу аймағына жаңа дайындама

беріледі. Тұрақ 10 босатылғаннан кейін оған қарай өңделген тетік қозғалтылады (С-Д нұсқамасы бойымен).



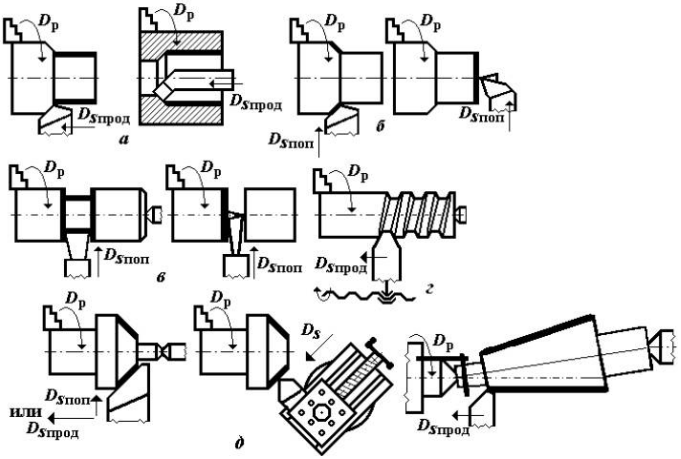
4.9-сурет. Өңдейтін орталық: *1 – күту тұрағы; 2 – бағыттаушылар; 3 – тіреуіш; 4 – айналдырық; 5 – кесуші құралдардың магазині; 6 – айналдырық басшасы; 7 – үстел; 8 – бағдарламалау және басқару қондырғысы; 9 – жұмысшы тұрағы; 10 – тиеу және түсіру тұрағы; 11 – дайындама; 12 – айлабұйым-лаушық; 13 – топал тіреу; А, Б, С, Д – дайындама мен тетіктің қозғалу бағыты*

4.6. Машиналар тетігін жүзбен өңдеу

Жүзбен өңдеген кезде келесі технологиялық тәсілдерді қолданады (кесу қозғалысының бағытына және түріне, өңделген беттің түріне байланысты): жону, сүргілеу, бұрғылау, жоңғылау, тартажону.

Жону. Жонғанда цилиндрлік және бүйірлік беттерді жүзбен кесіп өңдейді. Бұл тәсілде басты қозғалыс айналмалы. Айтылған қозғалысты дайындамаға немесе кесуші құралға береді. Түзу сызықты немесе қисық сызықты беріліс қозғалысын іске асырғанда, кесу құралын айналу осінің бойымен, перпендикулярлы бағытпен немесе бұрышпен қозғалтады. Жонумен дөңгелек сырықтың мойынағын және бүйірлік бетін, дискінің сыртқы және ішкі цилиндрлік бетін және шетжағын, дөңгелек емес сырықтың және тұрқы тетіктерінің ішкі цилиндр пішінді бүйірлік беттерін өңдейді.

Өңделген беттің түріне байланысты жонуды былай айырады: қыру (сыртқы бетті өңдеу) және кеулейжону (ішкі беттерді өңдеу). Берілістің қозғалу бағытына байланысты жонуды былай айырады: бойлық жону (4.10, *а*-сурет) (берілістің қозғалу бағыты дайындаманың айналу осінің бойымен бағытталған); көлденең жону (4.10, *б*-сурет) (беріліс қозғалысы дайындаманың айналу осіне перпендикулярлы бағытталған); бунақты қию және кесу (4.10, *в*-сурет); конустарды жону (беріліс қозғалысы дайындаманың айналу осіне бұрышпен бағытталған); бұрамалы беттерді қию (4.10, *г*-сурет); фасонды беттерді жону (4.10, *д*-сурет).



4.10-сурет. Жонудың негізгі технологиялық сұлбасы:
а – бойлық жону; б – көлденең жону; в – бунақты қию және кесу; г – бұранданы қию; д – конусты беттерді жону

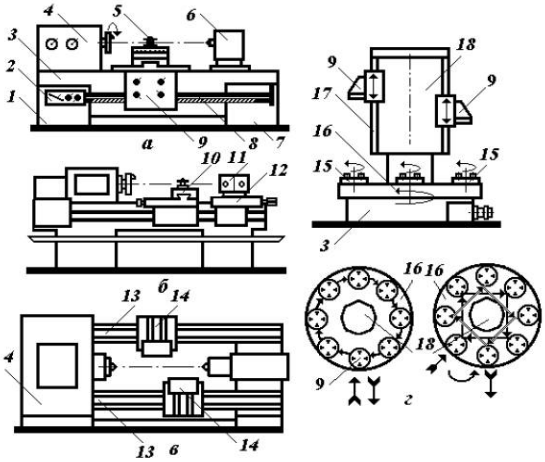
Өңдеудің түрі бойынша кескішті былай ажыратады: қара өңдеу үшін; жартылай таза өңдеу үшін; таза өңдеу үшін. Құрал материалының типі және оны бастиекке бекіту тәсілі бойынша кескіштерді былай ажыратады: көміртекті немесе тезжонғыш болаттардан жасалған бүтін; тезжонғыш болаттан немесе қатты қорытпадан жасалған тілімшемен дәнекерленген; қатты қорытпадан немесе аса қатты материал кристалынан жасалған тілімшемен механикалық бекітілген. Қатты қорытпа

тілімшесінің түрі бойынша кескіштерді былай ажыратады: қайта қайралатын және қайта қайралмайтын тілімшелі кескіштер. Орнықтандыру және жону білдегінің жұмысшы айлабұйымында дайындаманы бекітудің түрі білдек типінен, өңделетін бет түрінен, дайындама типінен (білік, диск, сақина, дөңгелек емес сырық, т. б.) дайындама ұзындығы мен диаметрі арасындағы қатынастан, талап етілетін өңдеу дәлдігінен, т. б. тәуелді болады. Әмбебап жону білдегінде дөңгелек сырықтарды өңдеген кезде жиі үш, төрт немесе алты жұдырықшалы қысқыны қолданады. Жону тобының негізгі білдектері 4.11-суретте көрсетілген.

Әмбебап жону-бұрамакескіш білдегінде (4.11, *а*-сурет) әртүрлі класс тетіктерін өңдейді (дөңгелек және дөңгелек емес сырықтар, сақиналар, дискілер, тұрқы тетіктері, т. б.). Білдектің тұғыры 3 (шойыннан жасалған салмақты тетік) мынадай 2 топал тіреуге иемденген: алдыңғы 1 және артқы 7. Алдыңғы топал тіреуде басты электрқозғалтқыш орнатылған. Білдектің қозғалмалы элементтерін орнықтандыру және қозғалту үшін тұғырдың жоғары жағы екі жұп бағыттаушыға иемденген. Алдыңғы басша 4 тұғырдың сол жағына бекітілген. Алдыңғы басша тұрқысында жылдамдық қорабы және айналдырық орналасқан. Айналдырықтың бұрандалы оң шет жағында дайындаманы орнықтандыруға және бекітуге қолданылатын технологиялық әбзел орнатылған. Айналдырық айналуды (басты қозғалысты $D_р$) сынабелдікті беріліс, тісті дөңгелек және жалғастырғыш жүйесі арқылы басты электрқозғалтқыштан алады. Тісті дөңгелек және жалғастырғыш жүйесі алдыңғы басшаның ішінде орналасқан жылдамдық қорабының білігіне бекітілген. Артқы басша 6 тұғырдың ішкі бағыттаушысы арқылы қозғалу мүмкіндігімен, осы тұғырдың оң жағында орнатылған. Артқы басша ұзын біліктердің бекіту қатаңдығын жоғарылату үшін қажет. Артқы басшы ішінде суырмалы сүйеутөлке орналасқан. Осы сүйеутөлкенің конусты тесіктеріне әртүрлі центрлер салынады. Ұзын біліктерді (L/D> 4) өңдеген кезде дайындаманың алдыңғы шет жағы айналдырықта бекітілген қысқыға орнатылады, ал артқы шет жағы артқы басшының сүйеутөлкесінде орнатылған центрмен қысылады. Қысқа дайындаманы, «дөңгелек емес сырық» типті дайындаманы және тұрқы дайындамаларын өңдеген кезде

сүйеутөлкенің конусты тесігіне осьтік құралды орнатады. Мұндай орнату дайындамадағы орталық тесікті ось бойымен өңдеуге мүмкіндік жасайды. Осындайда беріліс қозғалысын артқы басшының тегершігін қолмен айналдырып іске асырады. Тұғырдың сыртқы бағыттаушысында кескішұстағыштан 5, бұратын, көлденең және бойлық жылжымадан 15 тұратын құралкүймешік 9 орналасады. Төрт тұрақты кескішұстағышта 5 кесуші құралдар, яғни жону кескіштері орнатылады. Бұратын жылжымалар тік ось айналасында бұрылу және орнықтыру мүмкіндігімен орнатылған. Бұлай орнату конустылық бұрышы үлкен (45^o дейін) қысқа конусты беттерді (150 мм дейін) өңдеуге мүмкіндік береді. Конустылық бұрышы кішкентай ұзын конусты беттерді өңдеген кезде (5^o дейін) тұғыр бағыттаушысына перпендикулярлы бағытта артқы басшаны қозғалтып дайындаманың айналу осін ығыстырады. Көлденең жылжымалар дайындаманың айналу осіне 90^o бұрышпен кесуші құралға беріліс қозғалысын (D_s) жасауге мүмкіндік береді (көлденең беріліс). Бойлық жылжымалар дайындаманың айналу осінің бойымен кесуші құралға беріліс қозғалысын (D_s) жасауға мүмкіндік береді (бойлық беріліс). Беріліс қозғалысын қолмен немесе автоматты іске асырады. Тұғырдың алдыңғы қабырғасында айналдырықпен кинематикалық байланысқан беріліс қорабы бекітілген. Беріліс қорабы қозғалысты жүріс білігіне 8 және жүріс бұрамасына береді. Жүріс бұрамасы тек бұранданы қиған кезде автоматты берілісті қамтамасыз ету үшін қызмет жасайды. Басқа жұмыстарды жасаған кезде автоматты берілісті қамтамасыз ету үшін жүріс білігі қызмет жасайды.

Сатылы білікшелер, ернемек, сақина типті күрделі тетіктерді өңдеу үшін жону-револьверлі білдегін қолданады (4.11, *б*-сурет). Жону-револьверлі білдегінде бірнеше кесуші құралдарды револьверлі бастиекте 11 орнатады. Бұл құралдарды орнатуға және баптауға қажетті уақытты қысқартуға мүмкіндік жасайды. Көп қырлы револьверлі бастиегі бар револьверлі білдектер қосымша бір немесе екі (алдыңғы және артқы) револьверлі құралкүймешікпен 12 қамтасыз етілген. Бойлық беріліс қозғалысымен жұмыс істейтін барлық құралдар револьверлі бастиекте бекітіледі. Көлденең беріліс қозғалысымен жұмыс істейтін барлық құралдар құралкүймешекте бекітіледі.



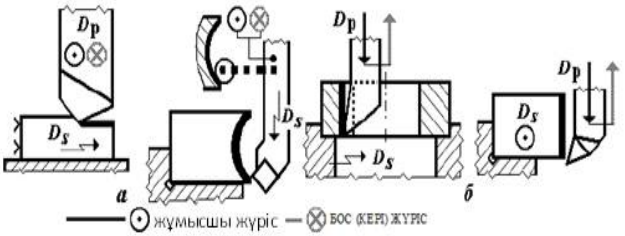
4.11-сурет. Жону тобының білдектері:
а – әмбебап жону-бұрамакескіш білдегі; б – қысқышы бар жону-револьверлі жартылай автоматы; в – жону гидрокөшіргіш автоматы; г – тік көп айналдырықты жартылай автомат; 1, 7 – алдыңғы және артқы топал тіреу; 2 – беріліс корабы; 3 – тұғыр; 4, 6 – алдыңғы және артқы басша; 5 – кескіш ұстағыш; 8 – жүріс білігі; 9 – құралкүймешік; 10 – көлденең құралкүймешік; 11 – револьверлі бастиек; 12 – револьверлі құралкүймешік; 13 – маңдайшалар; 14 – жоғарғы және төменгі құралкүймешіктер; 15 – айналдырық; 16 – айналмалы үстел; 17 – бағыттаушы; 18 – орталық бағана

Сатылы біліктерді өңдеуді көп кесушісі бар жону жартылай автоматтарында, автоматтарда немесе жону гидрокөшіргіш автоматтарында (4.11, *в*-сурет) жүргізеді. Білдектің тұғырында 3 мыналар орнатылған: жылдамдық қорабы және айналдырығы бар алдыңғы басша; артқы басша; жоғарғы және төменгі маңдайшалар 13. Маңдайшалармен жоғарғы және төменгі құралкүймешіктер 14 қозғалады. Жоғарғы құралкүймешік тек көлденең беріліс қозғалысына иемденген, ал төменгі құралкүймешік тек бойлық беріліс қозғалысын орындайды. Гидрокөшіргіш автоматтарда құралкүймешік көшіргішпен қозғалады. Бұл сатылы немесе фасонды, яғни күрделі беттерді өңдеуге мүмкіндік береді. Дискілерді тік көп айналдырықты

жартылай автоматтарда өңдейді (4.11, *г*-сурет). Тұғырда 3 мыналар орналасқан: орталық бағана 18; айналмалы үстел 16. Айналмалы үстел бағана осінің айналасында дискретті немесе үздіксіз бұрылыстарды жасайды. Айналмалы үстел үздіксіз айналған кезде бағана да үйлесімді айналады. Айналмалы үстелде жұдырықшалы қысқышы бар айналдырық 15 орнатылған. Бағананың тік бағыттаушысылармен 17 айналдырықтар 9 қозғалады. Айналмалы үстел дискретті айналған кезде білдекте мынадай екі орындалу бар болуы мүмкін: бір көрсеткішті айналма үстел; екі көрсеткішті айналма үстел. Бір көрсеткішті білдектерде дайындама бір жақты өңделеді. Бірінші тұрақта дайындаманы тиеуді жүргізеді. Ары қарай айналма үстелдің әрбір бұрылысынан кейін бет топтары өңделеді, ал осыдан кейін өңделген тетік бірінші тұраққа қайтарылып білдектен алынады. Демек, бір білдекте бір мезгілде жеті дайындама өңделеді. Екі көрсеткішті білдектерде айналма үстел екі бұрыштық қадамға бұрылады. Бірінші тұрақта тиеу жүргізіледі. Ары қарай тақ тұрақта дайындаманың бір жағын өңдейді. Жартылай өңделген дайындама бірінші тұраққа қайтарылады. Бұл жерде қолмен немесе автооператор көмегімен дайындама екінші тиеу тұрағына апарылады және өңделген бет бойынша орнықтандырылады. Жұп тұрақта дайындама екінші жағынан өңделеді және орнақтан алынады. Демек білдекте дайындаманы екі жақтан толық өңдейді.

Сүргілеу және қашау. Сүргілеу және қашау тәсілдерімен жазық, фасонды, сыртқы және ішкі беттерді жүзбен кесіп өңдейді. Түзу сызықты, қайтымды-ілгерілмелі басты қозғалысты кесуші құралға береді. Дискретті, түзу немесе қисық сызықты беріліс қозғалысын құралдың кері жүрісінің аяғында дайындамаға береді. Сүргілеген кезде басты қозғалысты құралға көлденең жазықтықта береді (4.12, *а*-сурет). Қашаған кезде басты қозғалысты құралға тік жазықтықта береді (4.12, *б*-сурет).

Сүргілеген және қашаған кезде кесу процесін үзілмелі етіп жүргізеді. Материалдарды кетіру құралдың тек тура (жұмысшы) жүрісінде іске асырылады. Кері (бос) жүріс кезінде кескіш жоңқаны алмайды.



4.12-сурет. Сыртқы беттерді сүргілеудің негізгі технологиялық сұлбалары:
а – сүргілеу; б – қашау

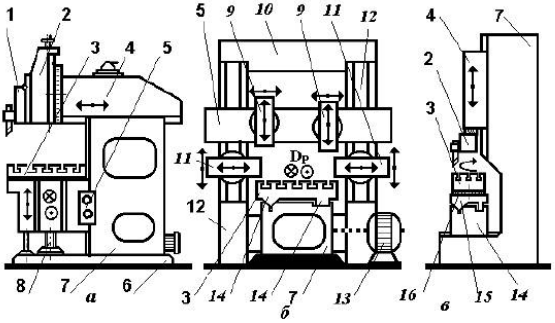
Бос жүріс құралдың салқындауын қамтамасыз етеді. Үзілмелі кесу процесі «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесіне жоғары динамикалық жүктеменің түсуімен, дайындама материалына құралдың соққымен кіріп кетуімен қошталады. Сондықтан сүргілеген кезде жоғарғы кесу жылдамдығын қолданбайды және массалы тезжонғыш құралын қолданады. Бос жүрістің бар болуы өңдеу өнімділігінің төмен болуымен қошталады. Процесті нормалаған кезде мыналарды береді: кесудің қозғалыс жылдамдығын (υ_p), кері (бос) жүрістің жылдамдығы (υ_{xx}); берілістің қозғалыс жылдамдығы (минут ішінде $S_{мин}$ және білдек сырғағының бір екі жүрісі ішінде S_{2x}).

Кесетін сүргілеу және қашау құралдарының мынадай екі типін жасайды: сүргілеу кескіштері (өтпелі, фасонды); қашауыштар (өтпелі, кілтектік ойықтар үшін және арнайы).

Өлшемі үлкен емес және пішіні қарапайым өңделетін дайындамаларды білдектегі іскенжеде орнатады. Ірі және пішіні күрделі дайындамаларды тікелей Т-ға ұқсайтын ойығы бар үстелге орнатады. Осы дайындамалар ұстатқышпен, призмалы немесе сыналы төсеммен, таяныш-қыспақпен бекітіледі. Цилиндлік орнықтандыру элементі бар дайындамалар призмаға орнатылады.

Көлденең-сүргілеу білдегі (4.13, *а*-сурет) шағын-сериялы және сериялы өндірісте, тағы да машинажасау зауыттарының көмекші цехтарында қолданылады. Бұл білдектерде өңдеу ұзындығы 1000 мм үлкен болмайтын дайындамалар өңделеді. Іргетас тақтасында 6 тұғыр 7 орнатылған. Тұғырдың тік

бағыттаушысымен көлденең бағыттаушысы бар маңдайша 5 қозғалады. Осыларға үстел 3 қойылған. Үстелде дайындама немесе жұмысшы айлабұйым орнатылады. Үстелдің тік қозғалуы көтергішпен 8 іске асырылады. Тұғырдың жоғарғы бүйірінде көлденең бағыттаушылар орындалған. Осы бағыттаушылармен сырғақ 4 қозғалады. Сырғақтың алдыңғы бүйірінде тік бағыттаушылар орындалған. Осы бағыттаушылармен тербелетін тақтасы 1 және кескіш ұстағышы бар тік құралкүймешік 2 қозғалады. Тік құралкүймешікті, еңкіш жазықтықтарды сүргілеу үшін, көлденең ось айналасында бұруға болады.



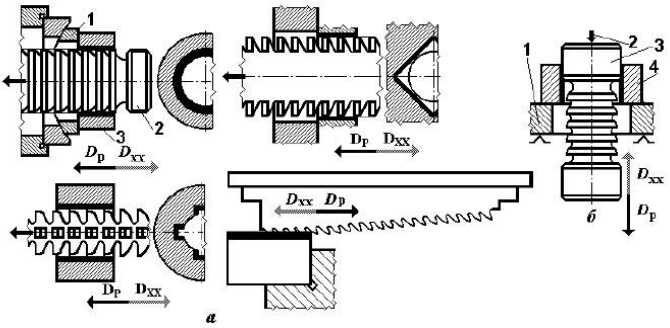
4.13-сурет. Сүргілеу тобының тобы: *а – көлденең-сүргілеу білдегі; б – бойлық-сүргілеу білдегі; в – қашау білдегі; 1 – тербелетін тақта; 2 – құралкүймешік; 3 – үстел; 4 – сырғақ; 5 – маңдайша; 6 – іргетас тақтасы; 7 – тұғыр; 8 – көтергіш; 9 – тік құралкүймешіктер; 10 – көлденең тақта; 11 – бүйірлік құралкүймешіктер; 12 – тіреулер; 13 – басты электрқозғалтқыш; 14 – бағыттаушы; 14 – көлденең жылжымалар; 15 – бойлық жылжымалар; 16 – бұратын жылжымалар (нұсқамамен білдек элементтерінің қозғалу бағыттары көрсетілген)*

Бойлық-сүргілеу білдектерінде (4.13, *б*-сурет) ірі және ауыр дайындамаларды өңдейді. Бұл білдектер үстелінің жүрісі 1,5...12 м, сүргілеу ені 0,7...4 м тең. Бойлық-сүргілеу білдектері бір және екі тіреулі болып екіге бөлінеді. Екі тіреулі білдектің тұғырының 7 бойымен бағыттаушылар 14 орналасқан (сол жағы – V ұқсас, ал оң жағы –жазық). Бағыттаушылармен дайындама орналасқан үстел қозғалады. Үстел тұрақты тоқпен жұмыс

істейтін электркозғалтқыштан 13 қозғалады. Бұл тура және кері жүрістің жылдамдығын сатысыз реттеуге мүмкіндік береді. Білдектің порталы сол және оң тіреулерден 12 тұрады. Тіреулер жоғары жақта көлденең тақтамен қосылған. Тіректің тік бағыттаушысы бойынша маңдайша 5 және бүйірлік құрал күймешіктердің 11 күймешелері қозғалады. Маңдайшада мыналар орналасқан: оң және сол тік құралкүймешіктер 9. Әрбір құралкүймешік өзінің беріліс қорабымен қамтамасыз етілген. Барлық құралкүймешіктер тік және көлденең бағыттарда қозғала алады және тік жазықтықта 60^{o} дейін бұрышпен бұрыла алады. Қашау білдегі (4.13, *в*-сурет) тұғырының 7 көлденең бағыттаушысында жұмысшы үстелмен 3 бірге көлденең 14, бойлық 15 және бұратын 16 жылжымалар орнатылған. Тұғырдың тік бағыттаушысымен құралкүймешігі және кесуші ұстағышы бар сырғақ 4 қозғалады.

Тартажону. Тартажону тәсілімен сызықтық құраушысы бар жазық, фасонды, сыртқы және ішкі беттерді жүзбен кесіп өңдейді. Түзу сызықты немесе айналмалы басты қозғалысты кесуші құралға береді. Беріліс қозғалысын пайдаланбайды. Кесу процесін қайтадан бастауды тіске көтерумен (S_z) қамтамасыз етіледі. Тіске көтеру деп келесі тістердің кесетін бөлімінің өлшемі алдағыдан биіктігі немесе ені бойынша артық болуын айтады. Кесетін құралдың қозғалу түрі бойынша тартажонуды былай айырып таниды: тартажону (4.14, *а*-сурет) – құралды тесіктен тартып алады; қобылау (4.14, *б*-сурет) – құралды тесікке итеріп кіргізеді.

Сыртқы және ішкі беттерді өңдеудің жоғары өнімді процесіне тартажону процесі жатады. Бұл процесс өңделген беттің пішіні мен өлшемінің жоғарғы дәлдігін қамтамасыз етеді. Тартажонған кезде өңделген беттің пішіні кесетін тістің пішінімен көшірмеленеді. Сондықтан тартажонып бетті өңдеу үшін қатаң берілген пішіні және өлшемдері бар өте арнайы құрал, тартажонғыш қолданылады. Өңделетін беттің түрі бойынша тартажонғыштар ішкі және сыртқы тартажонғыштар болып екіге бөлінеді. Ішкі тартажонғыштар дөңгелек, квадратты, көпқырлы және оймакілтекті тесіктерді, тағы да кілтек және басқа фигуралы ойықтарды өңдеу үшін қолданылады. Сыртқы тартожонғыштар сыртқы беттерді, ойықтарды, кемерді өңдеу үшін пайдалынылады.



4.14-сурет. Тартажонудың негізгі технологиялық сұлбасы:
а – тартажону: 1 – жүзетін тірек; 2 – тартажонғыш;
3 – дайындама; б – қобылау: 1 – үстел; 2 – поршень соташығы;
3 – қобылағыш; D_p – кесу қозғалысы; D_{xx} – кері жүріс

Цилиндрлік тесіктерді жасағанда, бұрғылау, кеулейжону, үңгілеуден кейін алынған тесіктерді, тағы да дайындаушы операцияларды қолданып алынған тесіктерді тартажонғышпен немесе қобылағышпен өңдейді. Цилиндрлік тартажонғышпен 2 тесікті өңдеген кезде (4.14, *а*-сурет) дайындама 3 сфералық тірекке 1 (жүзетін тартажонғыш) немесе жазық тірекке орнатылады. Сфералық тірекке орнатқан кезде дайындама тартажонғыш осі бойымен өздігінен орнатылады, бірақ та бүйірі тесік осіне перпендикулярлы емес болуы мүмкін. Бұндай орнатуды дайындаманың бүйірі тартажонудан кейін өңделетін болса ғана қолданады. Дайындаманы жазық тірекке орнатқан кезде, оның бүйірі тесік осіне перпендикулярлы. Бірақ та ұзындатқыштың диаметрлі жазықтығында әдіптің айырмашылығы бар болатындықтан ұзындатқыш сынуы мүмкін. Көп қырлы немесе оймакілтекті тесіктерді өңдеген кезде көп қырлы және оймакілтекті арнайы тартажонғыштарды қолданады.

Қобылаған кезде құрал-қобылағыш 3 (4.14, *б*-сурет) престің поршенімен 2 дайындама 4 тесігіне итеріліп кіргізіледі. Дайындама престің үстеліне қойылады. Қобылағыш қысылып жұмыс істейтін болғандықтан, оның ұзындығы шектеліп жасалынады ($L/D \leq 15$). Сондықтан қобылағыштарды әдетте цилиндрлік тесіктерді жартылай таза түзету үшін қолданады.

Білдекті таңдау үшін осьтік кесу күшін (P_z) білу қажет Дөңгелек тартажонғыш үшін осьтік кесу күші мынаған тең:

$$P_z = C_p S_z^x DZK_1 K_2 K_3 K_4.$$

Кілтектік және оймакілтектік тартажонғыш үшін осьтік кесу күшін былай анықтауға болады:

$$P_z = C_p S_z^x nZK_1 K_2 K_3 K_4,$$

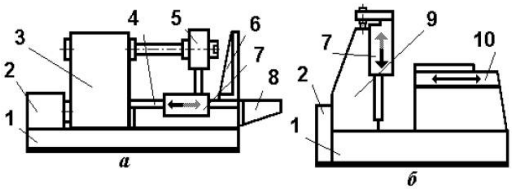
мұндағы C_p – дайындама материалын және өңдеу жағдайын сипаттайтын коэффициент; D – өңделген тесіктің диаметрі; n – оймакілтек саны; Z – бір мезгілде жұмыс істейтін тістер саны; K_1,K_2,K_3, K_4 – алдыңғы және артқы бұрыштардың әсерін, құралдың тозуын ескеретін коэффициенттер (сәйкес жазылған).

Тартажону бұл үзілмелі процесс. Сондықтан жұмыс жасағанда басты қозғалыстың орындаушы механизміне қайтымды-ілгерілемелі қозғалыс жасау қажет. Мұндай қозғалыстың тура жүрісінде жұмысшы қозғалыс, ал кері жүрісінде бос жүріс жасалады. Басты қозғалысты оындаушы механизм массасының инерциясы кесудің жоғары жылдамдығында жұмыс істеуге мүмкіндік бермейді. Әдетте 8-ден 15 м/мин дейінгі шекте кесу жылдамдығын қабылдайды.

Тартажонғыш білдектердің құрылымы қарапайым және қатаңдығы үлкен. Осыны білдектерде беріліс қозғалысының тізбесі жоқ болуымен түсіндіруге болады. Тартажонғыш білдектердің негізгі сипаттамасы болып соташықтағы тартқыш күш және жұмысшы цилиндрі соташығының жүрісі саналады.

Горизонталь-тартажонғыш білдек (4.15, *а*-сурет) ішкі беттерді тартажону үшін қолданылады. Тұғыр 1 мыналар орналасқан: гидроцилиндр 3; сорғы станциясы 2. Соташықтың 4 алдыңғы жағында күймешесі 7 бар қарпығыш 5 орнатылған. Күймеше тұғырдың бағыттаушысы бойымен қозғалады. Тартажонғыш қарпығышта орнатылады және дайындамадағы тесік арқылы өткізіледі. Осындайда дайындама бүйірімен кронштейннің 6 тірек бетіне сүйенеді. Дайындама тесігінен шыққанға дейін тартажонғышқа ілгерілмелі қозғалыс беріледі. Дайындама тұғырыққа 8 құлайды. Тартажонғыш бастапқы жайға қайтып процесс қайтадан басталады.

Вертикаль-тартажонғыш білдек (4.15, *б*-сурет) сыртқы беттерді өңдеу үшін қолданылады. Тұғырда 1 жұмысшы гидроцилиндрі, сорғы станциясы 2 және күймешесі 7 бар тік тіреуш 9 орнатылған. Тұғырдың сол жақ шетінде үстел 10 орнатылған. Дайындаманы жұмысшы айлабұйымға орнатады.

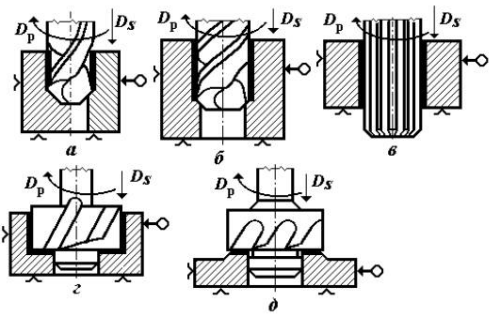


4.15-сурет. Тартажонғыш тобының білдектері: *а – горизонталь-тартажонғыш; б – вертикаль-тартажонғыш: 1 – тұғыр; 2 – сорғы станциясы; 3 – гидроцилиндр; 4 – соташық; 5 – карпығыш; 6 – кронштейін; 7 – күймеше; 8 – тұғырық; 9 – тік тіреуіш; 10 – үстел; нұсқамамен білдек элементтерінің қозғалу бағыты көрсетілген*

Бұрғылау. Бұрғылау тәсілімен тік сызықты құраушысы бар цилиндрлік тесіктерді жүзбен кесіп өңдейді. Айналмалы басты қозғалысты құралға, ал түзу сызықты беріліс қозғалысын айналатын құралға айналу осінің бойымен береді.

Өңделген және өңделетін беттердің түріне және өңделген беттің сапасына байланысты өңдеуді былай айырып таниды: бұрғылау және бұрғылап кеңейту (4.16, *а*-сурет), үңгілеу (4.16, *б*-сурет), ұңғылау (4.16, *в*-сурет), үңгіштеу (4.16, *г*-сурет) және ұң жонғылау (4.16, *д*-сурет).

Бұрғылаумен өтпелі және саңылаусыз тесіктерді жасайды. Бұрғылап кеңейтумен бұрын бұрғыланған тесіктің диаметрін үлкейтеді. Үңгілеумен де тесік диаметрін үлкейтеді. Бірақ та бұрғылап кеңейтумен салыстырғанда үңгілеу үлкен дәлдікпен тесік жасауға және өңдеудің өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Үңгілеуді қолданып құюмен немесе қысыммен алынған тесікті өңдеуге болады. Ұңғылау тесіктің жоғары дәлдігін қамтамасыз ететін тазалай өңдейтін операция ретінде қолданылады.



4.16-сурет. Бұрғылаудың негізгі технологиялық сұлбалары:
а – бұрғылау және бұрғылап кеңейту; б – үңгілеу; в – ұңғылау; г – үңгіштеу; д – ұң жоңғылау

Ұңғылаумен үңгілеумен немесе кеулейжонумен алынған цилиндрлік және конусты тесіктерді өңдейді. Үңгіштеумен бұрандама және бұрама бастиектері астындағы цилиндрлік және конусты үңгілді өңдейді. Негізгі тесікке өңделген беттің перпендикулярлығын және осьтестігін қамтамасыз ету үшін, кесуші құралды бағыттаушы цилиндрмен жабдықтайды. Ұң жоңғылаумен бұрандама, бұрама бастиектері және сомын үшін бүйірлік тіреуші жазықтықтарды өңдейді. Негізгі тесікке өңделген бүйірлік беттің перпендикулярлығын кесуші құралдың бағыттаушы цилиндрі (ұң жонғы) қамтамасыз етеді.

Жонумен салыстырғанда бұрғылау процесін тым ауыр жағдайда жүргізеді. Кесу процесінде жоңқаны алып кету және кесу аймағына салқындатушы сұйықты беру қиын. Кескен кезде бөлінетін жылу негізінен кесуші құрал және дайындамамен сіңіріледі. Жылу беру коэффициенті төмен материалдарда (пластмасса, бетон, т. б.) тесікті бұрғылығанда бұл көп байқалады. Осындай материалдарды өңдеген кезде бөлінетін жылудың 95 % бұрғымен сіңіріледі. Осындайда егер салқындатуды қолданбаса, онда бұрғының кесуші жиегі балқып кететін болады. Бұрғының қимасы бойынша кесу жылдамдығы тұрақты емес. Осы жылдамдық бұрғының шеткі аймағынан центріне қарай азаяды. Демек, бұрғылағанда жонумен салыстырғанда мыналар көп болады: кесілетін қабаттың және жоңқаның деформациясы; үйкеліс күші (жұптар: бұрғы-дайындама; жоңқа-бұрғы; жоңқа-дайындама).

Бұрғылаған кезде кесу жылдамдығы ретінде кесетін жүздің ең алыс нүктесінің шеңберлік жылдамдығы қабылданады. Беріліс қозғалысы жылдамдығын белгілеген кезде мыналарды айырып таниды: минуттағы беріліс ($S_м$); айналымға беріліс (S_o); тіске беріліс (S_z). Тұтас материалда тесікті бұрғылап жасаған кезде кесу тереңдігі бұрғы диаметрінің жартысына тең, ал бұрғылап кеңейтуді, үңгілеуді және ұңғылауды қолданып тесікті жасаған кезде айтылған кесу тереңдігі өңделген тесік диаметрі мен дайындама тесігі арасындағы айырманың жартысына тең. Сонымен кесу жылдамдығы, минуттағы беріліс, кесу тереңдігі мынадай формулалармен анықталады:

$$\upsilon_р = \pi Dn/1000;\ S_м = nS_o = nZS_z;\ t_с = D/2;\ t_р = (D - d)/2,$$

мұндағы D – бұрғының сыртқы диаметрі (өңделген тесіктің диаметрі), мм; n – білдек айналдырығының айналу жиілігі, айн/мин; d – дайындамадағы тесік диаметрі, мм; $t_с$ – бұрғылаған кездегі кесу тереңдігі, мм; $t_р$– бұрғылап кеңейтуді, үңгілеуді және ұңғылауды қолданып тесікті жасаған кезде кесу тереңдігі, мм.

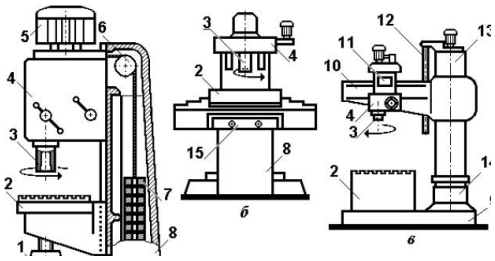
Шағын-сериялы және жеке өндірісте вертикаль-бұрғылайтын білдек қолданылады (4.17, *а*-сурет). Білдек іргетасы тақтасында 9 тіреуіш 8 жинақталған. Тіреуіштің тік бағытаушысымен үстел 2 және бұрғылау бастиегі 4 қозғалады. Бұрамалы көтергіш 1 қолданып үстелді орнықтыратын қозғалтуларды қолмен жасайды. Үстелдің жоғарғы жазықтығында жұмысшы айлабұйымды немесе дайындаманы орнатады. Бұрғылау бастиегін орнықтыратын көлденең қозғалысты, шығыршық 6 арқылы асыра лақтырылған арқанмен бұрғылау бастиегіне бекітілген теңсалмақ жүйесін 7 қолданып қолмен іске асырады. Құралға айналмалы қозғалыс, жылдамдық қорабы және айналдырық 3 арқылы электрқозғалтқыштан 5 беріледі. Басты қозғалыс және беріліс қозғалысы механизмдері бұрғылау бастиегі ішінде орналасқан.

Жеке және сериялы өндірісте сандық бағдарламалы басқарушысы бар вертикаль-бұрғылау білдектері кеңінен қолданылады (4.17, *б*-сурет). Тұғырдың 8 тік бағыттаушысы бойымен жылжыма 15 қозғалады. Үстел 2 жылжыманың көлденең бағытаушысы бойымен қозғалады. Үстел мен жылжыманың қозғалуы бағдарлама бойынша іске асырылады.

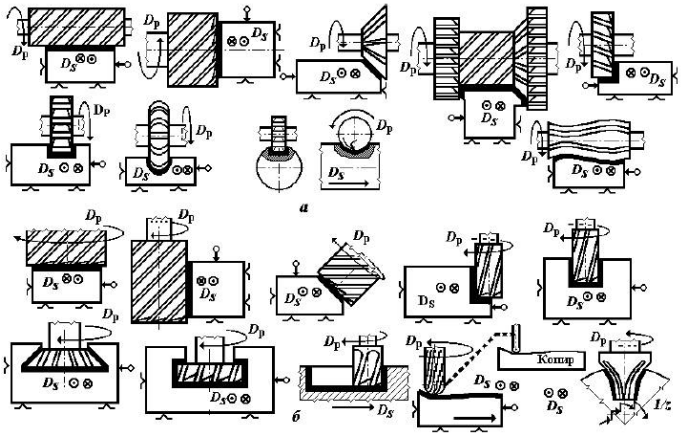
Мұндай қозғалыс кесуші құралға қатысты дайындаманың дәл қозғалуын қамтамасыз етеді. Тұғырдың тік бөлімінің бағыттаушысы бойынша айналдырығы 3 бар бұрғылау бастиегі 4 қозғалады. Бұрғылау бастиегінің ішінде басты қозғалыс және беріліс қозғалысы механизмдері орналасқан.

Массалы немесе ірігабаритті дайындамаларда бірнеше тесіктерді тізбекпен өңдеген кезде вертикаль-бұрғылау білдегін қолдану өте қолайсыз. Өйткені кесетін құралдың айналу осімен өңдейтін тесіктің осін дәл үйлестіру мүмкін емес. Сондықтан, осындайдайындаманы өңдеген кезде радиал бұрғылайтын білдекті қолданады (4.17, *в*-сурет). Радиал бұрғылайтын білдекте жұмыс істеген кезде дайындама қозғалмай тұрады, ал құралы бар айналдырық дайындамаға қатысты қозғалады және оны көлденең жазықтықтың талап етілетін нүктесіне қоюға болады. Іргетас тақтасында 9 тік тіреуіші бар тапал тіреу 14 бекітілген. Тіреуште гильза 13 орнатылған. Гильза көлденең жазықтықта тіреушке қатысты 360^{o} бұрылуға мүмкіндігі бар. Бұрамалы механизм 12 көмегімен тіреуішке қатысты тік қозғалатын етіп маңдайша 10 гильзаға бекітілген. Бұрғылау бастиегі 4 қозғала алатын көлденең бағытаушыларға маңдайша иемденген. Бастиектің бұрғылау механизмі айналдырықтан 3, жылдамдық және беріліс қоробтарынан тұрады. Дайындама қозғалмайтын болып үстелге 2 орнатылады. Маңдайшаның бұрыштық қозғалысы және көлденең жазықтықта бұрғылау бастиегінің радиальды қозғалысы, өңделіп жатқан тесіктің осіне қатысты кесуші құралды дәл орнатуға мүмкіндік береді.

Жоңғылау. Жоңғылау тәсілімен сызықты құраушысы бар жазық және фасонды беттерді жүзбен кесіп өңдейді. Айналмалы басты қозғалысты құралға береді. Түзусызықты, ілгерілмелі беріліс қозғалысын дайындамаға береді. Бұл қозғалыс құралдың айналу осінің бойы бағытымен сәйкес келуі мүмкін және осы оське перпендикулярлы болуы мүмкін. Әмбебап горизонталь-жоңғылағыш білдектерде (құралдың айналу осі көлденең бағытталған) және вертикаль-жоңғылағыш білдектерде (құралдың айналу осі тік бағытталған) мыналарды өңдейді: көлденең, тік және еңкейген жазықтықтар; бір мезгілде бірнеше жазықтықтар; кемелер мен ойықтар (түзусызықты немесе фасонды); фасонды беттер (4.18-сурет).



4.17-сурет. Бұрғылау тобы білдектері:
а – вертикаль-бұрғылау білдегі; б – сандық бағдарламалы басқарушысы бар вертикаль-бұрғылау білдегі; в радиал бұрғылайтын білдек: 1 – көтергіш; 2 – үстел; 3 – айналдырық; 4 – бұрғылау бастиегі; 5 – электрқозғалтқыш; 6 – шығыршық; 7 – теңсалмақ; 8 – тік тұғыр (тіреуіш); 9 – іргетас тақтасы; 10 – маңдайша; 11 – жылдамдық қорабы; 12 – бұрамалы механизм; 13 – гильза; 14 – тапал тіреу; 15 – жылжыма



4.18-сурет. Жоңғыштаудың технологиялық сұлбалары:
а – горизонталь-жоңғылау білдегінде; б – вертикаль-жоңғылау білдегінде; 1/z – дайындаманы бұру

Жоңғылау процесінің ерекшелігі болып жонғыштың әрбір тісімен кесудің үзілмелі болуы және кесілетін қабат қалыңдығының құбылмалы болуы саналады. Жонғыштың әрбір тісі жоңғыштың айналуының белгілі бір бөлімінде ғана кесуге

қатысады, ал қалған бөлімінде ауамен жүріп бос жүріс жасайды. Осындай жүріс тісті салқындатуды және жоңқаны ұсақтауды қамтамасыз етеді.

Жоңғыш жұмыс істегенде дайындамамен жанасатын тістерге әсер ететін қосынды кесетін күшті жеңуі қажет болады. Цилиндрлік туратісті жоңғышпен жоңғылаған кезде тең әсерлі кесу күшін «*P*» шеңберлік құрастырушыға P_z, тістің қозғалыс траекториясының жанамасына және радиус бойымен бағытталған радиальды құрастырушыға P_y жіктеуге болады. «*P*» күшін тағы да тік және көлденең құрастырушыларға жіктеуге болады. Цилиндрлік қиғаштісті жоңғышпен жоңғылаған кезде осьтік бағытта осьтік күш әсер етеді. Әрі жонғыштың бұрамалы бунағының еңкіш бұрышы көп болған сайын жоғарыда айтылған күш көп болады. Бұл күш құралбілік бойымен жоңғышты ығыстырып жіберуі мүмкін. Сондықтан әртүрлі бағытталған тістері бар екі жонғыштан тұратын жиынды немесе әртүрлі бағытталған тістері бар бір жонғышты (шевронды жоңғышты) жиі қолданады. Мұндай жағдайда осьтік күштер бір-бірін теңестіреді. Шеңберлік күш $P_z = C_p \times S_z^{x_p} \times t^{Y_p} \times B \times D_\phi^{qp}$ кесудің негізгі жұмысын жасайды. Осы күш бойынша нәтижелі қуатты *N* және басты қозғалыс механизмі (жылдамдық қорабы) тетіктері мен тораптарын беріктікке есептейді. Радиалды күш (P_y = (0,6...0,8)P_z) айналдырық мойынтірегіне әсерін тигізеді және жоңғыш орнатылатын құралбілікті иеді. Осьтік күш (P_o = (0,35...0,55)P_z) айналдырық мойынтірегіне және білдектің көлденең беру механизміне әсерін тигізеді. Көлденең $P_г$ және тік $P_в$ күштері білдектің бойлық және тік беру механизмдеріне әсерін тигізеді.

Жоңғылаған кездегі кесу режімдеріне мыналарды жатқызады: кесу жылдамдығы; беруді (минуттағы, айналымға және тіске); кесу тереңдігін; жоңғылау енін «*B*». Кесу жылдамдығы ретінде жоңғыштың айналуының шеңберлік жылдамдығын алады. Осы жылдамдықты мынадай формуламен есептейді:

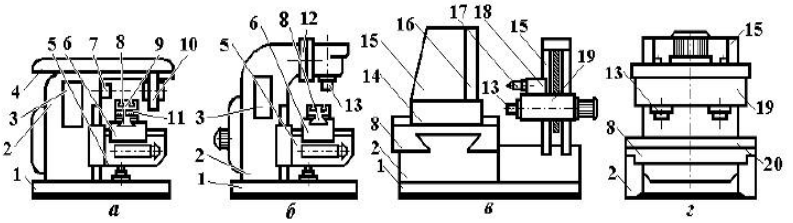
$$\upsilon = \pi D_\phi n/1000,$$

мұндағы D_ϕ – жоңғыштың сыртқы диаметрі, мм; n – айналдырықтың айналу жылдамдығы, мм/айн.

Жоңғыштың ұзындығы мен диаметрі арасындағы қатынасқа байланысты ($K=L/D_ф$) жоңғыштарды былай айырады: цилиндрлік жоңғыштар (K = 0,5...3); саусақты жоңғыштар ($K \geq 3$); дөңгелекше жоңғышы ($K \leq 0,5$). Басты кесуші жиектің орналасуына байланысты жоңғышты былай айырады: тік тісі бар жоңғыштар (басты кесуші жиек жоңғыштың айналу осіне параллельді); қиғаштісті жоңғыштар (басты кесуші жиек жоңғыштың айналу осіне бұрышпен бағытталған); шевронды жоңғыштар (көршілес тістердің басты кесуші жиегі бір-біріне қатысты бұрышпен орналасқан); Кесуші бөлімнің құрылымдық орындалуына байланысты жоңғыштарды былай бөледі: тұтас жоңғыштар (жоңғыш тұтас тезкесетін болаттан жасалған); құралдық материалдан дәнекерленген тілімшесі бар жоңғыштар; құрастырылған жоңғыштар (жоңғыш тұрқына ендірілген жеке кескіште құралдық материал бекітілген). Тістердің орналасуына байланысты жоңғыштарды былай айырады: біржақты жоңғыштар (тістер тек жасаушыда орналасады); екіжақты жоңғыштар (тістер жасаушыда және бүйірлердің біреуінде орналасады); үшжақты жоңғыштар (тістер жасаушыда және екі бүйірде орналасады). Басты кесуші жиектің пішініне байланысты жоңғыштарды былай айырады: тіксызықты кесуші жиегі бар жоңғыштар; үзілген кесуші жиегі бар жоңғыштар (бір бұрышты және екі бұрышты); фасонды жоңғыштар (жоңғыштар дөңес жартылай дөңгелекті және жоңғыштар ойық жартылай дөңгелекті); арнайы жоңғыштар. Цилиндрлік жоңғыштарды әдетте екі және одан да көп жоңғыштар жиынында дайындаманың сатылы бетін өңдеу үшін қолданады. Дискілі жоңғыштарды әртүрлі ойықтарды және материалдарды кесу үшін қолданады. Саусақты жоңғыштарды жазықтықтар, кемерлер, тік бұрышты және призмалық ойықтар, қисықсызықты беттерді өңдеу үшін пайдаланады. Арнайы жоңғыштарға мыналарды жатқызады: T-ға ұқсайтын ойықтарды жасау үшін қолданылатын саусақтық жоңғыштар; призмалық немесе сегментті кілтекке кілтектік ойықтарды жасау үшін қолданылатын кілтек жоңғыштары; көшірмелеу тәсілі бойынша тісті тәждерді кесу үшін қолданылатын модульді дөңгелекшелі немесе саусақты жоңғыштар; домалату тәсілі тәждерді немесе оймакілтекті кесу үшін қолданылатын бұрамдық жоңғыштар; бұрандалы жоңғыштар.

Дайындаманы орнату, орнықтандыру немесе бекіту үшін әмбебап айлабұйымдар қолданылады (ұстатқыштар: бұрыштықтар, призмалар, машиналы іскенжелер). Дайындаманың үлкен тобын өңдеген кезде арнайы айлабұйымдар жобаланады және жасалады. Берілген бұрышқа дайындаманы кезеңді және дәл бұру үшін (дайындаманы бөлу) механикалық немесе оптикалық бөлгіш бастиектер қолданылады.

Жеке және шағын сериялы өндіріс жағдайында әмбебап консольді-жоңғылау білдектері көп қолданылады. Осындай білдектерге мыналар жатқады: бұру үстелі жоқ горизонталь-жоңғылау білдегі; бұру үстелі бар горизонталь-жоңғылау білдегі; вертикаль-жоңғылау білдегі. Бұру үстелі бар горизонталь-жоңғылау білдегінің негізгі тораптары 4.19, *а*-суретте көрсетілген.



4.19-сурет. Жоңғылау тобының білдектері: *а – горизонталь-жоңғылау; б – вертикаль-жоңғылау; в – көшіргіш жоңғылау; г – айналма үстелді жоңғылау; 1 – іргетас тақтасы; 2 – тұғыр; 3 – жылдамдық қорабы; 4 – тұмсық; 5 – консоль; 6 – бойлық жылжыма; 7 – айналдырық торабы; 8 – көлденең жылжыма; 9 – үстел; 10 – сырға; 11 – бұру жылжымасы; 12 – бұру қысқұрылғы; 13 – айналдырық; 14, 16 – үстел; 15 – тіреуіш; 17 – сүңгіш; 18 – қадағалайтын жетек; 19 – жоңғылау бастиегі (басша); 20 – айналмалы үстел*

Іргетас тақтасында шойыннан жасалған тұғыр орнатылған. Тұғырдың ішінде мыналар орнатылған: электржабдықтары үшін бөлік; жылдамдық қорабы 3; айналдырық торабы 7. Тұғырдың жоғарғы бағыттаушысы бойынша тұмсық 4 қозғалады. Тұғырға қатысты ұшудың әртүрлі өлшемімен тұмсықты орнатуға болады. Сырға 10 тұмсықтың бағыттаушысымен қозғалады және сомынмен бекітіледі. Сырғамен бірігіп тұмсық сырғасы бар жоңғылау құралбілігінің қатаңдығын қамтамасыз етеді. Бұрамалы көтергіш көмегімен тұғырдың тік

бағыттаушыларымен консоль 5 қозғалады. Консоль – орнықтық торап. Осы консоль үстелді 9 бойлық, көлденең және тік бағыттармен қозғалтады. Консольдың көлденең бағыттаушысымен бойлық жылжыма 6 қозғалады. Тік жылжыманың жоғарғы бағыттаушысы бойынша көлденең жылжыма 8 қозғалады. Бойлық жылжымада бұру жылжымасы 11 және үстел 9 орнатылған. Үстел берілісінің тік, бойлық және көлденең қозғалысын қолмен немесе консольда орналасқан беріліс қорабын қолданып іске асырады. Беріліс қорабы білігінің айналмалы қозғалысын «жүрістік бұрама – сомын» механизмі көмегімен үстелдің ілгерілмелі қозғалысына өзгертеді. Үстелдің жоғарғы жағында дайындаманы немесе жұмысшы айлабұйымды орнату үшін көлденең *Т*-ға ұқсайтын ойықтар жасалған.

4.19, *б*-суретте вертикаль-жоңғыш білдегінің негізгі тораптары көрсетілген. Бұл білдектер горизонталь-жоңғылағыш білдектерге ұқсас, бірыңғайлаған көптеген тораптар мен тетіктерге иемденген. Айтылған білдектер горизонталь-жоңғылағыш білдектерден айналдырықтың тік орналасумен айырмашылықта болады. Осы айналдырықтарды екі жаққа 45° дейін бұрышпен бұруға болады. Іргетас тақтасында 1 шойыннан жасалған тұғыр 2 орнатылған. Тұғырдың ішкі жағында мыналар орналасқан: электржабдықтары үшін бөлік; жылдамдық қорабы 3. Тұғырдың жоғарғы жағында жоңғылау бастиегі, айналдырық 13 және бұру қысқұрылғысы 12 орнатылған. Бұрама көтергіш көмегімен тұғырдың тік бағыттаушысымен бойлық 6, көлденең 8 жылжымасы және үстелі бар консоль 5 қозғалады.

Күрделі фасонды беттерді өңдеуді саусақты жоғышпен көшіргіш жоңғылау білдегінде жүргізеді. Түзусызықты жасаушы бар тұйық қарамалы жазық фасонды беттерді қарамалы жоңғыштаумен жасайды. Осындайда дайындамағы немесе жоңғышқа бір мезгілде екі бағытпен қозғалысты береді (берілістің бойлық және көлденең қозғаласы). Көшіргіш пішініне байланысты, қозғалыстың бірі беруші (тұрақты), ал екіншісі бақылаушы болады. Өңделген беттің пішіні осы қозғалыстардың қатынасынан тәуелді болады. Дайындамаға қатысты жоңғыштың қозғалу жылдамдығы (нәтижелік беріліс), бақылау элементінің (сүңгіштің) көшіргіш бойымен қозғалатын жылдамдығымен дәл үйлесуі қажет. Көлемді фасонды беттерді

көлемді көшіргіш жоңғыштаумен жасайды. Беттерді тік немесе көлденең фасонды жолдармен жоңғыштайды. Жолдың ені саусақты жоңғыштың диаметріне сәйкес келеді. Бір жолды жоңғылағаннан кейін жоңғышты жол еніне қозғалтады. Келесі жолды кері берілісте жоңғылайды. Қазіргі заманғы көшіргіш жоңғылау білдегінде механикалық, электрмеханикалық немесе гидравликалық бақылаушы жетектер қолданылады. Механикалық бақылау жетегін қолданған кезде жоңғышпен сүңгіш қатаң байланысқан, кесу күші көшіргішпен қабылданады. Осы оның тез тозуына себеп болады. Электрмеханикалық немесе гидравликалық күшейткіштерді қолдану сүңгішке түсетін қысымды азайтады. Сүңгіштің көшіргішке аз қысымды түсіруі шұғыл пішіндерді жоңғылауға мүмкіндік береді және өңдеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді.

4.19, *в*-суретте көшіргіш жоңғылау білдегінің жалпы түрі көрсетілген. Іргетас тақтасында 1 тұғыр 2 орнатылған. Тұғырдың көлденең бағыттаушысымен жылжыма 8 қозғалады. Жылжыманың көлденең бағыттаушысымен үстел 14 қозғалады. Үстелде өзінің үстелі 16 бар тіреуіш 15 орнатылған. Айтылған тіреуіштің ойықтарында өңделетін дайындамасы бар айлабұйым және көшіргіш орнатылады. Тұғырдың оң жағында бұрамалы беріліс механизмі бар тік тіреуіш 15 орнатылған. Тіреуіштің бағыттаушысымен айналдырығы 13 бар жоңғылау басшасы 19 және сүңгіші 17 бар бақылаушы жетек 18 қозғалады.

Ірі сериялы және жаппай өндірісте тетіктер тобын жоғары өнімділікпен үздіксіз жоңғылау үшін үздіксіз жүрісті жоңғылау білдектерін қолданады. Кішкентай өлшемді дайындаманы (дөңгелек емес біліктер, иінтіректер, кронштейіндер, т. б.) өңдегенде айналма үстелді жоңғылау білдектерін қолданса, ірі дайындамаларды өңдегенде станақты жоңғылау білдектерін пайдаланады.

Айналма үстелді жоңғылау білдегінің негізгі торабы 4.19, *г*-суретте көрсетілген. Тұғырда 2 тіреуіш 15 жинақталған. Тіреуіштің тік бағыттаушысымен екі айналдырығы бар жоңғылау бастиегі 19 қозғалады. Екі айналдырық та жалпы жетекке иемденген. Бірақ та олардың әрқайсысы әртүрлі айналым санына бапталуы мүмкін. Әдетте сол жақтағы айналдырық бетті қаралай жоңғылауға бапталған, ал оң жақтағы айналдырықты бетті тазалай өңдеу үшін

қолданылады. Айналмалы тік осі бар дөңгелек үстелге 20 орнатылған айлабұйымда дайындаманы орнықтырады. Үстел жылжымаға 8 орнатылған. Жылжыма тұғырдың бағыттаушысымен қозғала алады. Білдек жұмыс істеген кезде үстел үздіксіз айналады. Атанақты жоңғыш білдегінің ерекшелігі болып көлденең атанақтың бар болуы саналады. Атанақтың қырларына, дайындамаларды орнықтандыратын және қысатын айлабұйым орнатылған. Атанақты баяу айналдырумен дайындамаларға шеңберлік берілісті береді. Білдектер бірнеше жоңғылау бастиектерімен жабдықталған.

Бұранда жону. Бұранда жону машинажасаудың көп таралған операцияларының біреуі. Сыртқы және ішкі бұрандаларды сұлбалы кескішпен (бұрандакескіш) жону-бұрамакескіш білдегін қолданып жасайды. Ірі сериялы өндірісте арнайы бұрандамакескіш білдектерін және қию бастиектерін қолданады, тағы да жиі аунақшамен бұранданы бұрлеуді пайдаланады. Дәл және ұсақ бұранданы пішінді ажарлау дөңгелектерімен қияды. Үлкен қадамы бар бұранданы бұранда жоңғылаумен қияды. Жиі сыртқы бұранданы бұрандакескішпен, ал ішкі бұранданы бұрандаойғышпен жасайды.

Бұрандама кескіштер кесілетін бұрандамаға сәйкес келетін пішінді иемденген. Бойлық беріліс қозғалысының жылдамдығы бұрандама қадамына тең болуы қажет. Бұрандаманы қиюды бірнеше жұмысшы жүріспен іске асырады. Кескішті жиі білдек центрінің осіне перпендикулярлы етіп қояды, оның екі жүзі дайындаманы қатар қияды және жоңқаны симметриялы етіп алады. Қара жүрістің санын азайту үшін кескішті центрлер осіне қатысты 60^{o} бұрышпен орнатады. Мұндай жағдайда тек бір жүз жұмыс істеп, қалың жоңқаны алуға мүмкіндік жасалады. Сыртқы бұрандаманы киюдың өнімділігін жоғарылату үшін қамтитын бастиектерді, «құйынды тәрізді кесуді» қолданады.

Сыртқы бұрандаманы жиі бұрандакескішпен кияды. Бұрандакескіш сомы сияқты жасалады. Осы бұрандакескіште тесіктің көмегімен кесуші тістер жасалған. Негізіне келсек бұрандакескіш кесуші тісі бар тартажонғыш болып саналады. Ішкі бұрандаманы жиі бұрандаойғышпен жасайды. Бұрандаойғыш бір немесе бірнеше бойлық бунақпен жабдықталған бұрама болып есептеледі. Негізінде бұрандакескіш сияқты бұрандаойғыш кесуші тісі бар тартажонғыш болып саналады. Бұрандаойғыштың тістері бұрама бетінде орналасқан.

4.7. Тіс кесетін білдекте тісті дөңгелек дайындамасын өңдеу

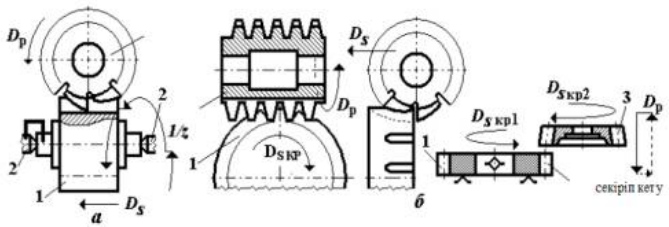
Тісті тәжді кию өзінің кинематикасы бойынша ең күрделі операция болып саналады. Өйткені кесу процесінде тістер арасындағы ойымнан көптеген металды алуға тура келеді. Тісті тәж күрделі геометрияға және үлкен дәлдік нормасына иемденген.

Тістің жұмысшы пішінін қалыптастырудың екі тәсілін айырып таниды: көшірмелеу; домалату. Көшірмелеу тәсілімен дайындаманы өңдеген кезде құрал тісінің пішіні кесілетін тәждің тістері арасындағы ойымдардың пішініне сәйкес келуі қажет. Көшірмелеу тәсілімен модульді дискілі немесе саусақты жоңғыштарды, дөңгелекті тартажоңғышты қолданып тісті тәждерді қияды. Домалату тәсілімен өңдеген кезде тісті жұптардың ілінісін еліктетеді. Осындайда жұптың бір элементі болып кесуші құрал, ал екіншісі болып өңделетін тісті дөңгелек саналады. Сондықтан құрал тісінің пішіні ілініспен еліктетін жұп тісінің пішініне сәйкес келуі қажет. Тісті жұптардың ілінісін еліктету үшін, кесуші құралға және (немесе) дайындамаға кесу мен берілістің негізгі қозғалысымен бірге қосымша (домалату) қозғалыстарды беру қажет. Домалату тәсілі тісті тәждің сыртпішінін үздіксіз өзгертуді қамтамасыз етеді (өңдеудің жоғары өнімділігімен). Қатаң, дәл білдектерді қолдану тіс кесудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Домалату тәсілімен тісті дөңгелектерді қиғанда мынадай құралды қолданады: бұрамдық жоңғыш; тісқашауыш; кескіш бастиек; тісқыру.

Модульді жоңғышпен тісті дөңгелектерді өңдеу тісті фасонды құралмен, модульді дискілі немесе саусақты жоңғышпен пішіндеуді негізге алады. Кесуші құралмен (дискілі жоңғышпен) сыртқы ілінісі бар дөңгелек қию горизонталь немесе әмбебап-жоңғылағыш білдектерде жүргізіледі (4.20, *а*-сурет). Дайындама 1 әмбебап бөлгіш бастиектің центрінде 2 орнатылады. Дөңгелек тістері арасындағы ойымдарды жоңғылау процесінде жоңғышқа кесудің айналмалы қозғалысын, ал дайындамаға бойлық берілісті береді. Бір ойымды қиғаннан кейін дайындаманы тістер арасындағы қадамға (1/z) тең бұрышқа бұрады (бөлгіш бұрылыс). Теориялық, әрбір модульге және тістер санына жеке модульді жоңғыштарды қолдану қажет. Тәжірибеде модульді жоңғыштың жинағымен шектеледі. Осы жинақтың әрбіреуі тістердің белгілі бір аралығында берілген

модульді дөңгелекті қию үшін қолданылатын болады. Сондықтан қиылатын тісті тәж пішіні үлкен қателікке иемденеді. Дайындаманы бөлу механикалық бөлгіш бастиекпен жүргізіледі. Осы себептен қиылатын тісті тәж қадамы бойынша да үлкен қателікке иемденеді. Тәсілдің өнімділігі төмен және кішкентай дәлдікке иемденген. Тәсіл жөндеу шеберханаларында, жеке өндірісте тісті тәждерді қиған кезде немесе ірі дөңгелектерді өңдегенде қолданылады.

Тісті дөңгелектерді бұрамдықты жоңғыштармен өңдеу «төрткілдеш-дөңгелек» ілінісін еліктетуді негізге алады (4.20, *б*-сурет). Кесуші құрал (бұрамдықты жоңғыш) 3 бұрама сызығы бойымен орналасқан тісі бар төркілдеш болып саналады (құрал айналған кезде төрткілдештің осьтік қозғалуы еліктетіледі). Төрткілдешті іліністі еліктетуді кинематикалық қамтамасыз ету үшін дайындамаға 1 домалату қозғалысын D_{skp} береді. Прецизионды жоңғышты және СББ бар қатаң, жоғары дәлдікті жабдықтарды қолдану жоғары дәрежелі дәлдікті алуға мүмкіндік жасайды.



4.20-сурет. Цилиндрлі тісті дөңгелектерді өңдеу:
а – көшірмелеу тәсілімен; б – домалату тәсілімен; D_p – басты қозғалыс; D_s – беріліс қозғалысы; D_{skp}, D_{skp1}, D_{skp2} – домалату қозғалыстары; 1/z – бөлгіш бұрылыс

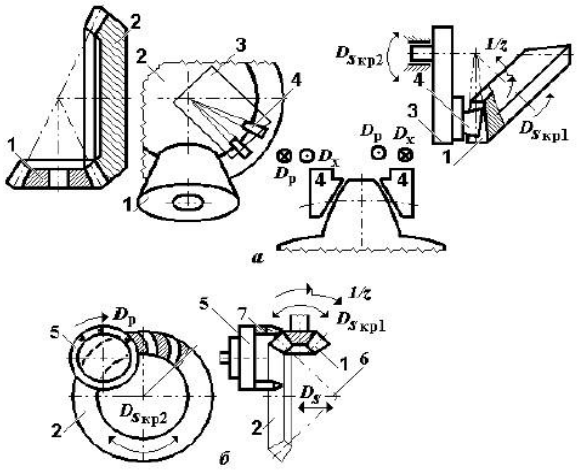
Тісті дөңгелектерді қашап өңдеу «тістегеріш-дөңгелек» ілінісін еліктетуді негізге алады (4.20, *б*-сурет). Кесуші құрал (тісқашауыш) 3, тісі эвольвентті пішінге иемденген тісті дөңгелек болып саналады. Іліністі еліктетуді кинематикалық қамтамасыз ету үшін дайындамаға 1 домалату қозғалысын D_{skp1}, ал тісқашауышқа домалату қозғалысын D_{skp2} береді. Тісқашауыш тісінің артқы беттерімен өңделген беттің үйкелісуін болдырмас үшін кері жүрісте тісқашауышты

дайындамадан 0,1...0,2 мм арақашықтыққа алып кетеді (секіру). Тісқашау цилиндрлік дөңгелектерді қиюдың ең әмбебап тәсілі болып саналады. Бұл тәсіл мыналарды қиюға мүкіндік жасайды: тік және қиғаш тісті дөңгелектер; ішкі және сыртқы іліністі дөңгелектер; белдемесі бар дөңгелектер; көп тәжді дөңгелектер; шевронды дөңгелектер. Тісқашау тәсілінің өнімділігі, бұрамдықты жоңғышен өңдейтін тісжоңғылау тәсілімен салыстырғанда кіші мәнге иемденген.

Тісті дөңгелектерді тісқыру тәсілімен өңдеу тоғысу осінде «тістегеріш-дөңгелек» ілінісін еліктетуді негізге алады. Тісқырғыш тістер пішінің бойымен бунағы бар тісті дөңгелек болып саналады (тістің еңкею бұрышы 5 немесе 15^o тең). Айтылған тісқырғышты тезжонғыш болаттан жасайды. Басты және көмекші кесуші жиектер $\delta = 90^o$ кесу бұрышын құрайды. Сондықтан тісқырғыш тісі жұқа (инелі) жоңқаны алып дайындама металын қырады (қырып қию немесе тісқыру). Тісқырып өңдеген кезде мынадай қателіктер азайтылады: пішін қателігі; ілінісу қадамы қателігі; циклдік қателік (толқындық); дөңгелек айналымына центр аралық арақашықтың теңселуі; тіс биіктігі бойынша түйісу дағының жақсаруы (осындай көрсеткіштер бойынша бесінші, алтыншы дәлдік дәрежесі қамтамасыз етіледі).

Домалату тәсілімен тіссүргілеудің негізіне екі конусты тісті дөңгелектердің ілінісуі қойылған (4.21, *а*-сурет). Қиылатын конусты дөңгелек 1, тістерінде сақиналы төрткілдеш пішіні бар, жасайтын жазық конусты дөңгелекпен 2 іліністе болады. Жасайтын дөңгелек рөлін, тістер арасындағы ойымдарды пайда болғызатын екі сүргілеу кескіші 4 еліктетеді. Сүргілеу кескіші, жасайтын дөңгелек осінің айналасында айналатын (D_{skp2}) бесікше 3 бағыттаушысымен қозғалады. Кескіштер кезекпен жасайтын дөңгелек және дайындама конустары шыңының бағытымен қайтымды-ілгермелі қозғалыстарды жасайды. Тісті іліністі еліктетуді кинематикалық қамтамасыз ету үшін дайындамаға қайтымды-шайқалу қозғалысын (D_{skp1}) береді. Басты және домалату қозғалыстарын қосудың нәтижесінде дайындамада екі толық емес ойымдар және бір толық өңделген тіс пайда болады. Бір тісті қиғаннан кейін дайындаманы кескіштен алып кетеді. Кескіші бар бесікшенің және

дайындаманың айналу бағытын өзгертеді, ал содан кейін оларды басты жайға қайтарады (бос жүріс). Дайындаманы кескіштен алып кету уақытында бұйым басшасының айналдырығы тістер арасындағы қадамға тең бұрышқа дайындамамен бірге бұрылады. Қию циклін қайталайды. Тәсіл тура тістерді қиюға мүмкіндік береді және шағын сериялы және сериялы өндірісте қолданылады.



4.21-сурет. Конусты тісті дөңгелектерді өңдеу:
а – тіссүргілеумен; б – айналмалы кию бастиегімен; 1 – қиылатын дөңгелек; 2 – жасайтын дөңгелек; 3 – бесікше; 4 – сүргілеу кескіші; 5 – кескіш бастиегі; 6 – жасайтын дөңгелектің осі; D_p – басты қозғалыс; D_x – бос жүріс қозғалысы; D_{skp1}, D_{skp2} – домалату қозғалыстары; 1/z – бөлгіш бұрылыс

Айналмалы тісі бар конусты дөңгелектерді кескіш бастиегін қолданып домалататын тәсілімен қияды. Қиылатын дөңгелек 1 өңдеу процесінде айналмалы тісі бар (айналмалы төрткілдеш) жазық конусты дөңгелекпен 2 (жасайтын дөңгелек) іліністе болады. Жасайтын дөңгелек тісінің рөлін, жасайтын дөңгелек осі 6 айналасында айналатын кескіш бастиектің 5 кескіші 7 орындайды (домалату қозғалысы – D_{skp2}). Бір тіске дайындама бұрылған кезде кескіш бастиек бір тіске сәйкес келетін бұрышқа синхронды бұрылады. Кескіш бастиек

білдектің айналатын бесікшесіне орналастылған. Бір ойымның пішінін домалатып болғанша бесікше айналып тұрады. Осыдан кейін дайындама кескіш бастиектен алынып кетеді және бесікше кері бағытта айналуды бастайды. Дайындама өзінің айналмалы қозғалысын бұрынғы бағытта жалғастыратын болады. Бесікше бастапқы жайын қайтадан алғаннан кейін, дайындама келесі ойымға сәйкес келетін бұрыштық жайда орналасуы қажет болады. Дайындаманы кескіш бастиекке алып келеді және кесу циклін қайталайды.

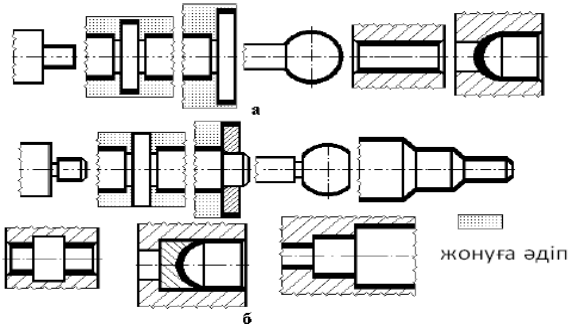
Тік тісі бар конусты дөңгелектер былай кесіледі: түзу сызықты жиегі бар екі жұптастырылған дискілі жоңғыштармен жоңғылау; дайындаманы үздіксіз бөле отырып түзусызықты жиегі бар бір кескішпен сүргілеу; бір немесе екі кескішпен көшіргіш бойынша сүргілеу; айналмалы тартажону. Айналмалы тісі бар конусты дөңгелектер былай кесіледі: конусты жоңғышпен жоңғылау; бүйірлік кескіш бастиекпен айналмалы тартажону; кескіш бастиекпен кірекесу.

4.8. Машина тетіктерінің технологиялығы

Кез келген объектінің технологиялығы деп осы объект қасиеттерінің өндіру, пайдалану және жөндеудің нақты жағдайына сәйкес келуін түсінеді. Демек, кез келген құрылымның технологиялығы деп оны өндіруге техникалық дайындағанда, жасағанда, пайдаланғанда және жөндегенде еңбек, жабдық, материал және уақыттың ең аз шығынын қамтамасыз ететін қасиеттердің жиынтығын айтады. Машиналар тетігін құрылымдаған кезде, оны жасағанда пайдаланылатын дайындаманы жасаудың, бетін өңдеудің тәсілдері бойынша хабардар болуы қажет. Мыналарды қамтамасыз ететін құрылымдарды жоғары бағалау керек: материалды қолдану коэффициентінің ең үлкен болуы ($K_м = Q_и/Q_з$, мұндағы $Q_и$ – бұйымның массасы; $Q_з$ – дайындаманың жалпы массасы); берілген өнімділік пен өңдеу дәлдігінде дайындама жасаудың және тетік беттерін өңдеудің өзіндік құнының ең кіші болуы; қолмен жасалатын еңбекті ауыстыру мүмкіндігі және өндірісті автоматтандыру.

Жонумен өңделетін тетік келесі технологиялық талаптарды орындауы қажет (4.22-сурет).

Айналу денесі пішініне иемденген беттердің саны көп болу қажет. Тетіктің массасы айналу осіне қатысты теңестірілген болуы керек. Өңделетін беттерде үзілу (кілтектік ойық, қасқал) болмаған дұрыс. Теңгерілмеген тетіктің айналуы, үзілетін беттерді жону «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесінде тербелісті өршітуге алып келеді. Бұл кесуші құралдың шыдамдылығына жаман әсерін тигізеді және өңдеу дәлдігін төмендетеді. Тетікті құрылымдаған кезде диаметр мен ұзындықтың дағдылы қатарын қолдану керек. Осы стандартты кесуші құралды қолдануға мүмкіндік береді. Тетік құрылымында қатаң емес элементтерді (ұзын және жұқа мойындарды, жұқа қабырғалы төлкелерді) қолданбаған дұрыс. Қатаң емес дайындамаларды жону өңдеудің керекті дәлдігін қамтамасыз етпейді және арнайы айлабұйымдарды (сүйеулер, көп жапырақты цангтар) қолдануды талап етеді.



4.22-сурет. Жонумен өңделетін тетіктерге технологиялық талаптар:
а – технологиялық емес шешім; б – технологиялық шешім

Тетік элементтерін бірыңғайлаған дұрыс (қиықжиектер, дөңгелену радиустері, бунақтардың өлшемдерін бірдей жасау). Бұл бірдей элементтерді бір кесуші құралмен жасауға мүмкіндік береді. Кесуші құралды біртіндеп дайындамаға кіргізу үшін, өңделетін бет бастапқы кезде қиықжиекке иемденгені және кесуші құралды еркін шығару үшін сақиналы бунақпен аяқталғаны дұрыс. Басқа тетіктердің бетімен түйіндеспейтін

жауапты емес беттерді өңдемеуге болады. Осы тетікті өңдеудің еңбексыйымдылығын азайтады. Диаметрлері бойынша үлкен айырымы бар тетіктерді өңдеу, кесілетін жоңқа көлемін үлкейтуге немесе қымбат тұратын күрделі дайындаманы қолдануға алып келеді. Мұндай жағдайда тетік құрылымын бөлшектеп, мойны бар білікті және сақинаны жеке орындаған дұрыс. Содан кейін сақинаны мойынға баспақтайды және керекті жағдайда бірлескен тазалай өңдеуді жүргізеді. Күрделі фасонды беттерді едәуір қарапайым беттерге ауыстырған дұрыс. Фасонды және цилиндрлі беттер арасында өтпелі бунақты қарастыру өте қажет. Егер тетік сфералық бетпен бітетін болса, онда бүйірді жазық етіп орындаған дұрыс. Төлкедегі дәл ішкі тесіктерді ішкі бунаумен орындайды. Бұл бір орнатумен және бір кеулейжонғыш кескішпен тесікті кеулейжонуға мүмкіндік береді. Дәл тұйық тесіктерді өңдеу қиынға түседі. Сондықтан оларды өтпелі тесіктерге ауыстырған дұрыс. Тесіктің фасонды түбін өңдеу қиынға түседі. Сондықтан ендірмелі түпті қолданған дұрыс. Бұл өңдеуді жеңілдетеді. Тетіктің сатылы беттерін, тетіктің ұзындығы бойынша диаметрлерді біртіндеп үлкейтіп (біліктерде) немесе кішірейтіп (тесіктерде) орындаған дұрыс. Баспалдақтардың ұзындығы бірдей немесе ең қысқа баспалдақтың ұзындығына еселі болуы қажет. Осы көпкескішті автоматтарда немесе жартылай автоматтарда дайындаманы өңдеген кезде білдекті баптауды жеңілдетеді. Центрден өңделетін біліктер бүйірінде центрде орналасқан технологиялық тесікті қарастыру керек. Қырлы беттерді өңдеуге жоламаған дұрыс болады. Өлшемдері бірдей бірақ шақтамасы әртүрлі бөлімдерді сақиналы бунақтармен шектеу қажет. Өңделген беттердің өткір қырларын мұқалту немесе дөңгелету керек. Түйісетін тетіктің тесігімен қосылатын біліктер мойынағының беттерінде кірмелі конус (қиықжиек) жасау қажет.

Сүргілеумен немесе қашаумен өңделетін тетіктер келесі технологиялық талаптарды қанағаттандыруы керек. Дайындаманың өңделетін беттерін жазықтықтар немесе үйлесетін жазықтықтар түрінде дайындау орынды. Арнайы көшірмені жасауды талап ететін күрделі фасонды беттерге жоламаған дұрыс. Өңделетін беттерді бір жазықтыққа орналастыру керек. Бұл оларды бір өтіммен өңдеуге мүмкіндік береді. Бетті өңдеудің алдында

құралдың кіретін және шығатын жағынан 45^{o} бұрышпен қиықжиек сүргілеу керек болады. Осы кескішті дайындамаға бірқалыпты кіргізуге мүмкіндік береді және кескіш шыққан кезде өңделген бет шетін опырудан сақтайды.

Өңделетін беттер жұмысшы жүрістің аяғында кескіштің еркін шығуна мүмкіндік беруі керек. Басты қозғалыстың бағытында кемер бар болғанда құралдың шығуын жеңілдету үшін бөлгіш бунақты қарастыру қажет. Бунақтың ені мынадай: көлденең сүргілеуіш білдек үшін – 10...15 мм; бойлай сүргілеу білдегі үшін – 30...40 мм. Бір-біріне қатысты бұрышпен орналасқан беттерді сүргілеген кезде, құралдың шығуын жеңілдету үшін және торапта түйісетін тетіктерді дұрыс жинау үшін бөлгіш бунақты қарастыру қажет. Тар және ұзын беттерді сүргілеуді бойлық бағытта жүргізу керек. Өйткені минутта жасалатын екі жүрістің үлкен санымен көлденең бағытта сүргілеу «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесінде едәуір дірілдің пайда болуына алып келеді. Қырлы, үзілмелі беттерді сүргілеу қолайсыз болып есептеледі. Өйткені мұндай сүргілеу «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесінде едәуір дірілдің пайда болуына алып келеді. Осындай беттерді өңдеу өте керек болған кезде, оларды қырдың ұзындығы бойымен сүргілейді. Аз қатаңдығы бар тетіктерді сүргілеген кезде (мысалы, жұқа қабырғасы бар қорапқа ұқсайтын құрылымдар) олардың беріктігін жоғарылату үшін қатаңдық қырларын қарастыру қажет. Үңгілде орналасқан беттерді сүргілеуге жоламаған дұрыс. Өтімде сүргілеумен өңделетін ойықтар ашық болуы керек. Өңделетін ойықтың ені сүргілеу кескішін орналастыруды қамтамасыз етуі керек. Ойықтарды құрастырылған етіп орындау дұрыс. Қашаумен өңделетін кілтек ойықтары ашық болған дұрыс. Тұйық кілтек ойықтарын қашаған кезде құралдың шығуын жеңілдету үшін сақиналы бунақтарды қарастыру керек.

Ұзын беттерді қашаумен өңдеу ұтымды емес. Өйткені үлкен шығарығы бар кескіш керек болады. Бұл кескіштің едәуір деформацияны алуына және оның қирауына алып келеді.

Бұрғылаумен өңделетін тетік келесі технологиялық талаптарды орындауы қажет. Тесікті бұрғылап жасауға қолданылатын беттер тесік осіне перпендикулярлы болуы керек.

Олай болмаған күнде бұрғы сынып кетуі мүмкін. Осындай мақсатпен құйылған тетіктерде тесік осіне перпендикулярлы болатын арнайы жазықтықтарды қарастырады. Металдарды қысыммен өңдеп алған дайындамаларда, осыған ұқсас кемерлерді жоңғылайды. Бұл талапты орындау құрылымды мүмкін емес болғанда арнайы, бағыттаушы кезеулеткіш төлке қолдану қажет етіледі. Жоғары дәлдікті тесіктерді өтпелі етіп (тұйық емес) орындаған дұрыс. Егер дәл тұйық тесікті жасау талап етілсе, онда өтпелі тесікті бұрғылаған жақсы және оны тығынмен бекіткен дұрыс. Терең өтпелі тесіктерді қарама-қарсы орналасқан екі терең емес тесіктерге ауыстырған дұрыс. Бұл оларды бір мезгілде екі жақтан бұрғылауға мүмкіндік береді. Тегіс терең тесіктерді диаметрі біртіндеп кішірейетін сатылы тесіктерге ауыстырған дұрыс. Қиылысатын осьтері бар немесе жасаушыларының бөлімдері дәл сәйкес келетін тесіктерді қолданбаған дұрыс. Өйткені бұрғы сынуы мүмкін. Айналу денесі пішінді дайындамаларда, дөңесшелердің әрбір бүйірлік беттерін үң жоңғылаумен өңдеудің орнына, бүйірлерді жонып өңдеуді қарастырған дұрыс.

Жоңғылаумен өңделетін тетік келесі технологиялық талаптарды орындауы қажет. Бір жазықтықта жататын жоңғыланатын беттер бірдей биіктікте орналасуы қажет. Мұндай орналасу жазықтықтарды бір өтіммен жалғыз жоңғышты қолданып өңдеуге мүмкіндік береді. Беттер әртүрлі деңгейлерде орналасқанда, білдектің үстелін түсіріп немесе көтеріп бірнеше өтіммен жазықтықтарды жоңғылауға тура келеді. Бірнеше қатар орналасқан дөңесшелер бар болған кезде, оларды бір жазықтыққа біріктірген дұрыс болады. Бұл «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесінде дірілді едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Ойықтарды және кертіктерді дискілі жоңғыштармен өңдеген ыңғайлы. Өйткені олармен өңдеудің өнімділігі саусақты жоңғыштармен жоңғылаумен салыстырғанда жоғары. Ойық радиусын стандартты жоңғыштың радиусына тең етіп таңдаған дұрыс. Өңдеудің өнімділігін жоғарылату үшін бірнеше бірдей дайындамаларды бір мезгілде жоңғылау қажет. Сондықтан бір жақты шығыңқылығы бар дайындамалар вариантында, екі жақты шығыңқылығы бар дайындамалар вариантымен салыстырғанда артықшылық бар.

Кесілген төлкелерді тесіктің центрі арқылы өтпейтін ажырату жазықтығымен жасаған дұрыс. Кертіктер ені стандартты жоңғыштың еніне тең болуы керек. Жоңғылаудың біркелкі енін өңделеттің жазықтықтың барлық ұзындығы бойынша қарастырған дұрыс. Еннің біркелкі емес болуы кесуші күштің біркелкі болмауына алып келеді. Бұл өңдеудің өлшемдік дәлдігіне әсерін тигізеді және өңделген беттің толқындылығын көбейтеді. Квадратты жоңғылаған кезде жоңғының шығуына бунақты қарастырған дұрыс. Бунақ жоқ болған кезде, онда тек саусақты жоңғымен жоңғылауға тура келеді. Мұндай жоңғылаудың өнімділігі төмен және жоңғының сынуына алып келуі мүмкін. Біліктің жанасатын мойнағының диаметрі квадрат қабырғасынан кіші болуы керек. Тұрқы тетіктерінің сыртқы бүйірін ішкімен салыстырғанда жоңғылау жеңіл.

Тісті дөңгелектер келесі технологиялық талаптарды орындауы қажет. Тісті дөңгелектер элементтерінің симметриялы емес орналасуы және шұғыл ауысулардың бар болуы термиялық өңдеген кезде тістердің жақсы деформациялануына алып келеді. Симметриялы элементтері бар дөңгелектерді термиялық өңдегенде тістердің деформациясы едәуір азаяды. Шығыңқы күпшегі бар дөңгелектерді дестеде қию, құралдың жұмысшы жүрісін үлкейтуге алып келеді. Шығыңқы күпшегі жоқ дөңгелектерді дестеде өңдеуге болады. Жақын орналасқан биік белдемесі бар тісті дөңгелектерді тек тісқашаумен өңдеуге болады. Егер белдемені тісті тәж ойымы шеңберінен төмен орналастыратын болса, онда оны бұрамдықты жоңғышпен немесе дөңгелекті тартажонғышпен өңдеуге болады. Жақын орналасқан тәждері бар көптәжді тісті дөңгелектерді, қазіргі заманғы өнімділігі жоғары тәсілдермен өңдеу қиынға түседі. Сондықтан бұрамдықты жонғыштың немесе дөңгелекті тартажонғыштың шығуына жеткілікті болатын арақашықтыққа тәждерді орналастыру керек немесе құрастырылған дөңгелекті жобалау қажет.

4.9. Машиналар тетігін қажақпен өңдеу, ажарлау

Қажақпен өңдеу. Қажақпен өңдеу деп қажақ құралын қолданып кесумен дайындаманы өңдейтін процесті айтады. Қажақ түйіршіктері кесетін құралда ретсіз орналасады және

олар байланыстыратын материал көмегімен құралға жабысып тұрады. Құралға кесу қозғалысын берген кезде, оның өңделетін бетпен жанасатын аймағында орналасқан түйіршіктері дайындама материалын кесіп тастайды. Өңделген бет қажақ түйіршіктерінің әсерінен пайда болатын микроіздердің жиынтығы болып саналады. Сондықтан қажақпен өңдеуге кейбір оқулықтарда мынадай анықтаманы берген: қажақпен өңдеу деп дайындаманы басқарып тоздыратын процесті айтады. Өңделген беттің сапасына қарай қажақпен өңдеуді былай айырып таниды: ажарлау; тазадай өңдеу. Ажарлау деп 5...7 квалитетке сәйкес келетін өлшемдік дәлдікпен және R_z = 0,3...2,4 кедір-бұдырлықпен өңделген бетті алуға мүмкіндік беретін тазалай өңдеу операциясын айтады.

Қажақпен өңдеген кезде кесудің жылдамдығы 30...100 м/с тең болады. Сондықтан қажақпен өңдеуді өнімділігі жоғары процеске жатқызады. Қажақпен өңдеу әртүрлі материалдардан жасалған дайындамаларды тазалай өңдеуге мүмкіндік береді. Шыныққан болаттардан жасалған дайындамалар үшін бұл өңдеу өңдеудің негізгі тәсілі болып саналады.

Басқа көптісті жүзді құралдармен салыстырғанда, қажақ құралы ретсіз орналасқан көптеген кесуші жүздері бар құрал болып есептеледі. Ажарлағыш шарықтастың бір түйіршегі өңделетін беттен кейбір арақашықтықта орналаса алады, өңделген бетпен сырғанайды (сырғанайтын түйіршіктер), өңделген бетке кішкентай тереңдікпен еніп дайындама материалын тек илемді деформациялайды (деформациялайтын түйіршік) және өңделетін беттен жоңқаны алуға жеткілікті тереңдікке ене алады (кесетін түйіршік). Осы себептен, қажақпен өңдеудің жүзбен өңдеуден мынадай айырмашылығы бар: сырғанайтын түйіршік кесу процесіне қосымша кедергіні жасайды (қосымша үйкеліс); деформациялайтын түйіршік беттік қабатты серпімді және илемді деформациялап жонуға қосымша кедергіні жасайды; кесетін түйіршіктер ретсіз орналасады. Қосымша кедергіні жасау кесу күшін үлкейтеді. Түйіршіктер жеке жұмыс істегенде кесетін күш едәуір үлкен болады. Бірақ та ажарлағыш түйіршік кішкентай тереңдікпен және кесу енімен жұмыс істейді, жұқа жоңқаны алады. Сондықтан қосынды кесуші күштің мөлшері кішкентай болады. Кесу аймағындағы температура едәуір үлкен болғандықтан, осы аймақтағы металда

құрылымдық айналымдар пайда болуы мүмкін. Ажарлағанда жоңқа шашыраған сәуле түрінде шығып ауада жанып кетеді. Осы себептен қажақпен өңдегенде өрт және санитарлық қауіпсіздікті сақтау қажет болады.

Жүзбен өңдеген кезде сияқты қажақпен өңдегенде кесу күшін мынадай үш құраушыға бөлуге болады: P_z; P_x; P_y. Кесу күшін және қуатын келесі формулалармен есептейді:

$$P_z = C_p \times \upsilon_{заг}^{a} S_{прод}^{u} \times t;\ N_K = \frac{P_z \times \upsilon_к}{1000} \times \eta_к;\ N_{заг} = \frac{P_z \times \upsilon_{заг}}{60000} \times \eta_{заг},$$

мұндағы C_p – коэффициент (ажарлау жағдайынан тәуелді); a, u – дәреженің көрсеткіші (ажарлау жағдайынан тәуелді); $S_{прод}$ – шарықтастың айналма бойлық берілісі; $\upsilon_к$ – шарықтас жылдамдығы, м/с; $\upsilon_{заг}$ – дайындама жылдамдығы, м/с; t – кесу тереңдігі, мм; $\eta_к$ және $\eta_{заг}$ – ажарлау құралын және дайындаманы қозғалтатын кинематикалық тізбектің пайдалы әсер коэффициенті.

Ажарлау процесінде шарықтастың кесуші қасиеті өзгереді. Ажарлау түйіршіктері мұқалады, жарым-жарты жарылады, ұсатылады, түіршіктер арасындағы кеуектерді ажарлау қалдықтары толтырады. Шарықтастың беті өзінің бастапқы пішінін жоғалтады. Кесудің күші мен температурасы жоғарылайды, өңдеу дәлдігі азаяды, шарықтастың бетінің күйіп кету мүмкіндігі көбейеді. Бірақ та мұқалған түйіршіктер сынған кезде шарықтастың бетінде мұқалмаған жаңа түйіршіктер жалаңаштанады, яғни шарықтас жарым-жартылай өзіндік үшкірленеді. Мұндай жағдайда өте маңызды рөлді байланыстырушы (түйіршіктерді біріктіретін зат) атқарады. Түйіршіктерді осал біріктірген кезде, олар тез сынады, шарықтас жеңіл өзіндік үшкірленеді. Бұл қаралай ажарлаған кезде ыңғайлы. Бірақ та шарықтастың жұмысшы беті өзінің пішінін тез жоғалтады. Түйіршіктерді өте қатты бекіткен кезде шарықтас өзінің кесуші қасиетін тез жоғалтады. Бірақ та жұмысшы бет жақсы сақталады. Осы тазалай ажарлағанда ыңғайлы. Шарықтастың геометриялық пішінін және оның кесуші қасиетін қайтадан орнына келтіру үшін шарықтасты түзетеді. Алмастан және қажақтан жасалған құралмен

шарықтастың біраз жұмысшы бетін алып тастайды. Алынып тасталатын қабаттың қалыңдығы әдетте 0,01...0,03 мм көп болмайды. Ажарлау шарықтасының геометриялық және физикалық тұрақтылығын айырып таниды. Геометриялық тұрақтылық деп жұмысшы беттің геометриялық параметрін қалпына келтіру мақсатымен жүргізілетін түзетуге дейін жасалынатын үздіксіз жұмыс істеу уақыты (өңделген дайындама саны). Геометриялық тұрақтылықты әдетте тазалай ажарлау, фасонды немесе конусты беттерді ажарлау үшін белгілейді. Ажарлау шарықтасының физикалық тұрақтылығы деп жұмысшы беттің кесуші қасиетін қалпына келтіру мақсатымен жүргізілетін түзетуге дейін жасалынатын үздіксіз жұмыс істеу уақыты (өңделген дайындама саны). Физикалық тұрақтылықты әдетте қаралай ажарлау үшін қолданады. Өңделетін беттің түріне қарай ажарлауды былай ажыратады: фасонды; жазық.

Ажарлаған кезде басты қозғалысты $D_р$ ажарлау құралына (ажарлау шарықтасына) береді. Басты қозғалыстың жылдамдығын мынадай формуламен анықтайды:

$$\upsilon_к = \frac{\pi \cdot D_к \cdot n_к}{60000}, \quad \text{м/с},$$

мұндағы $D_к$ – ажарлау шарықтасының диаметрі, мм; $n_к$ – ажарлау шарықтасының айналу жиілігі, айн/мин.

Шеңберлі ажарлаған кезде өңделген бетке цилиндрлік пішінді беру үшін дайындамаға шеңберлі беріліс қозғалысын береді ($D_д$). Осы шеңберлік беріліс қозғалысының жылдамдығын мынадай формуламен анықтайды:

$$\upsilon_Д = \frac{\pi \cdot D_Д \cdot n_Д}{1000}, \quad \text{м/с},$$

мұндағы $D_д$ – өңделетін беттің диаметрі, мм; $n_к$ – дайындаманың айналу жиілігі, айн/мин.

Ажарлағыш шарықтасқа берілетін беріліс қозғалысының бағытына байланысты ажарлаудың мынадай үш негізгі сұлбасын айырып таниды: бойлық беріліспен ($D_{sпрод}$); көлденең беріліспен ($D_{sпоп}$); тангенциальды беріліспен ($D_{sт}$). Дайындаманы орнықтандыру тәсіліне байланысты ажарлауды былай

ажыратады: центрлерде немесе қысқыда ажарлау; центрсіз ажарлау; планетарлы ажарлау.

Дөңгелек сыртқы бетті ажарлаумен (4.23, *а*-сурет) біліктер, сақиналар және төлкелердің сырқы цилиндрлік беттін өңдейді. Центрлерде ажарлаған кезде сатылы және тегіс дөңгелек сырық (білік) дайындамаларының 2 мойынағын өңдейді. Сыртқы бетті центрсіз ажарлаған кезде дайындаманы 2 центрлерде немесе қысқыда бекітпейді. Дайындама пышаққа 3 таянады және өңделген бетпен орнықтандырылады. Бұл өңдеудің дәлдігін едәуір жоғарылатады. Дайындама айналуды жетекші дөңгелектен 4 алады. Жетекші дөңгелектің қозғалыс жылдамдығы ажарлаушы шарықтастың 1 жылдамдығымен салыстырғанда 60...100 рет кіші. Жетекші дөңгелектен дайындама айналымды алған кезде, оның жылдамдығы (шеңберлі беріліс) мынадай формуламен анықталады:

$$\upsilon_з = \frac{\pi \cdot D_{вк} \cdot n_{вк} \cdot \eta \cdot \cos\alpha}{1000},$$

мұндағы $\upsilon_з$ – дайындаманың қозғалыс жылдамдығы, м/мин; $D_{вк}$ – жетекші дөңгелектің диаметрі, мм; $n_{вк}$ – жетекші дөңгелектің айналым жиілігі, айн/мин; η – жетекші дөңгелек пен дайындаманың сырғанақтауын ескеретін коэффициент; α – жетекші дөңгелек немесе пышақ (бағыттаушы сызғыш) осінің дайындама осіне еңкею бұрышы (әдетте $\alpha = 2...6^{o}$).

Дайындаманың бойлық қозғалысының жылдамдығын мынадай формуламен анықтайды, мм/мин:

$$\upsilon_з = \pi \cdot D_в \cdot n_в \cdot \eta \cdot \sin\alpha.$$

Ішкі бетті ажарлаған кезде (4.23, *б*-сурет) біліктер, сақиналар, төлкелер, тұрқы тетіктерінің өтпелі және тұйық цилиндрлі беттерін өңдейді. Қысқыда ажарлаған кезде шеңберлі берілістің қозғалысын, дайындаманың мынадай жылдамдықпен айналуы есебінен іске асырады:

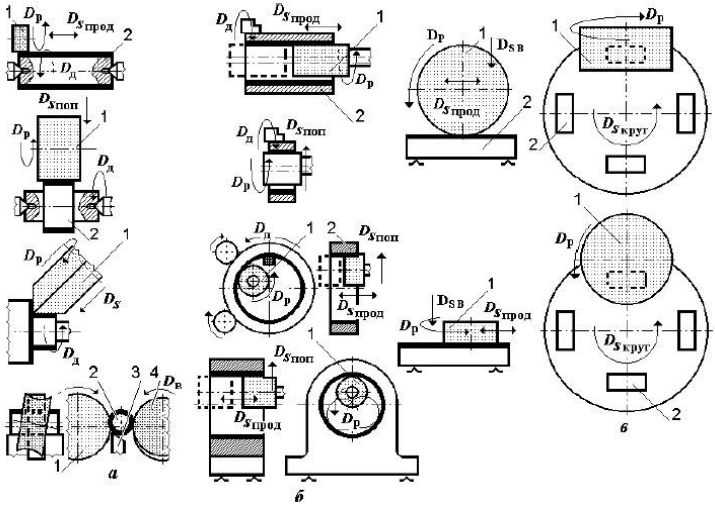
$$\upsilon_з = \frac{\pi \cdot D_з \cdot n_з}{1000},$$

мұндағы $\upsilon_з$ – дайындаманың қозғалыс жылдамдығы, м/мин; $D_з$ – өңделетін тесіктің диаметрі, мм; $n_{вк}$ – дайындаманың айналу жиілігі, айн/мин.

Ішкі бетті центрсіз ажарлаған кезде шеңберлік беріліс дайндаманы мынадай жылдамдықпен айналдырмен іске асырылады:

$$\upsilon_з = \frac{\pi \cdot D_в \cdot n_в \cdot \eta}{1000},$$

мұндағы $\upsilon_з$ – дайындаманың қозғалыс жылдамдығы, м/мин; $D_в$ – жетекші дөңгелек диаметрі, мм; $n_{вк}$ – жетекші дөңгелектің айналым жиілігі, айн/мин; η – жетекші дөңгелек пен дайындаманың сырғанақтауын ескеретін коэффициент. Дайындаманы екі айналатын аунақшаларда және қозғалмайтын тірекке орнатады. Ішкі бетті планетарлы ажарлаған кезде дайындама қозғалмайды. Шеңберлік беріліс қозғалысын іске асыру үшін, ажарлау басшасының айналдырығына өңделетін тесіктің осінің айналасымен қосымша айналымды береді.



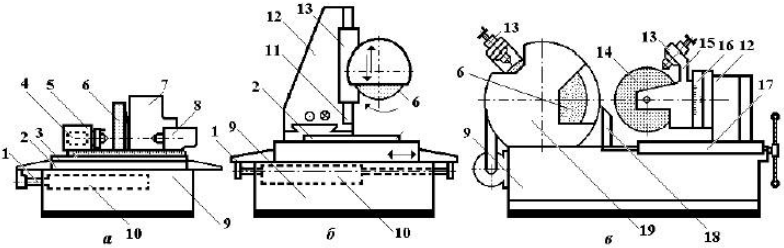
4.23-сурет. Ажарлаудың технологиялық сұлбасы:
а, б – дөңгелек сыртқы және ішкі бетті; в – жазық; $D_р$ – басты қозғалыс; D_s – беріліс қозғалысы; $D_в$ – жетекші дөңгелек қозғалысы; $D_д$ – шеңберлік беріліс қозғалысы; $D_{sпрод}$ – бойлық беріліс қозғалысы; $D_{sпоп}$ – көлденең беріліс қозғалысы; $D_{sв}$ – тік беріліс қозғалысы; $D_{sкруг}$ – шеңберлік беріліс қозғалысы; 1 – ажарлаушы дөңгелек; 2 – дайындама; 3 – пышақ; 4 – жетекші дөңгелек

Жазық ажарлаумен (4.23, *в*-сурет) дайындаманың сыртқы жазық беттерін өңдейді. Ажарлауды шарықтастың шетімен немесе бүйірімен орындайды. Шарықтастың бүйірімен ажарлаған кезде құрал айналдырығының тербелісі өңделетін беттің кедір-бұдырлығына аз әсерін тигізеді. Сондықтан бүйірмен ажарлау өнделген беттің үлкен дәлдігін және кіші кедір-бұдырлығын қамтамасыз етеді. Жазық ажарлаған кезде басты қозғалысты кесуші құралға, яғни ажарлау шарықтасына береді. Беріліс қозғалысын дайындама мен шарықтасқа береді. Дайындаманы білдектің магнитті үстеліне немесе магниттік үстелге қойылатын айлабұйымға (мысалы, іскенжеге, синусты іскенжеге, синусы сызғышқа) орнатылады. Жазық ажарлау мыналардың бар болуымен ерекшеленеді: түзусызықты бойлық беріліспен; айналатын үстелге дайындаманы орнатқан кезде шеңберлік беріліспен; көлденең беріліспен; тік беріліспен.

Жеке және сериялы өндіріс жағдайында әмбебап дөңгелете ажарлайтын, жазық ажарлайтын және центрсіз ажарлайтын білдектер кеңінен қолданылады.

Дөңгелете ажарлайтын білдек (4.24, *а*-сурет) тұғырдан 9, алдыңғы 5 және артқы 8 басшадан, ажарлау басшасынан 7 тұрады. Тұғырдың жоғарғы бағыттаушысына үстел 2 орнатылған. Үстелдің жоғарғы жағында бұрылыс құралкүймешегі орнатылған. Бұрылыс құралкүймешігінде мыналар орнатылған: жылдамдық қорабы бар алдыңғы басша; артқы басша. Тұғырдың артқы жағында ажарлау шарықтасы бар ажарлау басшасы 6 орналастырылған. Білдек үстелі гидроцилиндрдің 10 соташығы 1 көмегімен бойлық бағытта қозғалады.

Іштей ажарлайтын білдек жоғарыда айтылған білдекке ұқсас құрылымды иемденген. Бірақ та бұл білдекте артқы басша жоқ, ал ажарлау басшасы консольды етіп жасалған. Ішкі ажарлау жұмыстарын жасау үшін қолданылатын шарықтастар кішкентай диаметрге иемденгендіктен, басты қозғалыс механизмі ажарлау шарықтасының үлкен айналысын (10000 айн/мин) қамтамасыз етуі қажет. Іштей ажарлайтын білдектің өнімділігі едәуір төмен. Өйткені ажарлау басшасының консольды орналасуы және ажарлау шарықтасының консольды бекітілуі «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» жүйесінің керекті қатаңдығын қамтамасыз етпейді, тағы да шарықтасты жиі түзетуге тура келеді.



4.24-сурет. Ажарлау тобының білдектері:
а – дөңгелете ажарлайтын білдек; б – жазық ажарлайтын білдек; в – центрсіз ажарлау білдегі; 1 – соташық; 2 – үстел; 3 – үстелдің жоғарғы бұрылыс бөлімі; 4 – жылдамдық қорабы; 5 – алдыңғы басша; 6 – шарықтас; 7, 19 – ажарлау басшасы; 8 – артқы басша; 9 – тұғыр; 10 – гидроцилиндр; 11 – бағыттаушы; 12 – тіреуіш; 13 – түзету механизмі; 14 – жетекші дөңгелек; 15 – жетекші дөңгелектің басшасы; 16 – бұрылыс құралкүймешегі; 17 – жетекші дөңгелек үстелі; 18 – пышақ

Жазық ажарлайтын білдек 4.24, *б*-суретте көрсетілген. Тұғырдың 9 көлденең бағыттаушысында тік тіреуіш 12 орналастырылған. Тіреуіштің тік бағытаушымен 11 шарықтасы 6 бар ажарлау басшасы 13 қозғалады. Шарықтас жарым-жартылай қорғаушы қаптамамен жабылған. Тұғырдың көлденең бағыттаушысымен үстел 17 қозғалады. Үстелдің бойлық қозғалысы гидроцилиндрдің 10 соташығы 1 көмегімен іске асырылады. Үстелдің бағыттаушысында мыналар орнатылады: дайындама; машиналы іскенже; синусты іскенже немесе магнитті тақта. Магнитті тақтада мыналарды орнатуға болады: дайындама; синусты іскенже; тақта.

Центрсіз ажарлау білдегі 4.24, *в*-суретте көрсетілген. Тұғыр 9 ажарлау шарықтасы 6 бар ажарлау басшасы 19 орналасқан. Тұғырдың жоғарғы бағыттаушысында тік тіреушісі 12 бар үстел 17 орнатылған. Тіректе жетекші дөңгелектің 14 бұрылыс құралкүймешегі 16 және басша 15 орналастырылған. Шарықтастың әрбіреуін түзету үшін қолданылатын механизмнің 13 көмегімен мерзіммен түзетеді. Дайындаманы ажарлайтын шарықтас пен жетекші дөңгелек арасындағы пышаққа 18 орнатады. Дайындама мен жетекші дөңгелек арасындағы

үйкеліс, дайындама мен ажарлайтын шарықтас арасындағы үйкеліске қарағанда көп болатын етіп дөңгелек пен шарықтасты таңдайды. Егер дайындаманың бойлық қозғалысы керек болса, онда жетекші дөңгелекті дайындаманың осіне қатысты 1...7° бұрышқа бұрады.

4.10. Машиналар тетіктерін таза өңдеу

Таза өңдеу (аяққы операциялар) 4...5 квалитет өлшем дәлдігімен және R_z = 0,3 мкм кіші кедір-бұдырлықпен өңделген бетті жасауға мүмкіндік береді. Жүктемені түсірудің түріне және объектісіне байланысты тазалай өңдеу операцияларын былай ажыратып таниды: прецизионды өңдеу; жұқалай ажарлау; жануыштау; асаажарлау және микроажарлау; бабына жеткізу (ысқылау); әрлеу; дірілқажақтық және магнитті-қажақтық өңдеу.

Прецизионды өңдеу (жұқалай жону және кеулейжону, алмасты жону, жұқалай жоңғылау) мынаны алуға мүмкіндік береді: беттің кедір-бұдырлығы – R_a = 0,02...0,63; 5...9 квалитет бойынша дәлдік; үлкен кесу жылдамдығы (1,5...15 м/с); кішкентай беріс (0,01...0,15 мм/айн); кішкентай кесу тереңді (0,05...0,3 мм); «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесінің жоғары дірілге орнықтылығы.

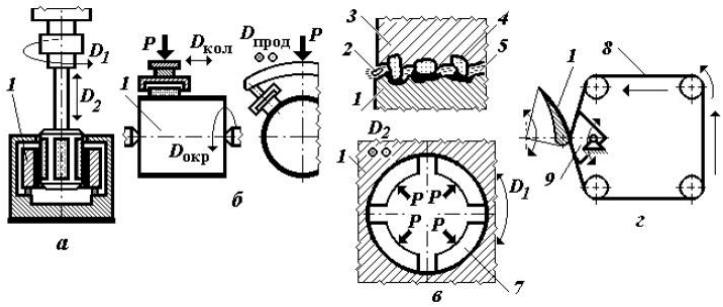
Жұқалай ажарлауды үлкен кесу жылдамдығын қолданып (35 м/с және одан да жоғары) жұмсақ ұсақ түйіршікті ажарлағыш шарықтаспен жүргізеді. Процесті мыналар ерекшелендіреді: әдіптің кішкентай болуы (бір жаққа 0,04...0,08 мм); берілістің кішкентай болуы (0,005...0,1 мм/айн); шарықтасты жиі түзету. Өңдеуді аяқтаудың алдында ажарлаушы шарықтас беріліссіз жұмыс істейді. Осындайда кесу күші біртіндеп азайтылып, «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесіндегі серпімді күштің есебінен металды алу жүреді. Процесс жоғары және ерекше жоғары дәлдікті білдекте, барлық механизмдердің бірқалыпты жүрісін, жоғары қатаңдықты және «білдек-айлабұйым-құрал-тетік» технологиялық жүйесінің дірілге орнықтылығын қамтамасыз етіп іске асырылады.

Жануыштау деп қажақтық қайрақшамен ішкі беттерді тазадай өңдейтін тәсілді айтады (4.25, *а*-сурет). Жануыштауды

сериялы және жаппай өндірісте пішін мен өлшемнің дәлдігін жоғарылату, тесіктің кедір-бұдырлығын төмендету, тағы да өңделген бетке ерекше микропішінді беру үшін қолданылады. Бұл операцияны кеулейжону, ұңғылау, тартажону және ажарлау операцияларынан кейін қолданады. Өңдеуді жануыштау бастиегіне (жануышқа) бекітілген қажақтық немесе алмастық қайрақшаларды қолданып жүргізеді. Жануышқа әдетте мынадай үш қозғалысты жасайды: айналу D_1, қайтымды-ілгерілмелі қозғалыс D_2, берілістің радиалды қозғалысы. Дірілді жануыштауды қолданған кезде жануышқа немесе дайындамаға кішкентай амплитудасы (1...4 мкм) және минутына 20 дейін жететін екі жүрісі бар қосымша шеңберлі немесе қайтымды-ілгерілмелі қозғалысты береді.

Басты қозғалыстың D_1 жылдамдығы болатты өңдеу үшін 1...2 м/с, ал шойынды өңдеу үшін 2...3 м/с жетеді. D_1 және D_2 қозғалыстары жылдамдықтарының қатынасы 1,5...10 тең болады. Қайрақшаны бекіту түрі бойынша жануыштауды былай бөледі: серпімділген қайрақшасы бар жануышқа; қайрақша қатаң бекітілетін жануышқа. Серпімділген қайрақшасы бар жануышқалар «тесік осінің түзу сызықты болмауы» сияқты пішіннің қателігін түзетпейді. Қайрақшаны қатаң бекіткен кезде пішіннің барлық қателіктері түзетіледі, бірақ та өңдеу дәлдігі төмен болады.

Асааажарлау деп 2...5 мм амплитудамен және минутына 2000 дейін жететін екі жүріспен тербіліс қозғалысын жасайтын ұсақ түйіршікті қажақтық қайрақшаны қолданып сыртқы беттерді тазалай өңдейтін тәсілді айтады (4.25, *б*-сурет). Асааажарлауды пайдалану қасиетін жоғарылату қажет болған кезде үйкелісетін беттерді тазадай өңдеу үшін қолданады. Бұған мыналарды қамтамасыз етудің нәтижесінде жетеді: кішкентай кедір-бұдырлық (R_a = 0,05...0,6 мкм); 0,3 мкм дейін пішінінің қателігін азайту; ең жақсы микрогеометриялық суретті бетке түсіру; микротегіс еместік шыңдарын тегістеу (нақты тіреу беттерінің ауданын көбейту).Асааажарлаудың артықшылығына мыналар жатады: қолданылатын жабдықтардың қарапайымдылығы; әмбебап жону немесе ажарлау білдектерін және дірілдеткіш бастиектерді қолдану мүмкіндігі; жоғары өнімділік; процесті автоматтандырудың қарапайымдылығы.



4.25-сурет. Аяққы өңдеу технологиялық сұлбалары:
а – жануыштау; б – асаажарлау; в – ысқылау; г – таспамен әрлеу;
1 – дайындама; 2 – жоңқа; 3 – ысқыш; 4 – қажақтық түйіршік;
D_1– басты қозғалыс; D_2– қайтымды-ілгерілмелі қозғалыс;
$D_{окр}$ – дайындаманың айналуы; $D_{кол}$ – қайрақшаның қайтымды-ілгерілмелі қозғалысы; $D_{sпрод}$ – бойлық беріліс қозғалысы;
P – қыспақ күші

Процестің мәні болып бір мезгілде көптеген ұсақ қажақ түйіршіктерімен (10000 түйіршік/мм^2) өңделетін бетті микрокесу саналады. Осындайда өте жұқа жоңқалар алынады (0,01 мм), ал металды алудың жылдамдығы 1...2 мкм/с жетеді. Көптеген түйіршіктер металды кеспейді, яғни оны илемді деформациялайды. Осылай өңдегенде микротегіс еместіктер тегістеліп айнадай жарқылдайтын бет алынады. Негізгі жұмысшы қозғалыстар болып мыналар саналады: дайындаманы айналдыру ($D_{окр}$); қайрақшаның қайтымды-ілгерілемелі қозғалысы ($D_{кол}$); бойлық беріліс қозғалысы ($D_{прод}$). Кейбір жағдайда қайрақшаға қосымша ультрадыбысты тербелісті береді. Бұл металды алудың жылдамдығын арттырады және қайрақшаларды өздігінен қайрауға мүмкіндік жасайды. Асаажарлаумен бетті өңдеу циклі мынадай уақыттардан тұрады: бастапқы кедір-бұдырлықты алып тастау уақыты (T_1); кесу уақыты (T_2); кесудің үйкелісуге ауысу уақыты (T_3); әрлеу уақыты (T_4). Әдетте мынадай қатынастар орындалады: $T_1 = 0{,}15...0{,}2\ T_ц$; $T_2 = 0{,}4...0{,}5\ T_ц$; $T_3 = 0{,}2...0{,}25\ T_ц$; $T_4 = 0{,}2...0{,}25\ T_ц$ (мұндағы $T_ц$ – асаажарлаумен бетті өңдеу циклінің уақыты).

Асаажарлаудың дамуы микроажарлаудың пайда болуына алып келді. Микроажарлау қайрақшаға үлкен қысымды түсірумен және қайрақшаны қатаң орнықтырумен сипатталады. Бұлар алдыңғы өңдеудің қателіктерін едәуір азайтады.

Бабына жеткізу (ысқылау) бұл тазадай өңдеу операциясы. Осы операцияны қолданғанда ысқының бетіне қондырылған майұнтақта немесе суспензияда еркін үлестірілген қажақтық түйіршіктермен металды алуды жүргізеді (4.25, *в*-сурет). Айтылған операцияны кішкентай жылдамдықпен және ысқының жұмысшы жүрісінің бағытын өзгертіп орындайды. Бұл еңбексыйымдылығы ең көп операция R_z = 0,01...0,05 мкм тең өңделген беттің кедір-бұдырлығын және 0,05...0,3 мкм тең пішіннің ауытқуын алуға мүмкіндік жасайды. Бабына жеткізуді былай ажыратады: қолмен; жартылай механикалық; механикалық. Қолмен бабына жеткізуді жеке және ұсақ сериялы өндірісте, тағы да күрделі пішіні бар тетіктерді өңдеген кезде қолданады. Өңдеудің дәлдігі мен сапасы жұмысшы маманның дәрежесінен тәуелді болады. Жоғары дәрежелі маман 05-тен 2 мкм дейінгі шекте пішіннің дәлдігін қамтамасыз етеді. Машина-қолмен бабына жеткізу ұсақ сериялы өндірісте қолданылады. Осы операцияны электрлік немесе пневматикалық бабына жеткізу айлабұйымның көмегімен орындайды. Басты қозғалысты айлабұйым, ал беріліс қозғалысын жұмысшы қолы орындайды. Механикалық ысқылауды ірі-сериялы және жаппай өндірісте қолданады және арнайы ысқылау білдектерінде орындайды.

Бабына жеткізудің (ысқылаудың) мәні болып дайындаманың өңделетін беті 1 мен ысқының 3 арасында орналасатын қажақтық түйіршіктің 4 байланыстырушы сұйықтың 5 құрамында болуы саналады. Қажақтық түйіршік ысқының бетіне басып енгізіледі. Өйткені ол дайындамамен салыстырғанда жұмсақ материалдан жасалған. Ысқы мен дайындама бір-біріне қатысты қозғалған кезде қажақтық түйіршік жұқа жоңқаны 2 алып тастайды. Осындайда майұнтықтақтағы қышқыл кеңістіктің химиялық әсерімен қажақтың механикалық әсері дайындамаға үйлесіп әсер ететін болады. Қышқыл әсер еткен кезде өңделген бет тотыққан қабыршақпен жабылады. Алдымен дайындаманың микротегіс емес беті және ысқы кішкентай түйісу ауданымен жанасады. Микротегіс еместік шығыңқысынан тотыққан қабыршығы

кесіледі. Бұл саты үлкен меншікті қысымның пайда болуымен және микротегіс еместік шығыңқысының пластикалық деформацияны алуымен сипатталады.

Түйісу ауданы үлкейген сайын әсер ететін қысым азайып алынатын қабаттың қалыңдығы кішірейетін болады. Осындайда тек тотық қабаттары алынады. Дайындаманың 1 ішкі цилиндрлік беттерін ысқылау кертігі бар босаңдатын төлке түрінде жасалған ысқы 7 іске асырылады. Ысқыға қайтымды-айналмалы қозғалысты D_1 және қайтымды-ілгерілемелі қозғалысты D_2 береді. Дайындама біркелкі қосымша айналымды алуы мүмкін. Ысқылау қолмен немесе металкесетін білдектерде іске асырылады. Осыған ұқсас сұлбаны және қозғалысты сыртқы цилиндрлік беттерді ысқылаған кезде қолданады. Ысқы ретінде кертігі бар сақина қолданылады.

Әрлеу беттің кедір-бұдырлығын азайту және айтылған бетке айнадай жарқылды беру мақсатымен орындалатын дайындаманы механикалық өңдеудің ақырғы операция болып саналады. Әрлеумен өңдегенде R_a = 0,16...0,02 мкм және R_z = 0,1...0,05 мкм кедір-бұдырлықтары бетке беріледі. Бұл тазадай өңдейтін операция механикалық, химиялық, электрмеханикалық және басқа тәсілдермен іске асырылады. Әрлеуді былай айырып таниды: таспамен әрлеу; дөңгелекпен әрлеу; қажақ-сұйықпен өңдеу; дірілқажақты өңдеу; магнит-қажақты өңдеу.

Таспамен әрлеген кезде қажақ құралы ретінде иілгіш қажақ таспасын 8 қолданады (4.25, *г*-сурет). Жұмысшы бетіне қажақ түйіршіктері қондырылған иілетін жазық табан түрінде қажақтық таспа жасалынған. Қажақ түйіршіктер қатаң бекітілген жағдайда (қажақ таспасы) немесе икемділік режімінде (қажақтық майұнтақ қондырылған таспа) жұмыс істей алады. Таспамен әрлеудің артықшылығына мыналарды жатқызуға болады: кесу жылдамдылығының тұрақтылығы; таспаның созымталдығы мен серпімділігі; үлкен беттерді өңдеу мүмкіндігі; құралды теңгерудің және түзетудің керек еместігі; жұмыс істеудің қауіпсіздігі.

Қажақ-сұйықпен өңдеуді күрделі фасонды беттерді әрлегенде қолданады. Қажақ-сұйықпен өңдеудің мәні болып өңделетін бетке қысыммен және үлкен жылдамдықпен суспензияны беру саналады. Ауасы бар суспензияны берген кезде өңдеудің өнімділігі жоғарылайды, бірақ та өңделген беттің кедір-бұдырлығы үлкейеді.

Тазадай өңдеу операциясының өнімділігін және сапасын жоғарылату үшін жиі қажақтық ортада жүргізілетін дірілмен

өңдеуді қолданады. Кесудің басты қозғалысын сыртқы күштің (діріл) әсерімен тербіліс жасайтын қажақтық түйіршік іске асырады. Өңдеудің алдында қажақтық ортамен толтырылған контейнерге дайындаманы тиейді. Контейнерге екі жазықтықпен теңселетін қозғалысты береді. Теңселудің жиілігі 50 КГц-тен 180 КГц дейін өзгереді. Дайындама мен қажақтық орта қозғалып мынаны іске асырады: екі жазықтықта теңселу; бүкіл массаның бәсең айналуы. Контейнерде тетіктер ретсіз орналасады және байқаусыз жайды қабылдайды. Мұндай орналасу барлық бетті біркелкі өңдеуге мүмкіндік береді. Саны көп микросоққылар дайындаманы асылған күйде ұстап тұруға мүмкіндік жасайды. Бұл дөрекі соқпадақтың пайда болуынан және зақымданудан сақтайды. Өңдеуді құрғақ күйде немесе сұйық ертіндіні беріп жүргізеді. Сұйық ертінді қолдану тозу өнімдерін кетіруге, контейнердің көлемі бойынша дайындамалардың біркелкі таралуына және металды химия-механикалық процеспен алуға мүмкіндік жасайды.

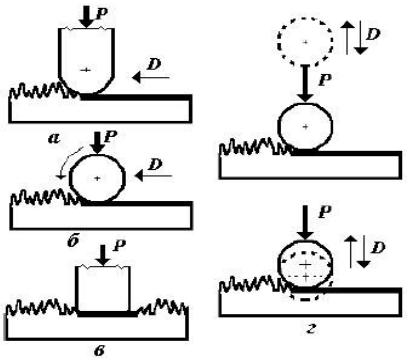
Магнит-қажақтық әрлеуге магнитті және магнитті емес материалдардан жасалған дайындаманың жазық, цилиндрлі немесе фасонды беттерін түсіреді. 10...40 с ішінде өңделген беттің R_a = 0,032...0,2 мкм кедір-бұдырлығына жетеді және геометриялық пішін қателіктерін түзетеді. Магнит-қажақты өңдеудің мәні болып мыналар саналады. Магнитті күшті өрісте орналастырылған дайындамаларға ось айналасындағы айналым қозғалысын және ось бойындағы бойлық қозғалысты береді. Электрмагнит өзегінде өршітілген ағым диаметр бағытымен дайындаманы өтіп кетеді. Дайындамасы бар контейнерге қажақтық және магнитті қасиеттерге иемденген ұнтақты және салқындататын сұйықты береді. Жеке қажақтық түйіршіктен созымтал қажақтық құралды қалыптастыратын магнитті өріс байланыстырушы қызметін атқарады. Магнитті өріс тағы да күш әсерін қамтамасыз етеді. Осы күштің көмегімен қажаққа кесудің нормальды және тангенциальды күштерін береді. Салқындатын сұйық бетті-белсенді заттарды таратушы болып саналады. Өңдеу аймағында электролиз процесі жүреді. Дайындамадағы беткі қабаттың анодты еруі өңдеу процесін қарқынды жүргізуге мүмкіндік жасайды. Қажақтағы беткі қабаттың анодты еруі, оның өздігінен қайралуын қамтамасыз етеді.

5. ЖОҢҚАНЫ АЛМАЙ ДАЙЫНДАМАНЫҢ БЕТІН ӨҢДЕУ

Машиналар тетіктерін пайдаланудың сипаттамаларына талапты үлкейткендіктен аяққы операция ретінде беттік пластикалық деформацияны (БПД) жиі қолданатын болды. Беттік пластикалық деформация деп жоңқаны алмай дайындаманың тек беткі қабатын пластикалық деформациялап өңдейтін тәсілді айтады. БПД өңдеу металдың тұтастығын бұзбай дайындама беттінің қалдық пластикалық деформацияны қабылдай алу қабілеттілігіне негізделген. Өңдеу барысында дайындаманың беткі қабатындағы кристалдардың квази түйіртпек пішіні өзгереді. Кристалдар деформация бағытымен қабысады, талшықты түрі бар реттелген құрылымға айналады. БПД беттік қабаттың беріктенуімен қошталады. Беттік пластикалық деформациямен өңделген тетіктер қажу қирауына аз сезімтал болып жасалады.

5.1. Бетті пластикалық деформациялау тәсілдерін жіктеу

Бетті пластикалық деформациялаудың барлық тәсілдерін мынадай екі негізгі топқа бөлуге болады: статикалық; соққылы. Статикалық тәсілдердің ерекшілігі болып тұрақты күшпен *p* өңделетін бетке әсер ету саналады. Күштің әсерінен пайда болатын деформация ошағы өңделетін бет бойымен біртіндеп қозғалады. Инерциялық күштер деформация процестеріне әсерін тигізбейді. Бұл тәсілдерге мыналар жатады: тегістеу (5.1, *а*-сурет), бүрлеу (5.1, *б*-сурет), деформациялау ошағын қозғалтпай өңделетін бетті бір дүркін деформациялау (5.1, *в*-сурет). Соққылау тәсілдеріне өңделетін бетке құралмен немесе жұмысшы денемен көп дүркін әсер ету тән (5.1, *г*-сурет). Осындайда әсер ету күші *p* әрбір циклде минимумнан максимумға дейін өзгереді. Егер жергілікті соққымен әсер ететін болса, онда дайындаманың барлық бетін өңдеу үшін деформация ошағы осы бетпен біркелкі қозғалуы қажет.



5.1-сурет. Бетті пластикалық деформациялау тәсілдерінің негізгі топтары:
а, б, в – статикалық; г – соққылы; D – құралды немесе дайындаманы қозғалтады; Р – әсер ету күші

Бетті пластикалық деформациялау үшін құрал ретінде айналудың белгілі бір осі бар және жоқ шариктер аунақшалар, тегістеушілер, деформациялайтын элементтері (қыртысжазғыштары) бар тартажонғыштар, арнайы соққыштар мен безеулеугіштер қолданылуы мүмкін. БПД кезде жұмысшы денелер болып стандартты бытыралар, металдардан және басқа құрылымдық материалдардан жасалған арнайы шариктер саналады. Бетті деформациялағанда жұмысшы орта ретінде сұйықтар, газдар немесе қажақ бөлшектері бар олардың суспензияларын қолданады.

Бетті пластикалық деформациялаумен өңдеудің негізгі сұлбасы 5.2-суретте көрсетілген. Беріктендіруші жаю (ішкі беттер үшін) және жаюмен (сыртқы беттер үшін) бетті пластикалық деформациялағанда өңделетін беттің бойымен құралды домалатады. Тегістегенде өңделетін беттегі белгілі бір шекарамен түйісетін құрал сырғып бетті пластикалық деформациялайды. Дірілмен бүрлегенде және тегістегенде құрал дірілдеп қозғалады, ал бетті қыртысжазғанда қапсырып өңделетін бетпен ілгерілемелі қозғалады. Бытыраның ағыншасымен және бытыраны лақтырып өңдегенде жұмысшы денені (бытыраны) деформацияланатын металға соғып бетті пластикалық

деформациялайды. Кинематикалық энергияның көзіне байланысты (газ ағыны, сұйық, сұйық пен газ, бытыра лақтырғыш роторының айналуы) өңдеу былай ажыратылады: пневнобытыра ағыншасымен; гидробытыра ағыншасымен; гидропневнобытыра ағыншасымен; бытыраны лақтырып.

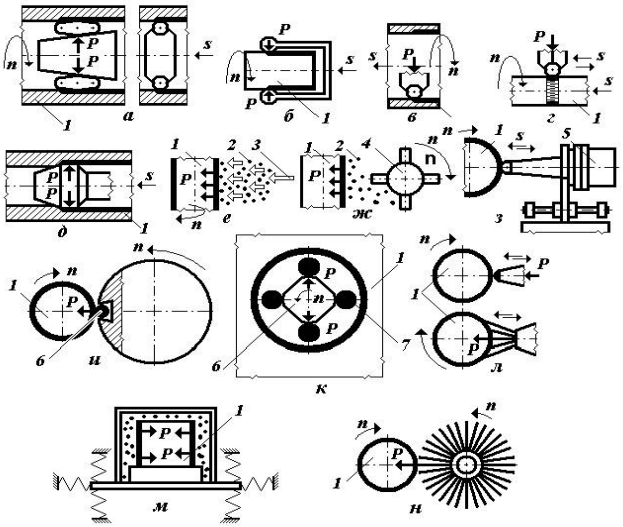
Ультрадыбыспен өңдегенде тұрақты күшке ультрадыбысты тербеліс қосылады. Соғумен жайғанда тіректің шығыңқы элементері қозғалып, аунақшалардың өңделетін бетпен соғысып әсерлесуіне мүмкіндік жасайды. Ортадан теуіп өңдегенде ортадан тепкіш күштің әсерімен аунақшалар өңделетін бетпен соғысып әсерлеседі.

Беріктендіретін безеулеуді қолданған кезде құрал қайтымды-ілгерілемелі қозғалып деформациялайтын күшті өңделетін бетке соғумен түсіреді, ал дірілмен соғып өңдеген кезде тұйық кеңістікте дірілмен қозғалатын дайындаманың өңделетін бетіне жұмысшы дене соққымен әсер етеді. Механикалық қылшақпен өңдеген кезде айналатын механикалық қылшақ сымының шет жағы бетті соғып деформациялайды.

Түсірілетін күші және оларды түсірудің еселілігі бойынша жақын статикалық және соққымен әсер ететін тәсілдерді салыстыратын болсақ, онда мынадай заңдылықтарды айқындауға болады. Салыстырмалы үлкен тіректік ұзындығы бар пішін бетінде кішкентай кедір-бұдырлықты бетті пластикалық деформациялаудың статикалық тәсілдері қамтамасыз етеді. Жоғары микроқаттылығымен сипатталатын беріктенудің үлкен дәрежесі, қысатын қалдық кернеудің үлкен мәні және беріктенген қабаттың керекті қалыңдығына жету үшін соққылау тәсілдерін қолданады. Бірақ та бетті дірілсоққымен өңдегенде алынатын беріктену дәрежесі бүрлеумен алынатын беріктенумен салыстырғанда кем түсуі мүмкін.

Жұқа беттік қабатты БПД өңдеу тетіктерді кесіп өңдеумен салыстырғанда мынадай бірқатар артықшылықтарды береді: металл талшығының тұтастығы сақталады; беттік қабатта ұсақтүйіршікті құрылым құрылады; беттік қабатта анизотропты қасиеті бар текстура пайда болады; кажақтық бөлшектермен өңделетін бетті шаржыламайды; өңдеу процесінде дайындаманың қатты қызуымен байланысты ақаулар пайда болмайды; салыстырмалы үлкен тіректік ұзындығы бар пішін

бетінде минимальды кедір-бұдырлыққа жетеді; беттің жоғары сапасын қамтамасыз ететін өңдеудің тұрақты режімін пайдаланады; берілген ауданы бар майлау бунағын құрып, үйкеліс жұбын пайдаланудың жағдайын жақсартатын ретті микробедерді пайда болғызу мүмкіндік береді; беттік қабатта пайдалануға қолайлы қысатын қалдық кернеу жасалынады; дайындаманың беткі қабатының микроқаттылығы біртіндеп үлкейетін болады; өңдеудің тәсілі мен режімін дұрыс таңдаған кезде тозуға төзімділік, қажуға кедергілік, түйісу төзімділік және өңделген тетіктің басқа пайдалану қасиеттерінің 20...300 % жоғарылауы қамтамасыз етіледі.



5.2-сурет. Бетті пластикалық деформациялаудың негізгі тәсілдерінің нобайы:

а, б – беріктендіретін жаю және дөңгелектету; в – тегістеу; г – дірілмен бүрлеу және тегістеу; д – бетті қыртысжазу; ж – бытыра лақтырып өңдеу; з – ультрадыбысты өңдеу; и – ортадан теуіп өңдеу; к – соғумен жаю; л – беріктендіретін безеулеу; м – дірілмен соғып өңдеу; н – механикалық қылшақпен өңдеу; 1 – дайындама; 2 – бытыра; 3 – газ және (немесе) сұйық ағыншасы; 4 – бытыра лақтырғыш; 5 – ультрадыбысты бастиек; 6 – тірек; 7 – аунақша; n –дайындаманың және (немесе) құралдың айналуы; s – дайындаманың және (немесе) құралдың қозғалуы; P – деформациялау күші

БПД тәсілдерін таңдаған кезде келесі ерекшеліктерді ескеру қажет: БПД өңделетін тетіктер беттерінің геометриялық дәлдігін жоғарлатпайды; алдыңғы операцияларда жеткен дәлдік сақталатын болады; жұқа қабырғалы және қатаңдығы біркелкі емес тетіктерді өңдеген кезде беттік қабатта қалдық кернеу пайда болатындықтан, тетіктер деформациялануы мүмкін; металдың пластикалық ағымы үлкен болған кезде өңделетін беттің жиегінде маталдың қатпары құрылуы мүмкін; БПД тәсілдерін қолданған кезде өңдеу процестерін механикаландыру және автоматтандыруға мүмкіндік бар. Бұл еңбек өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік жасайды.

5.2. Бетті пластикалық деформациялағандағы физикалық құбылыстар

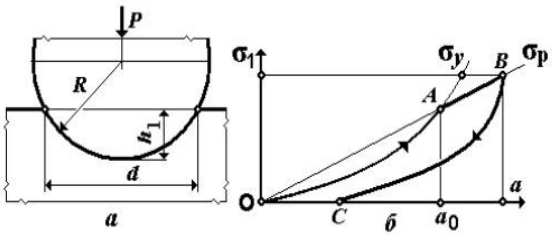
Бетті пластикалық деформациялаумен өңдеген кезде дайындаманың беткі қабатында өзара байланысқан мынадай күрделі құбылыстар жүреді: серпімді және пластикалық деформация; үйкеліс процестері; температуралық құбылыстар; диффузия; адгезия. Бұл құбылыстар тек дайындама мен құралдың түйісу аймағын ғана қамтып қоймай, тағы да осы түйісу аймағына жақын орналасқан аймақтарды да қамтиды. БПД негізгі параметрлеріне мыналар жатады: серпімді және пластикалық деформация; өңделетін бетпен құралдың түйісу ауданы; деформациялау күші; күштің әсерінен материалда пайда болатын кернеулер; күшті түсірудің еселігі.

Күшпен әсер еткен кезде құралдан таңбадақ дайындамаға түседі (5.3, *а*-сурет). Осындайда күш өскен сайын алдымен серпімді деформация, ал содан кейін пластикалық деформация дайындамада пайда болады (*OAB* сызығы). Күш азайған кезде металдың қайтуы *BC* сызығы бойымен жүреді. «*d*» таңбадағының өлшемі *OC* бөліміне сәйкес келіп, қалдық пластикалық деформацияның мөлшерін бейнелейді. Металдар деформациялаған кезде түйіршіктер аралығында және түйіршік ішінде ығысу қозғалыстары жүреді. Осы қозғалыстар сырғу жазықтығы бойынша дислокациялардың қозғалысымен іске асырылады. Деформация үлкейген сайын дислокациялар саны көбейіп, олар өзара және кристалддық тордың басқа ақауларымен

әсерлеседі. Осындай жағдай да дислокацияның қозғалуы қиындатылып, пластикалық ағымның кернеуі σ_s және қаттылық ($\sigma_s \approx 0{,}32$ НВ) үлкейеді. Пластикалық деформацияға кедергінің өсуі құбылысын беріктену немесе қақталу деп атайды.

Деформация ошағындағы және тетік пен құралдың түйісу бетіндегі құбылыстарды бейнелеу үшін пластикалық және қираудың феноменологиялық теорияларының негізгі заңдылықтарын қолданады. Осындайда деформациялау процесінің қайсысын болса да, керекті бағдарлама бойынша белгілі бір материалдан жасалған үлгілікті сынағанда алынған беріктену қисық сызығының интегралымен бейнеленуге болады. Ең жақсы жағдайлар жиынтығының белгісі үшін, негізгі техника-экономикалық көрсеткіштерге әсер ететін өңдеу процесінің энергия сиымдылығын қабылдаған дұрыс. Шектеу жүйесі ретінде сапа параметрлерін өңдеу тәсілдерінің сипаттамасымен байланыстыратын үлгі қызмет жасайды. Өз кезегінде энергия сиымдылығын деформациялау процесінің қуаты (N_{gi}) арқылы бейнелеген дұрыс. Соңғы айтылған мөлшер деформация сатысының M еркін санында келесі формуламен анықталады:

$$N_{gi} = \sum_{j=1}^{M} \left[\iiint_{V} \sigma_g(\varepsilon_g) \xi_g dV + N_{tpg} \right].$$



5.3-сурет. Сфералық индентторды басқанда металдың ағуы:
а – таңбадақ; б – серпімді (a_o) және пластикалық (A_{max}) деформациялардың жаншу кернеуінен σ_1 тәуелділігі; σ_y – серпімді деформация; OAB – серпімді және пластикалық деформацияның сызығы; BC – кері процестің сызығы; R – индентор радиусы; d – таңбадақтың өлшемі; h_1 – таңбадақтың тереңдігі; a – деформацияның мөлшері

Жоғарыда жазылған белгі тек деформациялау күшін ғана сипаттап қоймай, тағы да әсер етуді іске асыратын жылдамдықты сипаттайды. Жылдамдықты деформация жұмысы белгісі ескермейді. Конусты қашалы бөлімі бар құрал мен тетіктің түйісетін бетіндегі үйкелісті жеңу үшін жұмсалатын қуатты мынадай формуламен анықтайды:

$$N_{gi} = \int_0^l \int_0^{2\pi} V_{ck} \mu \sigma_s R dl d\varphi,$$

мұндағы l – құралдың тетікпен түйісетін жерінің ұзындығы; h – деформацияның таралу тереңдігі; $V_{ск}$ – сырғу жылдамдығы; μ – Зибель (Прендтль) бойынша үйкеліс коэффициенті; σ_s – өңделетін материалдың ағым шегі; R – құралдың радиусы.

Сапа параметрімен шектеу жүйесіне кіретін технологиялық параметрлерді өзара байланыстыратын нақты үлгіні жасау үшін В. Л. Колмогоровтың қирау феноменологиялық теориясын қолданады. Осы теория өзіне мыналарды қосады: ығысу деформациясы жылдамдығының қарқындылығын есептеу; ығысудың жиналған деформациясын есептеу; орташа (гидростатикалық) қысымды есептеу; жанама кернеудің қарқындылығын есептеу; илемділік қорын қолданудың дәрежесін есептеу.

Конусты қашалы бөлімі бар деформациялайтын элементпен тетікті өңдеген кезде пайда болатын даформация ошағын алдын ала талдау, ошақтағы металл бөлшектерінің қозғалыс траекториясын бейнелеу үшін кинематикалық жағдайды қанағаттандыратын мынадай функцияны таңдап алуға мүмкіндік береді:

$$V_{xl} = K_l xy,$$

мұндағы V_{xl} – l аймағындағы x осіне жылдамдықтың проекциясы; K_l – пропорциональдық коэффициент.

Осы функцияны және көлемнің тұрақтылық шартын қолданып, математикалық түрлендіруді пайдаланып, бірінші аймақтағы орта бөлшектері қозғалысы жылдамдықтарының мынадай сыңарларын аламыз:

$$V_{x1} = \frac{2U_1 V}{l_1^2 h_o} xy;\ V_{y1} = \frac{2U_1 V}{l_1^2 h_o},$$

мұндағы U_1 – деформациялайтын элементтің тетікпен түйісуі басталатын нүктедегі орын ауыстыру; V – құралдың қозғалу жылдамдығы; h_o – деформация ошағының тереңдігі; l_1 – деформация ошағындағы бірінші аймақтың ұзындығы.

Екінші аймақтағы қозғалыс жылдамдығы сыңарларын жылдамдықтың нормальды құрастырушыларының үздіксіз болуы шартынан табылады, яғни

$$V_{x2} = \frac{2Vtg\alpha x}{h_0^2}\left(x - \frac{U_1 h_0}{l_1 tg\alpha} - l_1\right)y;\ V_{x2} = \frac{Vtg\alpha_{y2}}{h_0^2}.$$

Деформация ошағының үшінші аймағын қарастырып, кейбір түрлендіруден және орындарға қоюдан кейін мынаны аламыз:

$$V_{x2} = \frac{2Vtg\alpha}{h_0^2 l_3}\left(l_2 - \frac{U_1 h_0}{l_1 tg\alpha}\right)(l_1 + l_2 + l_3);\ V_{y3} = \frac{2Vtg\alpha}{h_0^2 l_3}\left(l_2 - \frac{U_1 h_0}{l_1 tg\alpha}\right)y^2.$$

Осыдан кейін мыналарды анықтауға болады:

Деформация жылдамдығы тензорының сыңарларын:

$$\varepsilon_{xj} = \frac{\partial V_{xj}}{\partial x};\ \varepsilon_{yj} = \frac{\partial V_{yj}}{\partial y};\ \eta_{xy} = \frac{\partial V_{xj}}{\partial y} + \frac{\partial V_{yj}}{\partial x};$$

Деформация жылдамдығының қарқындылығы:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{4\xi^2 x_j + \eta^2 xy_j};$$

Деформация дәрежесін $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{i(j-1)} + \frac{1}{V}\int_{L_{j-1}}^{L_j} \xi_{ij} dx;$

Беріктену қисық сызығынан табылған кернеулер қарқындылығы:

$$\sigma_j = \sigma_o + A\varepsilon_{in}.$$

Бірінші және екінші түйісуі жоқ аймақтардағы орташа кернеуді, тетік бетінде $\sigma_y = 0$ шарты орындалатындығын ескеріп былай анықтаймыз: $\sigma = 2\sigma_j\xi_y/3\xi_i$. Екінші түйісу аймағындағы орташа кернеуді анықтау үшін тепе-теңдік шартын және сыңарлардың X-тің функциясы болмайтындығы туралы шартты қолданып былай анықтаймыз:

$$\sigma = \frac{2B\xi_i x^n}{3\xi_i} + \frac{Vtg\alpha x^2}{h_0^2} + \frac{2tg\alpha x}{h_0^2}\left(\frac{U_1 h_0}{l_1 tg\alpha} + l_1\right) + f_{3(y)}.$$

$f_{3(y)}$ функциясын келесі шарттарды ескеріп анықтауға болады: $x = l_i$; $\sigma = \sigma_A$, мұндағы σ_A – құрал мен тетіктің түйісуі басталатын нүктедегі орша кернеу. Осындайда B мөлшерін былай анықтаймыз:

$$B = A\left(\frac{1}{V\sqrt{3}}\sqrt{4\xi^2 x_j + \eta^2 xy_j}\right)^n.$$

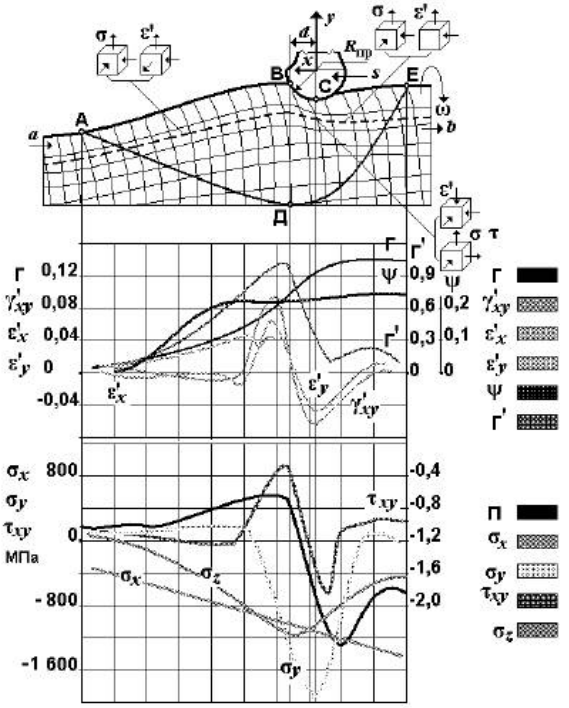
Осыдан кейін кернеу күйінің көрсеткішін K және шекті жиналған деформацияны ε_p анықтайды. Илемділік қорын қолданудың дәрежесін мынадай формуламен анықтаған дұрыс:

$$\psi = \frac{1}{V}\int_0^{L_3} \frac{\xi_i dx}{\varepsilon_p(K)}.$$

БПД кезде жүретін процестерді тереңірек түсіну үшін тұтас орта механикасының есептеп-тәжірибелеу әдісін қолданады. Цилиндрлік беттің сыртқы жағын аунақшамен домалату процесін координатты тор тәсілімен зерттеп алынған нәтижелер 5.4-суретте көрсетілген. Осы сурет деформация ошағының бойымен мынадай параметрлердің өзгеруін көрсетеді: салыстырмалы ұзарудың $\varepsilon_x^1, \varepsilon_y^1$ және ығысудың γ_{xy}^1 жылдамдақтары; ығысу деформациясы жылдамдығының қарқындылығы (Γ_1); ығысудың жиналған деформациясы (Γ); илемділік қорын қолданудың дәрежесі ψ; кернеу күйінің

параметрлері мен көрсеткіші. БПД әртүрлі тәсілдерін үлгілеу бірқатар қорытылған маңызды қортындыларды алуға мүмкіндік береді. Ығысудың жиналған деформациясы және беттік қабаттың беріктену тереңдігі деформация ошағының өлшемінен және деформациялайтын құралдың қисықтығынан, ал өңделетін металдың беріктену дәрежесі және түйісу кернеулерінің мөлшері ығысудың жиналған деформациясы мен беріктену қисық сызығының параметрінен тәуелді болады. Түйісу кернеулері белгілі бір мәнге дейін жетіп металдың беріктену қисық сызығына сәйкес тұрақтанады. Сапаның ең жақсы параметрлерін алу үшін беттік қабаттағы ығысу деформациясы дәрежесінің шақтамалы шегі 0,5...0,8 аралығында жатуы керек. БПД кезде құрал мен дайындаманың өңделетін бетінің үйкелісуі нәтижесінде деформация ошағындағы температураның көтерілуі байқалады. Осындай жағдайда құрал, дайындама және қоршаған орта да қызады. Сөйтіп талданып жатқан процесс жергілікті қызумен және дайындаманың ішіне жылуды тез алып кетумен қошталады. Қызу уақыты деформациялау жылдамдығынан, түсірілген күштен және құрал өлшемінен тәуелді болады. Өңдеу режіміне байланысты деформация ошағының температурасы мынаған жетуі мүмкін: домалатқан кезде – 300...400 ^{o}C; тегістеген кезде – 600...700 ^{o}C; соққы тәсілдерін қолданған кезде – 800...1000 ^{o}C. Осындай температураларда өңделетін металдарда физикалық құбылыстар жүруі мүмкін. Айтылған физикалық құбылыстар беріктену дәрежесін азайтуға, қысатын кернеулерді тартатын кернеулерге айналдыруға және қажу сызаттарын пайда болғызуға алып келуі мүмкін.

Жоғарыда айтылған себеппен, өңдеудің күшін және жылдамдығын таңдаған кезде нақты құрылымдық материалдар үшін шақтамалы температураны ескеру қажет. Өңдеу күшін негізсіз үлкейткен жағдайда тетіктің беткі қабатында микро- және макрожарықтар пайда болады, дайындама бетінен металл бөлшектерінің шарбылануы жүреді. Бұның бәрі тетіктің беріктегіне және тозуға төзімділігіне теріс әсерін тигізеді.



5.4-сурет. Білікті аунақшамен домалату процесін координатты тор тәсілімен зерттеп алынған нәтижелер:

ε_x^1, ε_y^1, γ_{xy}^1 *– салыстырмалы ұзарудың және ығысудың жылдамдақтары; Г – ығысу деформациясы жылдамдығының қпарқындылығы; ψ – илемділік қорын қолданудың дәрежесі*

6. ДАЙЫНДАМАНЫ ӨҢДЕУДІҢ ЭЛЕКТРОФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

Электрофизикалық (ЭФ) және электрохимиялық (ЭХ) тәсілдерді қиын өңделетін (өте тұтқыр, қатты және өте қатты, керамикалық, металкерамикалық) материалдардан жасалған дайындамалар беттерінің сырпішінін құру үшін қолданылады. ЭФ және ЭХ тәсілдері күрделі фасонды сыртқы және ішкі беттерді, кішкентай диаметрі бар тесіктерді, т. б. өңдеуге мүмкіндік береді. ЭФ және ЭХ тәсілдерді қолданғанда, өңделетін бетке механикалық жүктеме аз болып түсетіндіктен, тәсілдер өңдеу дәлдігіне тәжірибелік әсер етпейді. Бұл тәсілдер кейбір жағдайларда аздаған ақауы бар қабатты береді, өңделетін бетте қақталманы құрмайды, ажарлаудан кейін пайда болатын күйікті жояды, беткі қабаттың пайдалану сипаттамасын (тозуға төзімділік, жегідегі төзімділік, беріктік) жоғарылатады. ЭФ және ЭХ тәсілдері білдектерінде қолданылатын кинематикалық тізбектің қарапайымдылығы сырпішінді құру процестерін дәл реттеуге және өңдеуді автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Барлық ЭФ және ЭХ тәсілдерін шарты түрде былай бөлуге болады: электржелінді өңдеу (электрұшқынды, электримпульсті, электртүйіспелі); электрхимиялық өңдеу (электрхимиялық, анодты-механикалық); химиялық өңдеу (химиялық, химия-механикалық); импульсті-механикалық өңдеу (ультрадыбысты, электргидравликалық); сәулелі өңдеу (жарықсәулелі, электронды-сәулелі); плазмалы өңдеу; жарылысты өңдеу.

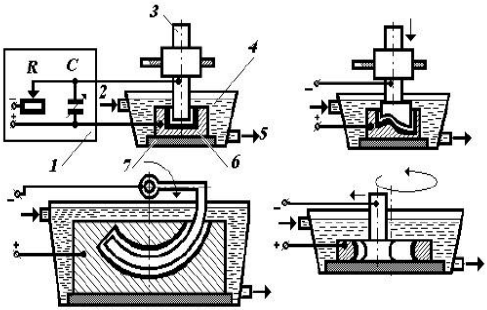
6.1. Электржелінді өңдеу

Электржелінді өңдеудің негізі болып электродтар арасынан электр тогының импульсін өткізген кезде, осы электродтардың қирауы (желіндеуі) саналады. Электродтар арасындағы электр разряды, газ ортасында немесе электродтар арасындағы аралықты диэлектрлік сұйықпен (керосин, минераль майы) толтырған кезде пайда болады. Электродтардың желіндеуі сұйық ортада едәуір қарқынмен жүреді. Электр тізбегін тұйықтаған кезде элетродтар арасындағы кеңістік иондалады. Потенциалдардың межелік айырмасына жеткен кезде өткізу

бунағы пайда болады. Осы өткізу бунағымен ұшқынды немесе доғалы разряд өтеді. $10^{-5}...10^{-8}$ с уақыты ішінде токтың тығыздығы 8...10 кА/мм^2 дейін жоғарылайды. Нәтижесінде дайындаманың – электродтың бетінде температура 10000...12000 ^{o}С дейін жоғарылайды. Осындай температураларда дайындама материалының элементарлы көлемі лезде балқып буланады. Токтың келесі импульсі электродтар арасындағы арақашықтық ең кішкентай болатын электродтар арасындағы аралықты жарып өтеді. Металдың желіндеуі электродтар арасындағы арақашықтық межеліктен (0,01...0,05 мм) үлкен болғанша жүреді. Электродтар жақындаған кезде желіндеу процесі қайталанады. Дайындамаға жылулық әсермен бірге электрстатикалық, электрдинамикалық күштер және кавитациалық құбылыстар әсер етеді.

Электрұшқынды өңдеуді (ЭО) қолданғанда анод (дайындама) пен катод (құрал) арасында пайда болатын импульсті ұшқынды разрядты пайдаланады. ЭО қондырғысының сұлбасы 6.1-суретте көрсетілген. Диэлектрикалық сұйығы бар шомылықта 4 мыналар орналастырылған: тұғырық-оқшаулағыш 7; дайындама 6. Дайындама мен құрал 3 арасында 100...200 в амплитудасы бар импульсті ток өткізіледі. Ұзақтылығы 20...200 мкс болатын импульс *R-C* генераторымен 1 түрлендіріледі. Импульстің энергиясына байланысты өңдеудің режимін былай айырып таниды: ерекше жұмсақ; жұмсақ; орташа; қатаң. Жұмсақ режімдер 2 мкм дейінгі өлшемдік дәлдікпен өңдеуге және өңдегенде R_z = 0,32 мкм дейінгі кедір-бұдырлықты алуға мүмкіндік береді. Орташа және қатаң режімдермен өңдеу мынаны алуға мүмкіндік жасайды: фасонды ашық қуыстарды (қалып қуысы); радиусты осі бар цилиндрлік тесіктерді; диаметрлері 1...50 мм аралығында өзгеріп көлденең пішіні әртүрлі болатын өтпелі тесіктерді; дайындаманы тілуді, т. б. Ерекше жұмсақ режімдерімен өңдеу мынаған мүмкіндік береді: диаметрі кішкентай ерекше дәл тесіктердің ішкі беттерін ажарлау; дайындаманы аяққы таза өңдеу. ЭО мыналарды жасау үшін қолданылады: қалыптарды; баспаққалыпты; сымкөзді; кесуші құралды; қозғалтқыш тетіктерін; торларды; машиналар тетіктері бетінің тозуға, ыстыққа және жегідеге төзімділігін жоғарылату үшін; кесуші құралдың төзімділігін жоғарылату

үшін; галваникалық қаптаманы жабу үшін керекті кедір-бұдырлықты беттерге беру үшін; тетіктің беткі қабаттын қоспалау үшін; тозған тетіктердің геометриялық өлшемдерін үлкейту үшін. Процестің мәні болып ауа ортасындағы ұшқындық разрядпен ұсақдисперсті шыныққан құрылымды құру және анод материалының беткі қабатын қоспалау саналады. Электр ұшқынды беріктендірумен жұдырықшалар, орнықтырғыштар, бағытауштар, қысқыштар, ойықтар, итерушілер, клапандар сырығы, сыналар, тесіктерді өңдейді. Электрұшқынды беріктендіргенде дайындаманы былай алдын ала дайындайды: ластанған жерлерді, жегідені, қылауды кетіреді; Rz80 үлкен емес кедір-бұдырылықты өңделетін бетте қамтамасыз етеді.



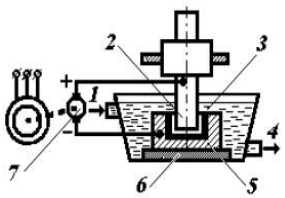
6.1-сурет. Электрұшқынды өңдеудің сұлбасы:
1 – R–C генератор; 2 – электролитті беру; 3 – құрал-электрод; 4 – диэлектрикалық сұйық; 5 – электролитті ағызу; 6 – дайындама; 7 – оқшаулағыш

Электримпульсті өңдеудің негізі болып кішкентай және орташа ұзақтылықпен импульсті берген кезде анодтың желіндігін жоғарылату саналады. Импульстің ұзақтылығы үлкен болған кезде (доғалық разряд) катод едәуір тез қирайды.

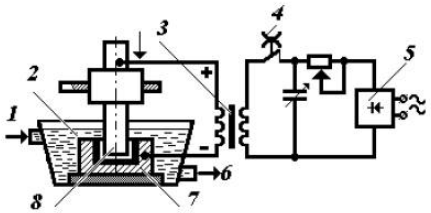
Униполярлы импульстер электрмашиналармен 7 (6.2-сурет) немесе электронды генератормен жасалады. Импульстің ұзақтылығы 500...10000 мкс тең болады. Дайындаманы 5 диэлектрикалық сұйығы 3 бар шомылдырықтағы оқшаулағышқа 6 орналастырады. Осылай өңдеген кезде құрал 2 электрұшқынды өңдеумен салыстырғанда едәуір бәсең тозады.

Импульстің едәуір қуатты болуы жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді, бірақ та өңдеудің дәлдігі төмендейді. Сондықтан тәсілді қуыстарды, фасонды сыртқы беттерді және тесіктерді қаралай өңдеген кезде қолданады.

Жоғарыжиілікті электрұшқынды өңдеудің негізі болып разрядтың кішкентай энергиясында жоғарыжиілікті импульстерді (100...150 кГц) қолдану саналады. Тәсілдің өнімділігі электрұшқынды өңдеумен салыстырғанда 30...50 рет жоғары. Сонымен қатар, жоғарыжиілікті электрұшқынды тәсілмен өңдегенде дәлдігі жоғары өңделген бетті алады. Қондырғының сұлбасы 6.3-суретте көрсетілген. Дайындама 7 және құрал 8 диэлектрикалық сұйығы 2 бар шомылдырықта орналастырылған. Түзеткіштен 5 тұрақты кернеу тоқүзгіштің 4 көмегімен ажыратылып, импульсті трансформатордың 3 бірінші орамына беріледі. Дайындама мен құралдың трансформатордың екінші тізбегіне қосылуы доғалық разрядты пайда болғызбайды.

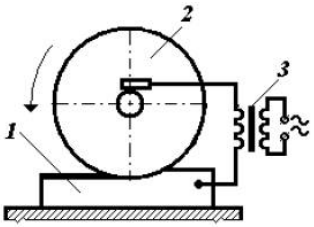


6.2-сурет. Электримпульсті өңдеудің сұлбасы:
1 – электролитті беру; 2 – құрал; 3 – диэлектрикалық сұйық;
4 – электролитті ағызу; 5 – дайындама; 6 – оқшаулағыш;
7 – электрмашиналы генератор



6.3-сурет. Жоғарыжиілікті электримпульсті өңдеудің сұлбасы:
1 – электролитті беру; 2 – диэлектрикалық сұйық;
3 – трансформатор; 4 – токты үзгіш; 5 – түзеткіш;
6 – электролитті ағызу; 7 – дайындама; 8 – құрал

Электртүйіспелі өңдеудің негізі болып құрал-электродпен 2 түйісетін жерде дайындаманы 1 жергілікті қыздыру және жұмсартылған немесе балқытылған материалды өңдеу аймағынан механикалық жолмен кетіру саналады (6.4-сурет). Өңдеу аймағында жылуды пайда болғызудың көзі болып импульсті доғалық разряд есептеледі. Электрлік тізбекті қоректендіруді түйістіргіш арқылы трансформатормен жүргізеді. Электртүйіспелі өңдеуді бұрғылағанда, жонғанда, дайындаманы кескенде қолданады.



6.4-сурет. Электртүйіспелі өңдеудің сұлбасы:
1 – дайындама; 2 – құрал; 3 – трансформатор

6.2. Электрхимиялық өңдеу

Электрхимиялық өңдеудің негізі болып электролиз кезінде микротегіс емес жерлердің шығыңқылығы мен ойымдарын анодты еріту саналады. Электролит 2 арқылы тұрақты электр тогы өткен кезде, анод-дайындаманың 3 бетінде химиялық реакциялар жүріп металдың беткі қабаты химиялық қосылысқа айналады (6.5, *а*-сурет). Электролиздің өнімдері ертіндіге өтеді немесе механикалық тәсілмен алынып тасталады.

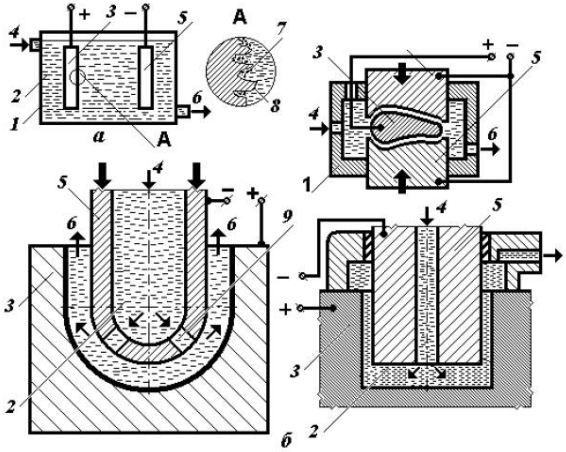
Электрхимиялық әрлеген кезде (6.5, *а*-сурет) дайындаманы электролиті бар шомылдырыққа орналастырады. Өңделетін материалға байланысты электролит болып қышқылдың немесе сілтінің ертінделері қызмет жасайды. Дайындаманы анодқа қосады. Катод 5 ретінде қорғасын, мыс немесе болаттан жасалған тілімше қолданылады. Электрлік тізбек тұйықталған кезде анод материалының еруі басталады. Бұл тәсілмен өңдегенде микротегіс емес жерлердің шығыңқылығы ериді.

Өйткені токтың ең үлкен тығыздығы шығыңқылықтың шыңында шоғырланады. Ерудің өнімдері 7 (төмен өткізгіштікке иемденген тотықтар немесе тұздар) ойымдарды толтырады және металдың еруіне кедергі жасайды. Шығыңқы және ойық жерлер бойынша іріктеп әсер ететін ерудің жылдамдығы микротегіс емес жерлерді тегістейді. Өңделген бет металдың жарқылын алады.

Электрхимиялық әрлеу микрожарықтың тереңдігін азайтады, дайындаманы деформацияламайды, құрылымның термиялық өзгеруін болғызбайды. Тәсіл қатаң емес дайындаманы бір мезгілде барлық бет бойынша өңдеуге мүмкіндік жасайды. Айтылған тәсіл кесетін құралды ең соңында өңдегенде ең көп қолдануды тапты.

Электрхимилық өлшемді өңдеудің ерекшелігі болып дайындама-анод 3 және құрал-катод 4 құрайтын электродтар аралығы арқылы қысыммен берілетін электролит ағымында электролизді іске асыру саналады (6.5, *б*-сурет). Электролизбен бір мезгілде электролит ағымы жұмысшы аймақтан электролиз өнімін кетіреді. Тәсіл катодтың әсерінде болатын дайындаманың барлық беттерін бір уақытта өңдеуге мүмкіндік береді (беттің өңделмейтін бөлімдерін оқшауландырады). Тәсіл қатаң емес дайындамаларды, күрделі фасонды дайындамаларды, қиын өңделетін материалдарда фасонды қуыстарды немесе фасонды тұйық (өтпелі) тесіктерді өңдеуге мүмкіндік береді. Қуыстарды немесе тесіктерді өңдеген кезде электролитті катодтың өтпелі немесе тұйық орталық бунағы бойыша, тесік 9 қолданып береді.

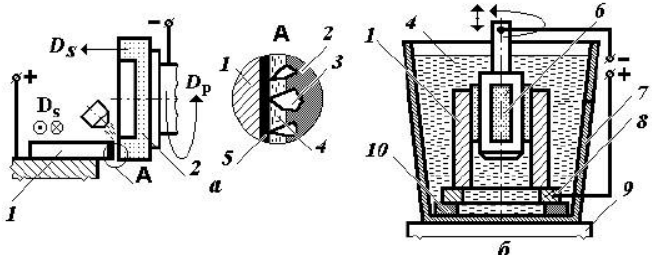
Электрқажақтың өңдеудің ерекшелігі болып электр өткізетін біріктірмеде (мысалы, графитті толықтырғышы бар бакелит) жасалған қажақ құралы катод болатындығы саналады (6.6, *а*-сурет). Дайындама-анод 1 және құралдың 2 арасында қажақтық түйіршіктердің есебінен электродтар арасындағы саңылау пайда болады. Бұл саңылауға электролит 4 беріледі. 90 % дейінгі әдіп анодты ерудің есебінен, ал әдіптің 10...20 % механикалық өңдеумен алынады. Алмасты қажақтық құралды қолданған кезде (электралмасты өңдеу) анодты ерумен 75 % дейін әдіп алынады. Тәсілді қатаң емес дайындаманы және қиын өңделетін материалдардан жасалған дайындаманы тазадай өңдеу үшін қолданады.



6.5-сурет. Электрхимиялық өңдеудің сұлбасы:
а – әрлеу; б – өлшемді өңдеу; 1 – шомылдырық; 2 – электролит; 3 – дайындама; 4 – электролитті беру; 5 – катод; 6 – электролитті ағызу; 7 – еру өнімдері; 8 – микротегіс еместік; 9 – тесік

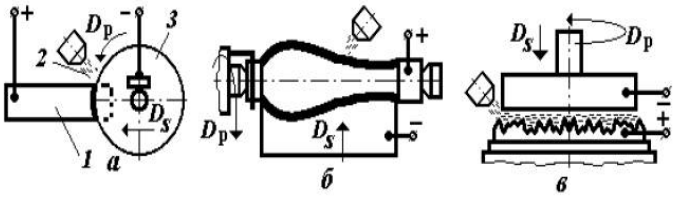
Электржануыштаған кезде дайындаманы 1 токалғыш сақинаға 8 және оқшаулағыш 10 орналастырады және электролиті бар шомылдырыққа 7 орнықтырады (6.6, *б*-сурет). Шомылдырықты жануыштау білдегінің үстеліне 9 орналастырады. Процестің кинематикасы әдеттегі жануыштаудың кинематикасына ұқсас. Бірақ та жануыштау бастиегі 6 қажақ қайрақшасының орнына жөке, қандыағаш немесе пластмассадан жасалған қайрақшамен қамтамасыз етілген. Алдын ала жануыштауды түйіршіктілігі М28 аспайтын қажақтық ұнтақ қосылған $NaNO_3$ электролит ертіндісінде жүргізеді. Аяққы жануыштады сол электролитте, бірақ та хром тотығын қосып жүргізеді. Тәсіл өңдеу өнімділігін 4...5 рет жоғарылатады және тым төмен кедір-бұдырлықты қамтамасыз етеді (Ra 0,04...0,16 мкм).

Анодты-механикалық өңдеудің негізі болып дайындама материалына механикалық, электржеліндік және электрхимиялық әсерлерді құрастырып әсер ету саналады (6.7-сурет).



6.6-сурет. Электркажақтық өңдеудің сұлбасы:
а – ажарлау; б – жануышатау; 1 – дайындама; 2 – құрал; 3 – қажақ түйіршіктері; 4 – электролит; 5 – әдіп; 6 – жануышатау бастиегі; 7 – шомылдырық; 8 – токалғыш сақинаға; 9 – үстел; 10 – оқшаулағыш

Дайындама-анодты 1 және кесуші құрал-катодты 3 тұрақты токтың жалпы электрлік тізбегіне қосады. Осы анод пен катодтың арасындағы саңылауға элетролитті 3 (әдетте, сұйық шыныны – натрий силикатының сулы ертіндісін) береді. Анодты ерудің себебебінен дайындамада қорғаушы қаптама пайда болады. Бұл қаптама кесетін құралмен қиратылады. Қаптаманы алған кезде электродтардың шығыңқы бөлімдерінің арасында электр разряды пайда болады. Осылай әсер ету электр желінуіне алып келеді. Үш процесті құрастыратын тәсілді қолдану, жеке құрастырушылардың энергиясын реттеудің есебінен кең шекте өңдеуді жүргізуге мүмкіндік береді.



6.7-сурет. Анодты-механикалық өңдеудің сұлбасы:
а – кесу; б – жону; в – жазықтықты өңдеу; 1 – дайындама; 2 – электролитті беретін шүмек; 3 – құрал

Қаралай өңдеу операциясын токтың үлкен тығыздығын қолданып орындайды. Негізгі мәнді, балқудың нәтижесінде

дайындаманың материалын қарқынды алуға алып келетін жылулық электржелінді әсер ету және элетролит ортасында металдың қопарылып булануы алады. Анодты еру, микротегіс емес жерлердің шыңында доғалық разрядтың шоғырлануын қамтамасыз ететін қорғаныс қаптамасын құру үшін тек керек. Механикалық әсер ету өңдеу аймағынан қирау өнімдерін шығаруды қамтамасыз етеді.

Тазалай өңдеуді токтың кішкентай тығыздығымен іске асырады. Негізгі мәнді анодты ерудің механизмі және қаптаманың механикалық қирауы иемденеді. Бұл процестер микротегіс емес жерлердің шыңымен жүреді. Бұл беттің кедір-бұдырлығын едуір азайтуға және өңдеудің дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Анодты-механикалық өңдеумен барлық ток өткізетін материалдар, қатты, жоғары беріктікті және қиын өңделетін қорытпалар, тұтқыр материалдар өңделеді. Анодты-механикалық өңдеу дайындаманы қиюға, ойық пен саңылауларды кертіп кесуге, дайындаманы жонуға, жазық беттерді өңдеуге, беттерді әрлеуге, кесетін құралды қайрауға мүмкіндік береді.

6.3. Импульсті-механикалық өңдеу

Ультрадыбысты өңдеудің негізі болып магнитстрикция құбылысы, яғни айнымалы магниттік өрістің әсерімен ферромагнитті материалдан жасалған өзектің өзінің көлденең қимасы мен ұзындығын өзгерте алу қабілеттілігі саналады. Осындай қасиетке мыналар иемденген: никель; теміркобольтті және теміралюминийлі қорытпалар; феррит.

Ультрадыбысты өңдеудің сұлбасы 6.8, *а*-суретте көрсетілген. Дайындаманы 2 қажақ суспензиясымен 1 толтырылған шомылдырыққа 3 орналастырады. Дайындамаға шоғырлағыштың 11 бүйірінде бекітілген құрал-сотанды 4 әкеледі. Шоғырлағыш қаптамада 5 орнатылған магнитстрикциялық өзекке 6 бекітілген. Қаптама арқылы салқындататын сұйықты өткізеді. Өзектің тербелуін ультрадыбысты жиілігі бар генератор 8 (жиілік 16...30 кГц; тербеліс амплитудасы 5...10 мкм) және тұрақты ток көзінің 9 көмегімен өршітеді. Қажақ суспензиясын сорғымен 12 шомылдырық – сұйыққойма жүйесі арқылы тартады. Шоғырлағыш 11 тербеліс амплитудасын 40...60 мкм дейін үлкейтеді. Құралдың тербеліс қозғалысы суспензияның қажақтық

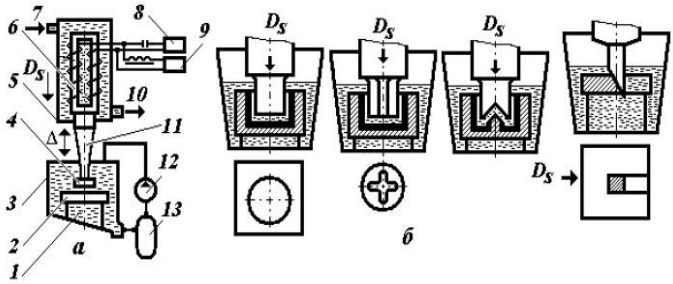
түйіршіктеріне беріледі. Өңделетін бетпен қажақ түйіршіктері соғылысудың нәтижесінде дайындама материалының микробөлшектері опырыла сынып алынады. Соқтығысудың көптеген саны (секундына 30000 дейін) және кавитация дайындаманың беткі қабатын қарқынды қиратуға әкеледі.

Ультрадыбысты өңдеу мыналарды өңдеу үшін қолданылады (6.8, *б*-сурет): әртүрлі көлденең қимасы бар өтпелі және тұйық тесіктерді; фасонды қуыстарды; дайындаманы қию, т. б. Ультрадыбысты өңдеудің көмегімен мынадай морт сынатын материалдарды өңдейді: шыныны; керамиканы; қатты қорытпаларды; кремнийді; кварцты; алмасты; көміртектендірілген болаттарды; азоттандырылған болаттарды; шынықтырылған болаттарды.

6.4. Сәулелі өңдеу

Лазерлі өңдеу дайындаманы беріктенудің немесе беттік қабатын алудың жарықсәулелі тәсіліне жатады. Тәсілдің негізі болып жоғары шоғырлаған энергиядан шыққан жарық сәулесімен дайындама бетіне әсер етуі саналады. Жарық сәулесін шығарудың көзі болып оптикалық квантты генераторлазер саналады. Лазерлі өңдеуді өтпелі және тұйық тесіктерді тесу, дайындаманы кесу, қаңылтыр металын фасонды кесу, ойықтарды керту, дайындаманың бетін термиялық өңдеу үшін қолданады.

Лазерлі шынықтыруды басқа әдістермен шынықтыру қиынға түсетін жағдай да ғана қолданады. Лазермен беттерді беріктендіру келесі ерекшеліктерімен сипатталады: тереңдігі және ауданы бойынша жергілікті болатын бөлімдерді беріктендіру; әдеттегі шынықтыру тәсілімен қол жетпес қуыстарды жергілікті беріктендіру; дайындаманың шалыстығының болмауы; өңделген беттің берілген микрокедірбұдырлығын керекті жағдайда алу; беттік қабатты қоспалаудың мүмкіндігі; процесті автоматтандырудың қарапайымдылығы. Беріктенуді көміртекті, аз көміртекті, қоспаланған және жоғары қоспаланған болатар үшін қолданады (У8А, У10А, 45, ХВГ, 9ХС, Х12, ШХ15, Р18, Р6М5К5Ф3, т. б.).



6.8-сурет. Ультрадыбысты өңдеудің сұлбасы:
а – қондырғының сұлбасы; б – өңдеу мысалдары; 1 – суспензия; 2 – дайындама; 3 – шомылдырық; 4 – сотан; 5 – қаптама; 6 – өзек; 7 – салқындататын сұйықты беру; 8 – генератор; 9 – тұрақты ток көзі; 10 – салқындатын сұйықты ағызу; 11 – шоғырлағыш; 12 – соргы; 13 – сұйыққойма

Лазерлі шынықтырудың негізі болып «фазалы айналу – балқу» аймағында жататын температураға дейін бетті жергілікті қыздыру және дайындаманың өзегіне қарай жылуды әкету есебінен бетті салқындату процестерін бұйымда жүргізу саналады. Осы процестердің нәтижесінде ұсақ түйіршікті мартенсит және қалдық аустенит бұйымда құрылады. Беріктенудің тереңдігі – 0,2 мм дейін. Беріктенудің орташа өнімділігі мынадай: аргон атмосферасында – 500 мм^2/мин дейін (аргон атмосферасында шынықтыру өңдеу аймағын көміртексіздендіруден сақтайды); ауада – 800 мм^2/мин дейін. Беріктенген қабаттың тереңдігі Z былай анықталады:

$$Z = \sqrt{a \times \tau},$$

мұндағы *а* – температура өткізгіштіктің коэффициенті; τ – лазерлі әсер ету импульсінің ұзақтығы.

Кішкентай түйісу ауданымен үлкен қысым жағдайында жұмыс істейтін жауапты тетіктерді (клапандар, таратушылар, т. б.) стеллитт каптастырылған жоғары хромды аустенитті болаттардан (Х17Н2, Х18Н10Т) жасайды. Стеллиттің құрылымы болып эвтектиканың фонындағы кобольт негізі болатын қатты ертінді саналады. Осы стеллиттің

химиялық құрамы мынадай: көміртегі – 1,6...2,3 %; кремний – 1,5...2,5 %; хром – 26...32 %; кобальт – 59...65 %; вольфрам – 4...5 %; қалғаны – темір. Сызықтық ұлғаю коэффициенттерінде айырмашылықтың болуы әдеттегі термиялық өңдеуді қолдануға мүмкіндік бермейді. Дайындаманың бетін лазермен жергілікті қыздыру стеллитті беріктендіруге мүмкіндік жасайды. Беріктенген аймақ тоғыстырылатын лазерлі сәулеленудің реттеліп жабылатын дақтарымен жасалады.

Стеллитті беріктендірудің ең жақсы режімдері мынадай: кернеу – 980 в; импульс энергиясы – 8 Дж; импульстің ұзақтығы – 4 мс; фокальді дақтағы импульстердің саны – 1...8; оптикалық жүйенің фокусті арақашықтығы – 37 мм; балқытылған аймақтың диаметрі – 0,4...0,6 мм. Лазерлі беріктендіру қаттылықты жоғарылатуға (HRC49...50) алып келеді.

6.5. Плазмалы өңдеу

Плазмалы өңдеудің мағынасы болып өңделетін бетке плазманы (20000 ^{o}C дейін температураға иемденген газдың иондалған бөлшектерінің бағытталған ағыны) бағыттау саналады. Плазманың ағынымен әртүрлі қорытпаларды кесуге және пісіруге, әртүрлі қаптамаларды дайындамаға қаптастыруға болады. Плазмалы ағынының жоғары температурасы және жылдамдығы жоғары концентрациялы жылулық энергияны алуды қамтамасыз етеді. Сондықтан плазмалы өңдеу, өңделген беттің салыстырмалы жоғары кедір-бұдырлығында, кесудің жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді. Дайындаманы өңдеу үшін бөлінген де және үйлескен де доғасы бар бастиектерді қолданады. Бөлінген доғасы бар шілтерлер металл кесетін білдектер үшін тым ыңғайлы, бірақ та олардың нәтижелілігі төмен.

Плазмалы өңдеуді кез келген материалды өңдеу үшін қолданады. Өңдегенді мынадай операцияларды қолданады: тесікті тесу; дайындаманы кесу; қаңылтыр материалды пішу; кесумен үйлестірілген жону; сүргілеу; ажарлау (плазмалы-механикалық өңдеу). Плазмалы өңдеуді ең жиі қаңылтыр материалын кесуге қолданады. Бөлінген доғасы бар шілтерлерді металдан жасалған жұқа қаңылтырларды және электр өткізбейтін материалдарды кесу үшін пайдаланады. Үйлесетін

доғасы бар шілтерлерді металдан жасалған қалың қаңылтырларды кесу үшін қолданады (алюминий қорытпаларынан жасалған қаңылтыр – қалыңдығы 125 мм дейін; болаттан жасалған қаңылтыр – 100 мм дейін).

Плазмалы-механикалық өңдеудің мәні болып, кесуші аймақтың кесуші жиегінде тікелей орналасқан жылудың аса шоғырланған ошағын жасау үшін плазмалы доғаны қолдану саналады. Плазмалы-механикалық өңдеудің жоғары нәтижелігіне плазмалы ағын мен кесуші құралдың әсер етулері қатал қиысқанда ғана жетеді. Бұл әсерлер уақыт бойынша секундтың бірнеше үлесіне тең кідірумен жүйелі іске асырылады. Плазмалы ағын өңделетін бетке әсер етеді. Осындайда доғаның және кесудің режімдерін, қарқынды қыздыру аймағының тереңдігі кесілетін қабаттың қалыңдығына сәйкес келетін етіп, ал дайындаманың беткі қабатын қалыптастыратын материалдың температурасын құрылымдық айналым басталатын температурадан едәуір төмен болатын етіп таңдап алады. Доғаның анодты түйісу дағы қыздырудың центрінде әрдайым болатын етіп плазмалы шілтерді орналастырады.

Плазмалы-механикалық өңдеуді қолданған кезде қанжарға ұқсайтын пішіні бар құйылатын жоңқа алынады. Бұл жоңқа білдекте жұмыс істейтін жұмысшыға қауіпті және айтылған жоңқа жоғары қарай көтеріліп плазмотронның шүмегін жауып қалуы мүмкін. Сондықтан кесуші құралда жоңқаны аулайтын бунақты қарастыру қажет. Плазмалы-механикалық өңдеуді қолданған кезде бөлінетін зиянды булар, әрбір қондырғыны жергілікті желдетуді жүйесімен қамтамасыз етуді талап етеді. Плазмалы-механикалық өңдеуді мынадай қиын өңделетін материалдарды кесу үшін қолданады: жоғары хромды материалдар; никельді және кобольтті қорытпалар; отқа төзімді болаттар; шынықтырылған болаттар.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. Конструкционные материалы: Справочник / Под общ. ред. *Б. Н. Арзамасова*. – М. : Машиностроение, 1990. – 688 с.

2. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік: Машина жасау/ *А. Қ. Құсайынов*. – Алматы: Рауан, 2000. – 288 б.

3. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік: Кен ісі және металлургия/ *А. Қ. Құсайынов*. – Алматы: Рауан, 2000. – 200 б.

4. *Чередниченко В. С.* Материаловедение. Технология конструкционных материалов: Учебное пособие для втузов. -2-е изд., перераб. – М. : Омега-Л, 2006. – 752 с.

5. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для студентов высших учебных заведений / *В. Б. Арзамасов, А. Н. Волчков, В. А. Головин* и др. – М.: Академия, 2007. – 446 с.

6. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов. *А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова* и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 664 с.

7. Технология металлов и материаловедение. Учебник для вузов. *Б. В. Кнорозов, Л. Ф. Усова, А. В. Третьякова* и др. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.

8. *Дриц М. Е., Маскалев М. А.* Технология конструкционных материалов и материаловедение. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1990.– 447 с.

9. Основы технологических процессов обработки металлов давлением / *С. Б. Сидельников, Р. И. Галлиев, Д. Ю. Горбунов* и др. – Красноярск: ИПКСФУ, 2008. – 129 с.

10. Технология процессов обработки металлов давлением / под ред. *П. И. Полухина*. – М.: Металлургия, 1988. – 408 с.

11. *Сидельников С. Б., Довженко Н. Н., Загиров Н. Н.* Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография / – М.: МАКС Пресс, 2005. – 327 с.

12. Основы производства и обработки металлов / *Г. Н. Еланский, Б. В. Линчевский, А. А. Кальменев*. – М.: МГВМИ, 2005. – 421 с.

13. *Щерба В. Н.* Технология прессования металлов / *В. Н. Щерба, Райтбарг*. – М.: Металлургия, 1995. – 372 с.

14. Непрерывное литье-прессование цветных металлов / *В. М. Сергеев, Ю. В. Горохов, В. В. Соболев, Н. К. Нестеров*. – М.: Металлургия, 1990. – 438 с.

15. Орысша-қазақша сөздік: Т.1/ *Ғ. Ғ. Мұсабаев*. – Алматы: Қазақ совет энциклопедиясының бас редакциясы, 1978. – 575 б.

16. Орысша-қазақша сөздік: Т.2/ *Ғ. Ғ. Мұсабаев, Н. Т. Сауранбаев*. – Алматы: Қазақ совет энциклопедиясының бас редакциясы, 1981. – 588 б.

17. *Чернякова А. А., Тойщубекова А. Ж.* Методические указания по проектированию технологического процесса литья в песчано-глинистые формы. – Алматы: АИИЖТ, 1988. – 26 с.

18. Ковка и объемная штамповка. Справочник в 4-х томах./ред. совет. *Е. И. Семенов* (председатель) и др. – М.: Машиностроение, 1986. Т.1 и 2. С. 568, 580.

19. *Аверкиев Ю. А., Аверкиев А. Ю.* Технология холодной штамповки. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

20. *Зубцов М. Е.* Листовая штамповка. Учебник для вузов. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1980. – 432 с.

21. *Нефедов Н. А., Осипов К. А.* Сборник задач по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1977. – 285 с.

22. *Тарасов В. В., Малышко С. Б., Горчакова С. А.* Технология конструкционных материалов: учебное пособие для вузов. – Владивосток: Мор. Гос. Ун-т, 2013. – 229 с.

23. *Катаев Р. Ф.*Сварка пластмасс: учебное пособие/ *Р. Ф. Катаев*. Екатеринбург:УГТУ-УПИ, 2008. – 138 с.

24. *Волков С. С.* Сварка и склеивание полимерных материалов: учебное пособие для вузов/ *С. С. Волков*. – М.: Химия, 2001. – 376 с.

25. Сварка полимерных материалов: справочник/ под ред. *К. И. Зайцева, Л. Н. Мацюк*. –М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе.....	3
1.	Металлургиялық өндірістің негізі.....	5
1.1.	Металл мен қорытпа шығаруға арналған материалдар.....	5
1.2.	Кенді домендік балқытуға дайындау.....	14
1.3.	Қазіргі заманғы домендік пештердегі негізгі физика-химиялық процестер.....	18
1.4.	Кеннен темірді тура тотықсыздандыру технологиясы.....	26
1.5.	Болат өндірісі. Өндірістің мәні.....	28
1.6.	Болат өндірудің мартен әдісі.....	33
1.7.	Оттекті конвертерлі тәсіл.....	38
1.8.	Болатты электр пеште өндіру.....	43
1.9.	Болатты пеш сыртында тазарту.....	52
1.10.	Болатты сауытқорамға құю және оның кристалдануы.....	54
1.11.	Болатты үздіксіз құю.....	60
1.12.	Болат өндірудің қайта балқыту процестері.....	62
1.13.	Алынатын болаттардың сипаттамасы және оларды қолданатын өндіріс аймақтары.....	68
1.14.	Түсті металдар өндірісі.....	71
1.14.1.	Алюминий өндіру.....	71
1.14.2.	Мыс өндіру.....	76
1.14.3.	Магний өндіру.....	81
1.14.4.	Титан өндіру.....	82
2.	Құю өндірісінің технологиясы	86
2.1.	Тетіктің, өлшемнің анықтамасы және өзара ауысымдылық туралы түсінік. Өңдеудің дәлдігі және өңделген беттің сапасы.....	86
2.2.	Өңдеудің басқа тәсілдерімен салыстырғанда металды қолданудың нәтижелігі.....	88
2.3.	Құю қорытпалары.....	92
2.4.	Қорамалық және өзектік қоспалар.....	95
2.5.	Құймаларды жасау тәсілдерін топтастыру.....	97

2.6.	Құмды қорамада құйманы жасау.....	98
2.7.	Машиналарда құю қорамасын жасаудың технологиясы.....	104
2.8.	Қабыршықты қорамаға құю.....	107
2.9.	Балқытылатын модельдер бойынша құю.....	110
2.10.	Темірқорамға құю.....	112
2.11.	Қысыммен құю.....	115
2.12.	Центрден теуіп құю.....	118
2.13.	Үздіксіз құю.....	121
2.14.	Құйманы жасау процестерін механикаландыру және автоматтандыру.....	124
2.15.	Сұр, жоғары беріктікті және соғылмалы шойындардан құймаларды жасау.....	128
2.16.	Құймаларды болаттан жасаудың ерекшеліктері.	129
2.17.	Құймаларды түсті металдардан жасаудың ерекшеліктері.....	130
2.18.	Құйманың сапасын бақылау. Құю ақауларын оңдау.....	132
3.	Металдарды қысыммен өңдеу өндірісінің технологиясы.....	134
3.1.	Металдарды қысыммен өңдеупроцестерін топтастыру. Металдарды қысыммен өңдеу тәсілдерімен бұйымды жасау үшін қолданылатын металдар мен қорытпалар. Өңдеудің болашақта дамуы. Илемдеу өндірісі.....	134
3.2.	Қаңылтыр илемдеу өндірісі. Ыстық және суық илемделен қаңылтырлы болатты өндіру.....	151
3.3.	Сортилемдеу өндірісі. Сортты пішіндерді өндіру. Рельс пен арқалықты өндіру.....	164
3.4.	Баспақтау туралы жалпы мәлімет және оның түрлері. Көлбеу гидравликалық баспақта баспақтау. Жартылай үздіксіз және үздіксіз баспақтау.....	176
3.5.	Профильдер, шыбықтар және құбырларды өндіру. Профильдерді баспақтаудың технологиясы. Жабдық және сайман. Ұяқалыпты жобалау.....	186

3.6.	Сымдау өндірісі. Сымдау түрлері. Өнім түржиыны. Құбыр, шыбық, сымтемірді сымдау. Жабдық және сайман. Сымтемірді сымдаудың технологиясы.....	191
3.7.	Соғу. Соғудың негізгі және қосымша операциялары. Соғудың температуралық аралығы. Жабдық және сайман. Ұсталық құймакесектер.....	198
3.8.	Ұсталық-қалыптау цехтарында металды кесу. Соғудың технологиялық процесін жасаудың сатылары.....	212
3.9.	Көлемдік қалыптау. ЫІстық және суық көлемдік қалыптау. Ашық, жабық және сығымдап қалыптау. Қалемдік қалыптауда пішіннің өзгеруі.....	216
3.10.	Қаңылтыр қалыптау. Бөлетін және пішін өзгертетін операциялар. Жабдық және сайман. Тетікті жасаудың технологиялық сұлбасын жасау.....	225
3.11.	Металбұйымды өндірудің қатар қолдану процестері. Металдарды қысыммен өңдеудің қиыстырылған операциялары. Түсті металдар мен қорытпаларды илемдеу мен баспақтауды қатар қолданып өңдейтін қондырғылары.....	235
3.12.	Құю мен металдарды қысыммен өңдеу процестерін үйлестіру. Құю мен илемдеуді үйлестіру тәсілімен бұйым өндіру. Құю-илемдеу агрегаттары. Құю мен баспақтаудың үздіксіз агрегаттары. Құюды, илемдеуді және баспақтауды үйлестіретін тәсілдер.....	242
4.	Дайындаманы механикалық өңдеу	250
4.1.	Кесумен материалдарды өңдеудің физика-механикалық негіздері.....	250
4.2.	Өңдеудің дәлдігі және өнімділігі.....	264
4.3.	Құрал жасайтын материалдар.....	266
4.4.	Металл кесетін білдек туралы жалпы мәліметтер	270

4.5.	Механикалық өңдеу цехтарында өндірісті автоматтандыру.....	273
4.6.	Машиналар тетігін жүзбен өңдеу.....	275
4.7.	Тіс кесетін білдекте тісті дөңгелек дайындамасын өңдеу.....	297
4.8.	Машина тетіктерінің технологиялығы	301
4.9.	Машиналар тетігін қажақпен өңдеу, ажарлау.....	306
4.10.	Машиналар тетіктерін таза өңдеу	314
5.	Жоңқаны алмай дайындаманың бетін өңдеу.....	320
5.1.	Бетті пластикалық деформациялау тәсілдерін жіктеу	320
5.2.	Бетті пластикалық деформациялағандағы физикалық құбылыстар	324
6.	Дайындаманы өңдеудің электрофизикалық және электрохимиялық тәсілдері.....	331
6.1.	Электржелінді өңдеу.....	331
6.2.	Электрхимиялық өңдеу	335
6.3.	Импульсті-механикалық өңдеу.....	339
6.4.	Сәулелі өңдеу.....	340
6.5.	Плазмалы өңдеу.....	342
	Библиографиялық тізім.....	344

Оқулық басылым

Серік Әкімұлы Мәшеков

МАТЕРИАЛТАНУ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ МАТЕРИАЛДАР ТЕХНОЛОГИЯСЫ

РБ бастығы *З. А. Ғұбайдулина*
Редакторы *Т. С. Жақсыбаева*
Компьютерде беттеген *А. Б. Аришова*

Басуға 30.09.2015 ж. қол қойылды
Таралымы 500 дана. Пішімі 60x84 1/16 № 1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 21,9 есепті-баспа табақ. Шартты баспа табақ 20,3.
Тапсырыс № 535. Бағасы келісімді

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің басылымы
Оқу-баспа орталығы, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-759-2