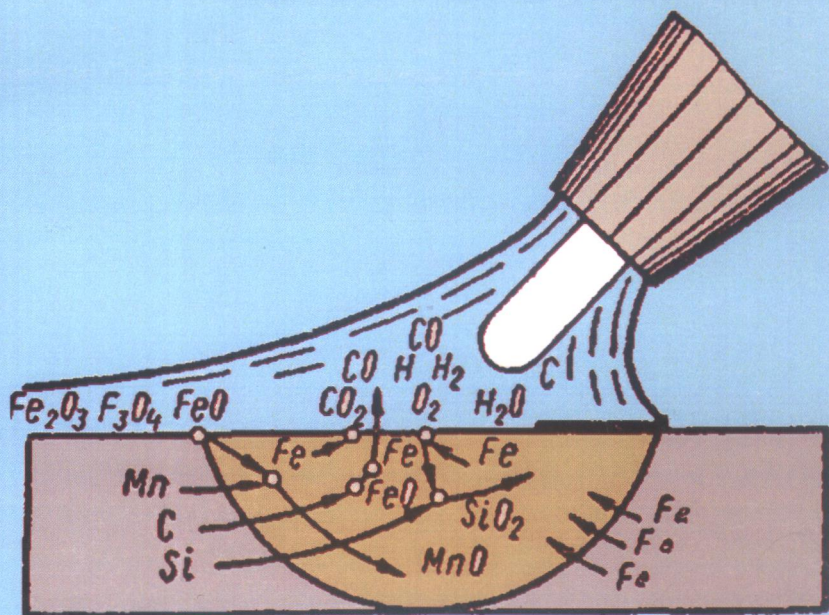


Ғ. Нысанбай

МЕТАЛДАРДЫ ГАЗБЕН ПІСІРУ ЖӘНЕ КЕСУ



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университеті**

Ғ. Нысанбай

МЕТАЛДАРДЫ ГАЗБЕН ПІСІРУ ЖӘНЕ КЕСУ

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы, 2011

ЖОК 669.0(075.8)

ББК 34.6 я 73

Нысанбай Ғ. Металдарды газбен пісіру және кесу. Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2011. –147 б.

Сурет – 34. Кесте –16. Әдебиеттер тізімі – 6.

ISBN 978-601-228-271-9

Оқу құралында газбен пісіру және кесу процесінің физикалық мәні, газбен пісіру материалдары, жабдық аспаптары жайлы түсініктер мен материалдар берілген. Негізгі көлемі газбен пісіру технологиясының теориялық негіздері және өнеркәсіпте кең қолданыс тапқан металл және қорытпаларды газбен пісіру технологиясы, тәсілдері және пісіру ережесі параметрлерін есептеу жолдары берілген.

Газжалынымен (оттекті) кесу процесінің физика-химиялық негізгі, металды оттекті кесу шарттары; қолдан және машинамен кесу технологиясы. Кесу машиналарының басқару жүйесі келтірілді. Әдетте газжалынымен кесуге келмейтін болат маркаларын оттегі-флюсті кесу процесінің физика-химиялық негізі. Мұнда қолданылатын қосалқы құрылым, флюстер, типті қондырғы құрылымы, жұмыс істеуі берілді.

Оқу құралда келтірілген материалдар газбен пісіру және кесу технологиясының теориясын игеруге және өндірісте қолдануға мүмкіндік береді. Жоғары оқу орны студенттеріне және пісіру өндірісінің бакалаврларына арналған.

Пікір жазғандар *Т.А. Кетегенов* – хим., ғыл. докторы, профессор;

Қ.Т. Көшербаев – техн., ғыл., канд., профессор;

С.С. Есқұлов – техн., ғыл., канд., доцент;

Е.Ғ. Аубакиров – техн., ғыл., канд. доцент.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2011 жылғы жоспары бойыншы басылды

ISBN 978-601-228-271-9

© Нысанбай Ғ.

© ҚазҰТУ, 2011

АЛҒЫ СӨЗ

Металдарды пісіру және термиялық кесу қазіргі өнеркәсіп, құрылыс, техника салаларында кең өріс алған технологиялық процесс. Пісіру технологиясында материалдың элементарлық бөлшектері өзара атом-молекулааралық байланысқа келіп, соның нәтижесінде екі бөлек материал біртұтас монолит болып жалғастырылады. Өндірілген жалғастың механикалық қасиеттері негізгі металл қасиеттеріне пара-пар болып қалыптастырылады. Пісіру процесі энергия және зат қолданумен өтеді, мұнда қолданылатын энергия түрлері арасында химиялық энергия елеулі орын алады. Әр түрлі жанар заттардың экзотермиялық жану реакциясының жылулық қуаты металдарды балқытып пісіруде және термиялық кесуде қолданылады. Газ жалынының жылулық қуатымен пісіру және кесу процесі қысқаша газбен пісіру, кесу деп аталады.

Газбен пісіру жұқа болаттан пісіру тәсілімен бұйымдар өндіруде және жөндеу жұмыстарында; шойын, қола, алюминий қорытпаларынан өндірілген құйма бұйымдардың ақаулықтарын жөндеуде; төмен және орташа диаметрлі (75-100 мм-ге дейін), қабырға қалыңдығы 4-5 мм-ге дейінгі құбырларды құрылғылауда; алюминий және оның қорытпаларын; мыс, жез, қола, қорғасыннан жасалған бұйымдарды пісіруде; болат және шойыннан жасалған тетіктердің үстіңгі бетіне жез және қоланы балқытып қаптастыруда; қаттылығы жоғары, үйкелістен тозуға қарсы төзімді қорытпалардан бұйым үстіңгі бетіне балқытып қаптастырылған қабат қалыптастыруда; дәнекерлеуде қолданылады. Техникада кең қолданылатын металдар, түгелдей дерлік газбен пісіруге бейімді.

Машинажасау, жөндеу жұмыстарында әр түрлі бөлшектер жасау; дайындамалар өндіру, құрылғылау жұмыстарында газбен кесу кең өріс алған технология. Жоғарыда айтылғандарға орай

машинажасау, құрылыс, металлургия салаларында бакалавр, магистрлер үшін металды газбен пісіру, кесу процесінің технологиясын жете білу бірінші қажеттілік қатарына жатады. Ұсынылып отырған оқу құралы осы мақсатта жазылды. Мұнда газбен пісіру және кесу процесінің теориялық негіздері, қолданылатын материал, жабдық және технологиясы келтірілді. Алайда, газбен пісіру және кесу технологиясы, қазіргі заманға тән инновацияға сәйкес, үздіксіз ілгері дамуда. Жаңа материалдар қолдану, техникалық жабдықтылуын жетілдіру бағытында ізденістер өнеркәсібі дамыған елдерде үздіксіз жүргізілуде. Сондықтан оқушы өз білімін осы саладағы ғылыми-техникалық жаңалықтармен ұдайы толықтыруға назар аударғаны жөн. Оқырман жастардың тек бір шығармамен шектелмей, осы бағыттағы басқа басылымдармен кеңінен таныс болуы шартты жағдай.

Оқу құралы – осы салада қазақ тілінде жазылған жоғары мектеп түлектеріне арналған тұңғыш еңбек. Жетілдіре түсуге арналған, орын алған олқылықтар жайлы айтылған пікірлерді автор зор ықыласпен қабылдайды.

Оқулықтың қол жазбасын оқып пайдалы пікір айтқан, кітапты баспаға дайындауға үлес қосқан барлық әріптестеріне автор шын жүректен алғысын білдіреді.

I ГАЗБЕН ПІСІРУ ПРОЦЕСІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ МӘНІ

Әрбір қатты немесе сұйық дене өзара ішкі байланыс күштермен байланысқан атом, ион немесе молекулалар жүйесі болып табылады. Элементарлық бөлшектер аралығындағы ішкі байланыс күші – коваленттік, иондық, молекулярлық және металдық байланыс күштері болып келеді.

Металдық байланыс – кристалдық құрылымда қалыптасады. Металдар кристалл құрылымды материалдар. Мұнда электрондарынан айырылған атомдар оң зарядты ион болып кристалл торының түйіндерінде орналасады. Атомның сыртқы орбитасынан босаған электрондар кристалл торы түйіндерінде орналасқан оң зарядты иондарға ортақ жағдайда болып, элементарлық бөлшектер аралық байланыс қалыптастырады. Атом аралық байланыс күштері гравитациялық, магниттік және электрлік күштерден құрылады. Металдарда электрлік күштер ең үлкен шамалы. Кристалл торы түйіндері аралық қашықтығы, тор түйіндерінің өзара әр түрлі орналасуы яғни кристалл торының типтері, атомдардың энергетикалық әсерлесуімен анықталады. Белгілі типті кристалл торында геометриялық реттілікті орналасқан атомдардың нақтылы температураға сәйкесті ара қашықтығы – кристалл торының параметрі. Металдардың басым көпшілігіне кристалл торының параметрі $(3 \div 5)10^{-8} \text{ см}$ болуы тән.

Кристалл торының параметрі тұрақты шама емес, ол атом аралық қашықтықтың орташа мәні. Атомдар өзінің орташалықты орнына қатынасты тербелісті қозғалыста болады. Нормалды температура жағдайында атомдардың тербеліс амплитудасы атомдар аралық қашықтығының орташа мәнінің $5 \div 10 \%$ құрайды және елеулі флуктуация орын алады.

Температура жоғарылаған сайын атомдардың жылулық тербелісі өседі, кристалл торының параметріде өседі де, нәтижесіне атом аралық байланыс әлсізденеді (байланыс күші кемиді) де, әр металға тән нақтылы температура шамасында

кристалл торы бұзылады, атомдар белгілі реттілікпен орналасуы орын алмайды. Металл сұйық күйге ауысады. Мұны металдың балқуы деп атайды. Аталған құбылысқа сәйкесті температура – балқу температурасы, нақтылы металл үшін физикалық константа.

Кристалл торы түйіндерінің қатаң реттілікпен орналасуы және олардың ортақ электрондар қозғалмалы өрісімен байланыстылығы қатты дененің (кристалл, металл) қасиетін анықтайды.

Шынайы кристалдар құрылымы, кристалдану жағдайына орай, толық жетілдірілмей, бір қатар кемістіктермен қалыптасады. Мысалы кейбір тор түйіндері атоммен толтырылмайды. Мұны «ойық» немесе «бос орын» болуы дейді. Әр түрлі қоспалар араласы да кристалл торын дұрыс қалыптасудан ауытқырады; элементар бөлшектердің өзара оптималды орналасуынан жекеленген немесе жүйеленген ауытқулықтар (дислокациялар, блокты әр бағыттылық), орын алады. Аталған себептердің бәрі реалды (шынайы) кристалдың қасиетін төмендетеді. Идеалды құрылымды кристалдың ішкі байланыс беріктігі реалды кристалдағыдан анағұрлым жоғары болып келеді. Әдетте өндірісте қолданылатын металдар құрылымы өзара монолитті тұтас байланысқан көптеген кристалдардан тұрады, яғни поликристалды құрылымды болып келеді. Бұл жағдайда әр кристалдың шеткі элементар бөлшектері іргелес элементар бөлшектерімен әсерлесіп, кристаллиттераралық шекара қалыптасады.

Кристалдық құрылымның кемелге жетілдірілмеуі кристаллиттер аралық межеде ішкі көлемдіктегіден басым. Себебі, кристалл торының түйіндер реттілігіндегі ауытқулармен қатар шекаралықта әр түрлі бөгде элементтер араласуы орталықтан жоғары болып келеді.

Кристаллиттердің үстіңгі бетінен ішкері орналасқан атомдарында байланыс күштері толық пайдаланылған және өзара теңестірілген. Үстіңгі бет атомдарының бос байланыс күштері бар, бұлар бөгде атомдармен байланысқа түсе алады. Жекеленген газ атомдарының үстіңгі бетте адсорбциялануы,

басқа қатты немесе сұйық дене атомдарымен әсерлесуі орын алады.

Екі қатты денені монокристалл тұтас дене етіп жалғастыру үшін олардың үстіңгі бет атомдары аралығында тікелей байланыс қалыптасуы немесе аралықты байланыс материалы арқылы жалғастыру шарт. Аралықты байланыс материалы жалғастырылатын денелердің әрқайсының үстіңгі бет атомдарымен тікелей байланысқа келеді. Денелердің үстіңгі бет атомдары арасында байланыс орын алуы үшін оларды кристалл торы параметрімен өлшемдес, яғни $(3 \div 5)10^{-8}$ см қашықтыққа жақындату керек.

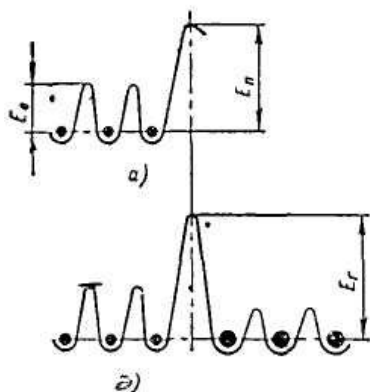
Қазіргі металл бұйым үстіңгі бетін әрлеу, жылтырату, өңдеу тәсілдері бет кедір-бұдырлығы (10^4 - 10^5) см шамасында тегістейді. Бұл ара қашықтық атомаралық байланыс күшін қалыптастыруға жеткілікті жақындатудан 10^2 - 10^3 шамасында артық. Сонымен бірге, жалғастырылатын аймақ үстіңгі бетінде бөгде элементтер қабаты (адсорбирланған газдар, тотық үлдірі, май, лас т.б.) орын алады. Сондықтан жалғастырылатын үстіңгі беттерді мұқият тазарту керек.

Пісірумен монокристалл жалғас қалыптастыру үшін жалғастырылатын бұйымның элементар бөлшектері аралығында физика-химиялық, атом – молекулаларлық байланыс күштері орын алуы керек.

Элементарлы байланыс күші әсерімен атом кристалл торы ішінде симметриялы бағытталған күштермен теңгерілген күйде тұрақталады. Дененің үстіңгі бетінде атом теңгерілмеген күйде болады, сыртқы ортамен байланыс күші әсерлі болмаған немесе күш әсері осал болғандықтан. Бұл құбылыс үстіңгі бет атом қабатының потенциалдық энергиясын E_{Π} өсіреді.

Сыртқы деформациялау факторы механикалық немесе жылу энергиясы жақындастырылатын денелердің үстіңгі атомдарының кері итеру күшінің әсерін жеңуге қарышталады. Үстіңгі бет атомдарының ара қашықтықтың кристалл торындағы атомаралық қашықтыққа жуықтаған кезде атом электрондық қабаттарының кванттық өзара әсерлесу процесі

орын алады. Осыдан соң жүйенің жалпы энергиясы тұтас кристалл торы энергиясына сәйкестілікке келіп E_0 -ға дейін төмендейді. Нәтижесінде монокристалл жалғас қалыптасады.



1-сурет. Кристалл үстіңгі бет атомдар жүйесінің потенциалдық энергиясының энергетикалық кедергісі

а) кристалл үстіңгі бет атомдарында; б) қатты және сұйық фазалар шекарасында, олардың өзара әсерлесуінің бастапқы кезеңінде

E_n үстіңгі қабат атомдарының потенциалды энергиясы. E_r энергетикалық кедергіні жеңуге келтірілетін жылу немесе механикалық энергия.

Пісірілген жалғас қалыптасуының сатылары. Пісіруді топохимиялық реакциялар тобына жатқызуға болады. Топохимиялық реакцияларда микроаумақта берік жалғас қалыптасуы екі кезеңде өтеді. Микрокөлемде пісіру процесі үшінші кезеңде – көлемдік диффузиямен аяқталады.

Іс жүзінде монокристалл жалғас қалыптасу процесін күрделікке әкелетін екі фактор бар:

- пісіруге арналған бұйымдардың үстіңгі беті микрокедір-бұдырлы. Сондықтан олардың өзара физикалық түйісуі жекеленген нүктелерде ғана орын алады;
- пісірілетін бұйым беттері бөгде атом, молекулалармен ластанған болып келеді. Қатты дененің үстіңгі бетінде

қоршаған ортадан адсорбиrolанған атомдар және тотық үлдір қабат қалыптасқан болып келеді.

Сапалы жалғас орын алуы үшін үстіңгі беттерді басым бөлігінде немесе түгелдей түйісуге келтірілу шарт. Мәселені карапайымдату үшін үстіңгі беттегі бөгде ластану, тотықтарды қарастырмайық. Екі қатты дененің үстіңгі беттерін бастапқы жағдайдан (микрокедірі-бұдырлы), шекаралық кристалдардың үстіңгі бетте толық өзара әрекеттесуге жеткізу үшін қысымдаушы күш Р әсер етуі керек.

Бұл күш әсерімен бұйымның үстіңгі беттерінде пластикалық деформация орын алып, микрокедір-бұдырлардың жаншылып тегістелуі шарт.

Қарастырылып отырған жағдайда (металл үстіңгі беті ластанбаған, кедір-бұдырлық жойылған), екі бет аралығында үстіңгі бет энергиясын айырмашылық межесі жоқ, осыған орай үстіңгі беттер аралығында байланыс енді өздігінен орнығуы мүмкін боп көрінуі мүмкін. Іс жүзінде олай емес. Айтылған жағдайда жалғас қалыптастыру үшін энергия қарышталуы қажет. Энергия қарыштамай пісіру процесі жүрмейді. Бұл энергия үстіңгі бет атомдар жүйесінің потенциалдық энергиясына сәйкесті энергетикалық тосқауылдан өту үшін қажет. Сонда ғана үстіңгі бет атомдары кристалл торы параметріне пара-пар қашықтыққа жақындатылады да, электрон өрістерінің әсерлесу мүмкіндігі, осыған орай энергия деңгейінің металды пісірумен жалғастырылуын сипаттайтын шамаға дейін төмендеуі орын алады.

Жоғары айтылғандарға сәйкесті қатты денелердің (металл), үстіңгі беттерінің біртұтас болып жалғасуында бөлшектер аралығында берік байланыс қалыптасуы екі сатылы өтеді:

- физикалық түйіспеленудің өрістенуі (элементар бөлшектер өзара әсерлесуі орын алатын аралыққа жақындату);
- жалғасу процесі өтетін энергетикалық әсерлесу.

Үстіңгі қабатты белсендіру үшін үстіңгі бет атомдарына белгілі бір шамалы энергия беріледі. Бұл энергия дене атомдары мен сыртқы орта атомдары аралығындағы байланысты үзу, дене атомдарының сыртқы орта атомдарымен қаныққан байланыс

күштерін босату; үстіңгі бет атомдарының энергиясын өзара байланысқа келуге кедергі энергия деңгейіне көтеру, яғни үстіңгі бет атомдарын белсенді күйге келтіру үшін керек. Белсендіру энергиясы дененің үстіңгі бет атомдарына жылу, серпімді пластикалық деформация, электрон сәуле әсері түрінде беріледі.

Үстіңгі бет атомдары арасында байланыс күштері әсері орын алып берік жалғас қалыптасқан соң көлемдік диффузиялық процестер орын алады. Бұл пісіру процесінің үшінші сатысы.

Металл атомдарын пісіруге қажетті ара қашықтыққа жуықтау үшін жоғары температураға қыздыру мен жоғары қысым қолдану немесе пісірілген металл жиектерін балқытып кристалдандыру қолданылады. Соңғы тәсілді балқытып пісіру деген жалпы атпен атайды. Бұған электрдоғалы, газжалынымен (газбен), электрқожды, электронсәулелі пісіру тәсілдері жатады. Балқытылған жалғастырылатын металл жиектері балқытылған қосымша металмен араласып кристалданады. Кристалдану заңдылықтарына орай монокристалл пісірілген жік металы қалыптасады. Негізгі және қосымша металдардан тұратын балқытылған металл көлемі пісіру ваннасы деп аталады.

Пісіру ваннасы салқындау нәтижесінде кристалданып пісірілген жік қалыптасады. Газ жалынымен пісіруде оның жылу қуаты металл жиектері мен қосымша металдың шағын көлемде және тез балқуын қамтамасыз ететін энергия көзі болып табылады. Жанар газдар ауада да жалындайды, бірақ олардың бұл жағдайда жану қарқыны, сәйкесті жылу бөлу қарқындылығы пісіру талаптарына қажетті шамадан төмен болып келеді. Сондықтан жанар газдарды оттегінде жандырады, сонда газдың жану қарқындылығы және жалынның жылу беру қарқындылығы өседі.

Газ жалыны металды пісірумен қатар, кесу, дәнекерлеу, түзету және әр түрлі технологиялық мақсаттарда жұмыстарын жүргізуде қолданылады. Бұл жұмыстар жинақты түрде металды газ жалынымен өңдеу болып аталады. Ұсынылып отырған оқу құралы – тек газ жалынымен пісіруді және кесуді қамтиды.

Металдарды газбен пісіру процесінде жанар газ жалынының жылу қуаты пайдаланылады. Жанар газ ретінде әдетте көмірсутектер қолданылады. Бұлар арасында ең жоғары жалын температурасын беретін газ ацетилен, химиялық формуласы C_2H_2 . Ацетилен жалынының температурасы 3100-3400 К.

Газбен пісіруде жалын қуатының пісіру аумағында шоғырлануының мәні зор. Жылу қуаты негізінен пісірілетін металл жиектерін және қосымша металды балқытуға қарышталуы қажет және металды балқу температурасына дейін қыздыру өте тез өту қажет. Себебі жалын жылулығы металға тікелей жанасу арқылы берілетіндіктен уақыт ағымында металдың қыздырылу аумағы ұлғайып, металдың термиялық деформациялануы орын алады. Балқу температурасына дейінгі қыздырылуда металда құрылымдық өзгерістер орын алады да металл қасиеттері де құбылады. Бұл құбылыстар металдың морттануына, сызаттануына, қаттылығының өсуіне алып келуі орын алады. Осындай оңтайсыз металл қасиетінің өзгеруі металл сапасының төмендеуі деген жалпы түсінікпен сипатталады.

Газ жалынымен пісіру, кесу жанар газ, оттектен қатар қосымша арнайы материалдар, жабдық, аспап қолдану арқылы жүргізіледі.

Газжалынымен өңдеу жұмыстары (дәнекерлеу, қыздырып түзету, пісіру) ертеден белгілі болған. Ол кездерде газ жалынының температурасы төмен ($2000^{\circ}C$) болғандықтан газжалынымен пісіру тек балқу температурасы төмен металдарды (қорғасын, т.б.) пісіруде қолданған.

1885 ж. Франция ғалымы Анри Луи Ле Шателье ацетиленді оттегінде жандырып температурасы $3100^{\circ}C$ жалын алды. Арада біраз жыл өткен соң Эдмон Фуше мен Шарль Пикар ацетиленді оттегінде жандыратын шілтер жасады. Мұнда газ жалынының температурасы $3110^{\circ}C$ -қа жеткен. Қазіргі газ шілтерінің құрылымы Эдмон Фуше мен Шарль Пикар шілтер құрылымына сәйкесті, айрықша ерекшеліксіз. Ресейде газжалынымен пісіру 1906 ж. қолдана бастады да автогенді пісіру деп аталды. «Автос» (грек) – өзім, генес (грек) – пайда болу деген сөздерден

алынған. Ұсталық пісіруден – металды көрік басып қыздырып, балғамен соғып пісіруден газбен пісірудің едәуір жеңіл екенін көрсетеді. Термин «Автоген» ескірді, 1950 ж. бері «газжалынымен пісіру» немесе «газбен пісіру» терминдері қолданылады.

Газжалынымен пісіру жұқа болаттан пісіру арқылы бұйымдар өндіруде және жөндеу жұмыстарында қолданылады; шойын, қола, алюминий қорытпаларынан өндірілген құйма бұйымдарды жөндеуде; диаметрі төмен және орташа (75...100 мм-ге дейін) қабырға қалыңдығы 4...5 мм-ге дейін құбырларды құрылғылауда, алюминий және оның қорытпаларын мыс, жез, қорғасыннан жасалған бұйымдарды пісіруде; болат, шойыннан жасалған тетіктердің үстіңгі бетіне жез және қоланы балқытып қаптастыруда; қаттылығы жоғары үйкелістен тозуға төзімді қорытпалармен балқытып қаптастыруда қолданылады.

Техникада кең қолданылатын металдар түгелдей дерлік газбен пісіруге бейімді. Ертеректе, электрдоғасымен пісіру технологиясы және пісіру материалдары қазіргі деңгейге жетілдірілмеген кезде шойын, мыс, жез, қорғасын электрдоғасымен пісіруден гөрі газбен пісіруге бейімді болып саналатын. Қазір бұл көзқарас электрдоғасымен пісіру пайдасына өзгерді. Сонда да газбен пісіруге тән тиімділікке орай бұл тәсіл қазірде кең қолдану табуда. Қолданылатын жабдық, саймандар қарапайым, күрделі емес, энергиямен қамту жүйелері дербес, металды қыздыру және суыту жылдамдығын реттеу шегі ауқымды болғандықтан газбен пісіру, жөндеу, құрғылау жұмыстарында қолданылады.

Қалыңдығы 6 мм-ден аса болаттарды пісіруге газжалынымен пісіру сирек қолданылады.

Газбен пісіру және кесу процесінің технологиясы үздіксіз жетілдіруде. Жаңа материалдар қолдану, техникалық жабдықтауын жетілдіру, механизациялау, автоматтандыру бағытында ізденістер мен жетілдірулер өнеркәсібі дамыған елдерде үздіксіз жүргізілуде.

Газбен пісірудің мынадай басымдылықтары бар:

– жабдықтары күрделі де, қымбат та емес қарапайым, энергия көзінде қолдануға қолайлы;

– жалын қуатын реттеу шегі кең ауқымды, шілтер мен пісіру аумағының аралығын реттеу мүмкіндігі бар, осыған орай металды қыздыру және салқындату жылдамдығын елеулі шекте өзгертіп реттеу мүмкін.

Газбен пісірудің кемшіліктері де бар. Мұнда жылулық шоғырлануы электрдоғасынан төмен. Сондықтан металды пісіру температурасына дейін қыздыру жылдамдығы төмен, ал термиялық әсер аумағы ауқымды. Термиялық әсер аумағының ені пісірілген жалғастың механикалық қасиеттеріне әсер етеді. Металды қыздыру жылдамдығының төмен болуына сәйкесті қыздырылған аумақ көлемді болып металдың деформацияланған ауданы өседі. Газбен пісіру процесінің өнімділігі электрдоғалы пісіру өнімділігінен төмен. Металл қалыңдығы өскен сайын, пісіру өнімділігі де кемиді. Мысалы, қалыңдығы 1 мм болатты газбен пісіру жылдамдығы 10 м/сағ. шамасында, ал металл қалыңдығы 5 мм болғанда – 2,5 м/сағ. Осы себепті қалыңдығы 4 мм-ден артық болатты газбен пісірудің өнімділігі электрдоғалы пісіруден төмен. Сондықтан қалыңдығы 4-5 мм-ден артық болатты электрдоғалы тәсілмен пісіру тиімді.

Газбен пісіру процесін механизациялау және автоматтандыру өте күрделі іс, сондықтан газбен пісіру қазіргі уақытта да негізінен қолдан жүргізіледі.

Ацетилен және оттегінің бағасы электрдоғалы пісіруде электрэнергиясы бағасынан артық.

Газбен пісіру тәсілімен техникада кең орын алатын металдарды түгелдей пісіруге болады. Осы қасиетіне орай және жабдықтарының қарапайымдылығын қоса ескергенде газбен пісірудің басқа тәсілдері арасында лайықты орын алады.

Металды газжалынымен өңдеуде кең ауқымды қолданылатын тәсілдің бірі – газбен ажыратып кесу. Газбен кесу алдын ала газжалынымен жану температурасына дейін қыздырылған металдың оттеkte жану процесіне негізделген. Сондықтан газбен кесуді оттекті кесу деп те атайды. Бұл

технология XX ғасырдың басынан бері қолданыла бастады. Қазіргі уақытта газбен кесу металл өңдеу өнеркәсібінің барлық саласында және құрылыста кең қолданылатын технология. Оттекті кесу қолдан да, машинамен де жүргізіледі. Газбен пісірумен салыстырғанда газбен оттекті кесуде механизациялау, автоматтандыру деңгейі жоғары. Мұнда жұмысты автоматтандыру кесуге жататын металды пішімдеу, мөлшерлеуден бастап кесу процесін жүргізуді қамтиды. Осыған орай еңбек өнімділігі, кесу дәлдігі және сапасы жоғары.

Қазіргі өнеркәсіпте металды термиялық кесудің бірнеше (электрдоғалы, плазмалы, лазерлі т.б.) тәсілдері бар. Сонымен қатар, газбен оттекті кесу технологиясы өндірісте кең қолдану табуда және ұдайы жетілдірілуде.

II ГАЗБЕН ПІСІРУ МАТЕРИАЛДАРЫ

Газбен пісіру, кесу технологиясы күрделі процесс және оны жүргізу үшін арнайы материал, аспап, жабдықтар керек. Материалдар арасында бастамалық орында оттегі мен жанаргаздар және жанар сұйық денелер (олардың буы) тұрады.

Оттек. Жерде ең мол үлесті орын алатын элемент. Ол жер қойнауында әр түрлі элементтер мен химиялық қосындылар түрінде кең тараған. Су құрамында сутекпен қосынды және судың 86 %-ға жуық массалық үлесін алады. Атмосферада бос күйінде 20,93% көлемдік үлесті, 23,15% массалық үлесті. Оттек халық шаруашылығында зор орын алады. Газжалынымен өңдеу технологиясында ең қажетті материалдар қатарына жатады.

Нормалды (әдеттегі) жағдайда оттек түссіз, иіссіз және дәмсіз газ. Оттек жанбайды, алайда жану процесін қарқынды өрістетеді.

Оттек химиялық белсенділігі жоғары элемент. Ол инертті газдардан басқа барлық элементтермен химиялық қосынды түзейді. Оттектің органикалық заттармен реакциясы экзотермиялық айқын сипатты өтеді. Қысымдалған оттек май немесе аса майда қатты жанғыш дене түйіршіктерімен әсерлесуінде тотығу процесі заматта өтеді және бөлінген жылу

заттардың лезде жануына алып келеді де өрт және қопарылыс қауіпі туындайды. Оттек жабдықтары және аппараттарымен жұмыс істеуде айтылған жәйт мұқият ескеріледі. Оттектің айрықша қасиеттерінің бірі – сұйық жанарзат буы және жанаргаздармен кең ауқымды шек аралығында қопарылыс туындайтын аралас беруі. Бұл жағдайдың газжалынын қолдануда еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін мұқият ескерілуі шарт.

Оттек химиялық қосындыларынан химиялық тәсілмен бөлек шығару, суды электрлі ыдырату нәтижесінде және физикалық тәсілмен ауадан бөлініп өндіріледі.

Химиялық тәсіл – әр түрлі қосындылардан химиялық реакциялар арқылы оттекті өндіру өнімділігі және экономикалық тиімділігі төмен тәсіл. Бұл процесс зертханалық тәжірибелер шегінде орын алады.

Суды электрлі ыдырату – ток әсерімен суды оның құрамына, оттек және сутекке ыдырату тәсілі электрлі ыдыратқыш – электрлизер боп аталатын арнайы аппараттарда жүргізіледі. Электрөткізгіштігін өсіру үшін күйдіргішнатр (NaOH) қосылған судан тұрақты ток өткізілу нәтижесінде анодқа оттек, катодта сутек жинақталады. Процестің олқылығы электрэнергиясының қарышталуы жоғары. 1 м^3 оттек өндіру үшін (қосымша 2 м^3 сутек алынады) ($12\text{-}15 \text{ кВт}\cdot\text{сағ}$) электрэнергия қарышталады, бұл $43,2\cdot 10^3$ -ден $54\cdot 10^3 \text{ кДж}$ -ға пара-пар энергия. Бұл тәсіл арзан электрэнергия көзі бар және оттекпен қатар сутекте пайдаланылған жағдайда тиімді.

Физикалық тәсіл – ауаны терең салқындату арқылы сұйық күйге келтіру және сол күйіне орай оны құрамына жіктеуге (ректификациялау) негізделген. Атмосфера ауасы негізінен үш газдың араласы, мұнда көлемдік үлесте $78,09 \%$ азот, $20,93\%$ оттек, $0,93 \%$ аргон және $0,05\%$ шамасында көмір қышқыл газ, сутек, басқа да сирек газдар бар. Ауа терең салқындату нәтижесінде сұйық күйге көшеді. Әдеттегі ауа қысымы жағдайында ауаның сұйық күйге көшуі $81,35 \text{ К}$ пен $79,45 \text{ К}$ аралығында өтеді. Оттек пен азоттың қайнау температурасының

алшақтығына орай сұйытылған ауадан оттекті және азотты бөліп шығаруға болады.

Оттектің қайнау температурасы $T_{\text{қай}} \text{H}_2 = 90,18 \text{ K}$, азоттың қайнау температурасы $T_{\text{қай}} \text{N}_2 = 77,4 \text{ K}$ (қысым 0,1 МПа).

Суытылған ауаны келе-келе буландыруда алдымен азот буланады да, сұйық ауа оттекке байытылады. Бұл процесті көп рет қайталау нәтижесінде жоғары тазалықты азот және оттек бөлінеді. Бұл тәсілмен оттекті шектеусіз көлемде өндіруге болады және өндірістік негізгі мәні бар тәсіл. Ірі қондырғыларда аргонның да бөлінуі іске асырылады.

Техникалық газ оттек үш сорт болып өндіріледі. 1-сортта оттек 99,7%-тен кем емес, нақтылы тазалығы 99,9% барады; 2-сортта оттек 99,5%-дан кем емес; 3-сортта – 99,2% O_2 төмен емес. Қалған құрам аргон және азот. Оттектің барлық сорттарында ылғал (су) мөлшері $0,05 \text{ г/м}^3$ -ден артпайды ($293,15 \text{ K}$ және 0,1 МПа абс.).

Газ күйіндегі оттек болат сауыттарда (баллон) сақталып, тасымалданады. Кең қолданылатын баллонның көлемі сумен алғанда $40\text{-}55 \text{ дм}^3$, ал ішкі қысымы 15 МПа (293 K -те). 15 МПа қысымда көлемі сумен өлшенгенде 40 дм^3 баллонда 6 м^3 оттек болады. Оттек 3-3,5 МПа қысыммен құбыр арқылы да тасымалданады. Автотартқыштардың тіркестеріне орнатылған мол көлемді баллондарда – реципиенттерде де тасымалданады. Бұларда қысым 16,5-20 МПа болып келеді. Баллондағы жоғары қысымды газды пісіруде пайдалануды қамтамасыз ету үшін газ қысымын реттеуші және қысым шамасын жұмыс барысында тұрақты ұстайтын арнайы аппарат – редуктор қолданылады.

Жанар материалдар. Металдарды газжалынымен өңдеуде әр түрлі жанаргаз және жанар сұйық заттардың (керосин, бензин) булары пайдаланылады. Булардың оттегінде жану нәтижесінде жоғары температуралы жалын қалыптасады. Газжалынын қалыптастыруда жиі қолданылатын газдар – ацетилен, сутек, метан, бутан, пропан және соңғы екеуінің

араласы, табиғи газ, бензин, керосин (соңғы екеуі сұйық заттар). Булардың арасында басымды қолданылатыны – ацетилен.

Сутектен басқа жанаргаздар химиялық құрамы бойынша көмірсутекті қосындылар немесе әр түрлі көмірсутектілер араласы, соңғы жағдайда құрамында сутек, көміртек, жанбайтын қосындыларда кездесуі мүмкін. Көп жағдайда, әсіресе металды аса жоғары температураға қыздыру қажет емес болғанда, ацетиленнен арзан газдар: пропан, бутан және булардың араласы қолданылады. Бұл газдарды ацетиленнің орнына жүретін газдар деп атайды. Ацетилен орнына жүретін газдарды металды кесуде, жеңіл балкитын металдарды пісіруде, дәнекерлеуде, үстіңгі бетті шынықтыруда, бұйым үстіңгі бетіне бейметалл материалды тозандатып қаптастыруда, металды ию, түзету мақсатында қыздыруда, металл үстіңгі бетін жалынмен тазартуда қолдану тиімді. Ацетилен орнына жүретін газдың жылу әсерлілігі алмасу коэффициенті ψ мен сипатталады. Алмасу коэффициенті (ψ) металға келтірілген жылулық әсері бірдей болған жағдайда ацетилен орнына жүретін газ қарышталуының (V_r) ацетилен қарышталуына (V_a) қатынасына тең.

$$\psi = \frac{V_r}{V_a},$$

мұндағы ψ – алмасу коэффициенті; V_r – нақтылы газдың қарышталуы; V_a – ацетилен қарышталуы. V_r, V_a шамалары жылу эффекті бірдей болған жағдайға сәйкесті алынған.

Нақтылы металды пісіру немесе кесуде ацетиленнің қарышталуы $\text{м}^3/\text{сағ}$ белгілі болса, онда алмасу коэффициенті ψ арқылы екінші газдың қарышталу мөлшерін табуға болады.

Мысалы, болатты кесу үшін $V_a = 1500 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ ацетилен қарышталады. Ацетиленнің жылу өндіргіштігі $Q_a = 12600 \text{ ккал/м}^3$. Метанның жылу өндіргіштігі $Q_m = 8200 \text{ ккал/м}^3$. Ацетиленді метанмен алмастыру коэффициенті ψ_m мәні төменде келтірілді.

$$\psi = \frac{Q_a}{Q_m} = \frac{12600}{8200} = 1,54.$$

Сонда болатты кесу үшін метанның қарышталуы

$$V_{\text{м}} = \psi_{\text{м}} \cdot V_{\text{а}} = 1,54 \cdot 1500 = 2300 \text{ дм}^3/\text{сағ.}$$

Пісіруде жұмыс өнімділігін арттыру үшін $\psi_{\text{м}} = 1,8$ деп алу ұсынылады. Айтылғандардан ацетиленді басқа газбен алмастыру ұдайы орын алатын мүмкіндік екен деген түсінік туындамауы керек.

Ацетилен орнына жалын температурасы төмен газды қолдану мүмкін емес жағдайда орын алуы ықтималды.

1-кестеде жанаргаздар сипаттамасы келтірілді.

1-кесте

Жанаргаздар сипаттамасы

Жанаргаз аталуы	Тығыздығы 293 К пен 0,1 МПа (абс) кг/м ³	Жану жылулығының төменгі мәні 293 К пен 0,1 МПа (абс) кДж/м ³	Оттекпен аралас жануда жалын температурасы, К	Металды кесуге ацетиленге алмасу коэффициенті, ψ
1	2	3	4	5
Ацетилен (C ₂ H ₂)	1,09	52800	3420	—
Сутек (H ₂)	0,084	10100	2370	5,2
Табиғи газ – саратовтан (94CH ₄ ; 1,2C ₂ H ₆ ; 0,7C ₃ H ₈ ; 0,4C ₄ H ₁₀ ; 0,4C ₅ H ₁₂ ; 3,3N ₂)	0,72	35600	2270-2470	1,6–1,8
Пропан техникалық (C ₃ H ₈)	1,88	87200	2970–3270	0,6

1-кестенің жалғасы

Бутан техникалық (C_4H_{10})	2,52	116500	2770–2870	0,5
Пропан-бутан араласы ($85C_3H_8$; $12C_4H_{10}$; $3C_2H_6$)	1,92	93000	2870–3170	0,6
Бензин (сұйық)	0,70–0,76 $кг/дм^3$	42700–44300	2770–2870	1,2 $кг/м^3$
Керосин (сұйық)	0,80–0,84 $кг/дм^3$	42000–42700	2670–2720	1,3 $кг/м^3$

Жану жылулығының төменгі мәні дегеніміз – 293 К пен 0,1 МПа қысымда 1 $м^3$ немесе 1 кг жанар газдың толық жануында бөлінген жылулық шамасы $кДж/м^3$, немесе $кДж/кг$. Таза көмірсутекті және сутек үшін физикалық константа. Күрделі газ араластары үшін қосылыстардың химиялық формулалары белгілі болғанда есептеп шығарылады.

Ацетилен. Металды газжалынымен өңдеуде қолданылатын негізгі, әмбебапты газ. Химиялық формуласы C_2H_2 құрылымы $H - C \equiv C - H$. Әдетте газжалынымен өңдеуде қолданылатын ацетилен түссіз, айрықша иісті газ. Оның иісті болуы құрамында күкіртсутек (H_2S) және фосфорсутек (PH_3) болуына байланысты. Аталған газдар ацетиленді кальций карбидінен өндіруде араласады. Кальций карбидінің құрамында күкірткальций (CaS) және күкіртфосфор (Ca_3P_2) қосындылары болатындықтан. Ацетилендегі қосынды араластар H_2S және PH_3 ацетиленнің қопарылыстық қауіптілігін арттырып денсаулыққа зияндылығын өсіреді.

Ацетиленнің басқа жанаргаздармен салыстырғанда жылуфизикалық көрсеткіштері жоғары. Сол себепті металдарды газжалынымен өңдеуде негізгі жанаргаз болып табылады. Ацетиленнің молекулярлық массасы 26,038. 0,1 МПа қысым

273,15 К температурада 1 м³ ацетилен массасы 1,173 кг. Өздігінен жалындау температурасы 553–573 К. Жану жылулығының төменгі шегі 293 К және 0,1 МПа (абс) да 52800 кДж/м³. Оттекпен араласта жалын температурасы 3420 К-қа дейін көтеріледі.

Ацетилен сұйық және қатты күйінде қопарылыстық қаупі аса жоғары болғандықтан техникада қолданылмайды.

Ацетилен ауада араласуда 2,3-тен 93% аралықта қопарылыстық қауіпті, әдеттегі қысым жағдайында да қопарылыс беруі мүмкін. Мыс тотығы ацетиленнің өздігінен жану температурасын 240⁰С-ге дейін төмендетеді. Мыспен химиялық әсерлесу нәтижесінде қопарылыс беретін қосындылар түзейді. Сондықтан ацетилен жабдықтарын жасауда құрамында мыс 70%-дан артық қорытпаларды пайдалануға болмайды. Ацетиленнің қопарылыстық қауіптілігі ол сұйық заттарда ерітінділенгенде төмендейді, әсіресе ацетиленнің ацетондағы ерітіндісінің қопарылыстық қаупі төмен болып келеді. Оттекпен араласта ацетилен 573 К-қа қыздырылуда қопарылыс береді. Құрамында 30 % шамасында ацетилен, 70 % оттек бар араластың қопарылыстық қауіптілігі ең жоғары.

Ацетиленнің маңызды қасиеттерінің бірі – оның кейбір сұйық заттарда еритіндігі. Қалыпты жағдайда 1 көлемдік суда 1,15 көлем С₂Н₂ ериді. Техникалық ацетонның (СН₃)₂СО 1 көлемінде, температура 293 К қысым 0,1 МПа жағдайында, 20 көлемге дейін ацетилен ериді. Қысым 0,1 МПа-дан артқан сайын ацетиленнің ацетонда еру шамасы да өседі. Ацетиленнің бұл қасиеті оны сақтау, тасымалдау баллондарында тиімді қолданылады.

Техникалық ацетилен екі тәсілмен алынады:

1) кальций карбидінен;

2) табиғи газ, мұнай, көмір және шымтезексланецті өңдеуде қалыптасатын көмірсутекті өнімнен.

Бірінші тәсілмен ацетилен арнайы аппарат-ацетилен генераторында жұмыс атқару аумағында (генератор газжалынынан 10 м-ден кем емес қашықтықта орналастырылады) бір ауысымды жұмыс мерзіміне жеткілікті

шамада ғана өндіріледі. Екінші тәсілмен өндірілген ацетилен арнайы болат баллонда сақталып, тасымалданып пайдаланылады. Баллонда ацетилен ацетонда ерітінді күйінде болады.

Газжалынымен пісіру процесіне қажетті материал оттек және жанаргазбен шектелмейді. Пісірілген жікті белгілі тұлғалы, мөлшерлі қалыптастыру, жікте әр түрлі ақаулықтар болуына жол бермеу, жік металының белгілі құрамды және құрылымды болып қалыптасуын қамтамасыз ету үшін қолданылатын материалдар – қосымша сым, флюс – бар. Бұл материалдардың қолданылуы технологиялық процеске тығыз байланысты. Сондықтан қосымша сым, флюс жайлы мәліметтер толығырақ пісіру технологиясында беріледі.

Метан – түссіз және иіссіз газ. Ауада концентрациясы 5...15% аралығында болғанда қопарылыс береді. Табиғи газдар құрамына енеді және таскөмір, мұнай өндіруде, оларды өңдеуде қосалқы орын алады.

Пропан – түссіз, жағымсыз иісті газ, мұнай өнімдерін өңдеуде алынады. **Бутан**да мұнай өнімдерін өңдеуде алынатын түссіз, иіссіз газ. Ауада 1,5...8,5% араласы қопарылыс береді. Пісіруде пропан мен бутан араласы пайдаланады, бұл аралас мұнай өнімдерін өндіруде қосалқы өнім болып табылады. Пропан, бутан және бұлардың араласы пісіру жұмыс орнына арнайы болат баллондарда сұйықталған күйінде 1,6 МПа қысымда сақталып келтіріледі.

Бензин мен керосин – сұйық жанар заттар, бұлар газдардан арзан, қопарылыстық қауіптілігі төмен. Пісіру шілтерінде тікелей буға айналдырылады. Ол үшін шілтердің үштігіне жақын аумағы арнайы жанама арнамен келтірілген жалынмен қыздырылады. Осыған орай шілтер құрылымы күрделенеді. Пісіру шілтерлерінде октан саны төмен (мысалы А-66) бензиндер қолдану ұсынылады. Этилденген бензин қолдануға тыйым салынған. Керосин тазартылған, әдетте жарық беруге қолданылатын, алдын ала киізден және күйдіргіш натр NaOH түйіршіктерінен өткізу арқылы механикалық түйіршіктер, шайыр, ылғалдан (судан) тазартылады.

Кокс газ – түссіз, күкіртсутек (шіріген жұмыртқа) иісті газ. Таскөмірден кокс өндіруде қалыптасады. Құрамында улы зиянды қосындылар болуы мүмкін. Пісіруде қолдану үшін алдын ала күкіртсутек және шайырлы заттардан тазартылады.

Мұнай және пиролиздік газдар – түссіз, күкіртсутек иісті болуы ықтимал. Бұлар мұнай және мұнай өнімдерін өңдеуде алынады. Бастапқы шикізат құрамына байланысты құрамы кең ауқымды шекте өзгерісті болып келеді. Құрамы мен қасиеттері бір-біріне ұқсас. Пісіруде қолдану үшін шайырлы қосындылардан, күкіртсутектен тазартылады. Пайдалану орнына болат баллондарда (қызыл түске боялған) немесе құбырлармен сұйықталған күйінде 15 МПа қысыммен беріледі.

Жоғарыда келтірілген сипаттамалардан өндіру ыңғайлығы және жалынның жылулық көрсеткіштері бойынша ацетилен металды газбен өңдеуге жоғары тиімділікті газ болып табылады.

Металл сымдар және флюстер. Металл және қорытпаларды пісіруде сапалы жік қалыптастыру үшін пісіру ваннасына қосымша металл келтіру қажеттілігі туындайды. Әдетте осы мақсатта негізгі металл құрамына сәйкесті сым, сотан, тілме металдар қолданылады. Төменкөміртекті болаттарды пісіруде қосымша металл ретінде пісіру өндірісі үшін арнайы өндірілетін төменкөміртекті болат сымдар пайдалынады. Ресей Федерациясында мемлекеттік стандартқа сәйкес өндірілетін Св-08, Св-08А, Св-10 ГА және Св-08 ГС маркалы сымдар балқытып пісіру тәсілдерінде, олардың арасында газбен пісіруде қолданылады. Мұндағы таңбалауда «Св – сварочная», яғни пісіру процесіне арнайы тағайындалғанын көрсетеді. 08 сым құрамындағы көміртек шамасын 0,01 % мөлшерінде көрсетеді, яғни СВ-08 – сым құрамында көміртек 0,08 % екенін көрсетеді. Пісіру процесінде қолдануға тағайындалған сымдар құрамында көміртек соншама төмен болып өндіріледі. Легирленген хром-молибденді болаттарды пісіруде қосымша металл ретінде Св-18ХМА, Св-08ХМ т.с.с. сымдар қолданылады.

Шойынды пісіруде жік металы құрылымы сұршойын болып қалыптасуы үшін диаметрі 5-12 мм құйма сотандар

өндіріледі. Ресей өнеркәсібінде осындай арнайы шойын сотандар Б маркалы және А маркалы болып бөлінеді және бұлар мемлекеттік стандарт бойынша өндіріледі. Маркасы Б құйма шойын сотан құрамы, %: 3-3,6 С; 3,6-4,0 Si; 0,5-0,8 Mn; $\leq 0,08S$; 0,2-0,5 % Р, немесе 3-3,6 % С; 3-3,5 % Si; 0,2-0,5 % Р.

Мыс және жезді пісіруде арнайы қосымша металл сым ЛК62 – 05 (62 % Cu; 0,3-0,7 % Si; қалғаны Zn) және ЛОК 59-1-0,3 (құрамында Sn және Si бар), өздігінен флюстенетін сым маркасы ЛКБО-62-0,2-0,04-0,5 құрамы $\leq 0,2$ % Si, $\leq 0,5$ % Sn, қосымша 0,04 % В. Мұндағы бор флюс қалыптастыратын элемент.

Қоланы пісіруде диаметрі 5-8 мм құйма сотандар құрамында қола негізгі металдағыдан 1-2% артық қолданылады. Сондай-ақ құрамы 95-96 % Cu, 3-4 % Sn және 0,4 %-ке дейін фосфорлы қола сымдар қолданылады.

Алюминий және оның қорытпаларын пісіруде қосымша металл ретінде негізгі металл құрамына сәйкесті сымдар қолданылады. Осы мақсатта алюминий сым, сондай-ақ сым Св – АК5 (4,5-6 % Si, қалғаны алюминий) қолданылады.

Флюстер. Пісіруде – пісіру ваннасында және металл жиектерінде тотықтар қалыптасады. Бұлар бейметалдар, қасиеттері металл қасиетінен алшақты. Жік металы қасиетіне теріс әсер етеді, мұны пісірілген жік пен жалғас сапасын төмендетеді деп атайды. Ванна металының тотығуына газ жалыны құрамын реттеу арқылы жол бермеуге болады. Алайда металл және қорытпаның құрамы, қасиетіне орай тотығу процесін тек жалын құрамы арқылы тоқтату мүмкін емес жағдайлар болады. Балқыған металды (пісіру ваннасын) тотығудан оқшаулау үшін және тотықтарды пісіру ваннасынан бөліп шығару үшін арнайы материалдар қолданылады, бұларды флюстер деп атайды. Газбен пісіруде флюстер ұнтақ немесе қойыртпақ түрінде қолданылады.

Флюстің құрамы мен қасиеті пісірілетін металға сәйкесті алынады, сонымен қатар флюстер арнайы талаптарға сәйкесті болуы керек. Флюстердің белсенділігі олар сұйық (балқыған) және газ күйінде болғанда жоғары. Сондықтан флюс негізгі металдан жеңіл балкуы қажет. Балкытылған флюс металдың

үстіңгі бетінде жақсы ағымдалуы керек. Флюстің химиялық белсенділігі жеткілікті дәрежеде жоғары болуы, металды тотықтардан толық тазартуы шарт. Балқыған флюс қатайғанда металдың үстіңгі бетінде қож болып қалыптасады. Қож металл бетінен жеңіл тазартылатын болуы керек. Флюс өзінің негізгі физикалық, химиялық қасиеттерін жоғары температурада да сақтауы керек. Сонымен қатар, денсаулыққа ешқандай зиянды әсерлі болмауы шарт.

Металды тотықтан флюс әсерімен ажырату тотықты физикалық еріту, тотықты химиялық көп құрамды қосындыларға аудару және арнайы элементтермен тотықсыздандыру жолдарымен өтеді.

Төменкөміртекті болаттарды пісіруде флюстер қолдану қажеттілігі жоқ. Орташа көміртекті болаттарды пісіруде флюс қолдану қажетті. Кең қолданылатын флюстер құрамы: а) 50 % көмірқышқыл натрий және 50 % қоскөмірқышқыл натрий; б) 34 % бура, 6,5 % хлорлы натрий, 58 % көмірқышқыл сода және темір тотығы.

Шойынды пісіруде флюс қолдану қажеттілігі болатты пісірудегіден басым. 2-кестеде шойынды пісіруде қолданылатын флюстер құрамы келтірілді.

2-кесте

Шойынды пісіруге арналған флюстер

Флюс құрамы құрауыштары	Пайыздық үлесі, %				
	1	2	3	4	5
Қақталған бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	100	56	50	-	23
Көмірқышқыл натрий (Na_2CO_3)	-	22	-	50	27
Көмірқышқыл калий (K_2CO_3)	-	22	-	-	-
Қос көмірқышқыл сода (NaHCO_2)	-	-	47	50	-
Кремнезем (SiO_2)	-	-	3	-	-
Азотқышқыл натрий (NaNO_3)	-	-	-	-	50

Мыс және оның қорытпаларын пісіруде әр түрлі құрамды флюстер қолданылады. Булардың құрамында құрғатылған бура; бор қышқылы; ас тұзы; кварцты құм; ағаш көмірі; көмірқышқыл калий т.б. құрауыштар болады.

Алюминий және оның қорытпаларын пісіруде сілті, жерсілтілі металдардың галоидтық тұздары флюс болып табылады.

Әр түрлі металдар мен қорытпаларды пісіруде қолданылатын қосымша металл және флюстер пісіру технологиясында толық келтірілді.

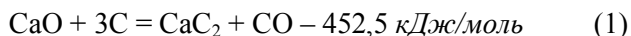
III ГАЗБЕН ПІСІРУ ЖӘНЕ КЕСУ ЖАБДЫҚ, АСПАПТАРЫ

Газжалынымен пісіру процесі, басқада технологиялық үрдістердей, арнайы жабдық, аспап, құрал-саймандармен жүргізіледі. Мұнда біз оларды толық қамтуға көлемдік мүмкіндік шектеулі. Сондықтан негізгі жабдық, аспаптарға тоқталамыз да, студенттердің бұл салада білімін оқулықтар арқылы толықтыруы қажет екенін еске саламыз.

Газжалынымен металдарды өңдеуде қолданылатын негізгі газ – ацетилен. Сондықтан біз ацетилен өндіру жабдығына бірінші кезекті көңіл бөлеміз.

Ацетиленді карбид кальцийінен өндіру. Карбид кальцийі CaC_2 кристалл құрылымды қатты зат, құрамындағы қоспаларға байланысты тығыздығы $2300\text{--}2530 \text{ кг/м}^3$ аралығында болып келеді.

Техникалық кальций карбиді электрдоғалы пештерде сөндірілмеген әктің кокс және антрацитпен эндотермиялық реакция нәтижесінде қалыптасады.



1 т карбид кальцийін өндіру үшін 900-950 кг әк, 600 кг кокс және антрацит қарышталады. Орта және жоғары қуатты пештерде аталған өнімді алу үшін $1 \cdot 10^7\text{--}1,4 \cdot 10^7$ кДж

электрэнергия қажет. Техникалық кальций карбидінің құрамы (массалық өлшемде): CaC_2 70÷75%, әк (CaO) 17÷24%, қалғандары – магний, темір, алюминий, кремний, көміртек тотықтары, күкірт және фосфор қосындылары болып келеді.

Кальций карбидінің су әсерімен ыдырауы бірқалыпты өтпейді. Бастапқыда реакция өте қарқынды өрбиді де ацетилен мол бөлінеді. Соңыра реакция қарқыны да, ацетиленнің бөлінуі де бәсеңдейді. Себебі, карбид түйіршіктерінің үстіңгі бетінде сөнген әк Ca(OH)_2 қабаты қалыптасып, ішкі қабаттағы әлі ыдырамаған карбидке су өтуіне бөгет болады.

Кальций карбидін өндіру жабдықтары күрделі, электрэнергиясының қарышталуы мол, осыған орай оның бағасы жоғары. Қазіргі уақытта ацетиленді табиғи газдан метанды оттегі араластырумен термототықтыру пиролизі тәсілімен өндіру (пиролиздік ацетилен) өріс алуда. Ацетиленді мұнай және керосинмен электрліпиролиз (электрдоғалы разряд әсерімен) тәсілімен өндіру жолы бар. Пиролиздік ацетилен (кальций карбидінен өндірілген ацетиленде) арнайы баллондарда ерітінді күйінде сақталып тасымалданады.

Кальций карбиды сумен белсенді әрекеттеседі де нәтижесінде – ацетилен және кальций тотығының гидраты (сөндірілген әк) қалыптасады. Реакция экзотермиялық, теңдеуі төмендегідей:



$$64,0 + 36,032 = 26,036 + 74,096.$$

Материалдық баланс теңдеуінен, 1 кг кальций карбидінен (CaC_2 тазалығы 100 % деп аламыз). 293 К және 0,1 МПа келтірілгенде ацетиленнің теориялық өнімі:

$$\text{массалық } \frac{26,036}{64,10} = 0,406 \text{ кг, көлемдік } \frac{0,406}{1,09} = 0,3725 \text{ м}^3,$$

мұндағы 1,09 – ацетиленнің 293 К-те тән тығыздығы, қысым 0,1 МПа.

Теориялық есептеулерге сәйкесті 1 кг CaC_2 -ны ыдырату үшін $\frac{36,032}{64,10} = 0,562$ кг су қажет.

Температура жоғарылағанда ацетилен ыдырау алдында полимеризациялану, яғни бірнеше молекуланың бір молекула құрау процесі орын алады. Бұл процесс нәтижесінде көмірсутектілер қатарына жататын қосындылар түзеледі: бензол (C_6H_6), стирол (C_8H_8), нафталин (C_{10}H_8) т.б. Процесс экзотермиялық, бөлінген жылу полимеризациялануды үдете түседі. Нәтижесінде қалған ацетилен қопарылысты ыдырауы мүмкін. Сондықтан ацетилен ыдырау реакциясы жеткілікті дәрежелі салқындату жағдайында өтуі қажет. Карбид кальцийінің CaC_2 ыдырауы аумағында газ температурасы 423 К-тен жоғары болмауы керек, себебі көрсетілген температурада полимеризация процесі басталуы мүмкін.

Іс жүзінде 1 кг CaC_2 ыдыратуға 5-тен 15 дм^3 -ге дейін су қарышталады.

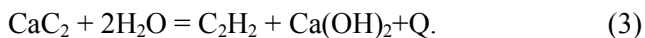
Кальций карбидінің суда ыдырау уақыты оның тазалығына (тазалығы төмен болған сайын ыдырау уақыты өседі), түйіршіктер мөлшеріне (ірі түйіршіктер баяу ыдырайды), су температурасына (температура төмендесе ыдырау бәсеңдейді) тәуелді. Мөлшері 2 мм-ден төмен кальций карбидінің түйіршіктері лезде ыдырайды. Өндірілетін ацетилен көлемі CaC_2 түйіршіктерінің мөлшеріне және тазалығына тәуелді. 3-кестеде 1 кг кальций карбидінен ацетилен алыну нормасы келтірілді.

3-кесте

1 кг CaC_2 -ден ацетилен өндірілу нормасы

Түйіршіктер мөлшері, мм	Ацетиленнің минимальды алынуы, дм^3	
	I сорт	II сорт
2-8 (2/8)	255	240
8-15 (8/15)	265	250
15-25 (15/25)	275	255
25-80 (25/80)	285	265
Аралас мөлшерлі	275	255

Ацетилен генераторы – карбид кальцийінен сумен әсерлесу нәтижесінде ацетилен өндіретін аппарат. Ацетилен өндірілуінің химиялық формуласы



Мемлекеттік стандарт бойынша ацетилен генераторлары былайша топтастырылады:

- пайдалану тәсіліне орай (орнықтырылуына орай) – жылжымалы, орнықты (стационарлы);
- өндірілетін ацетилен қысымына орай – төмен қысымды 0,01 МПа-ға дейін; орташа қысымды 0,01 – 0,15 МПа;
- номиналды өнімділігіне сәйкес – 0,5-тен 3 м³/сағ (жылжымалы); 5-тен 160 3 м³/сағ (орнықты);
- кальций карбидінің сумен әсерлесу жүйе ерекшелігіне орай:

«Карбид суға» (КВ); «Су карбидке» (ВК) (варианттары «ылғалды» және «құрғақ» процесті); «Суды ығыстыру» жүйелі (ВВ) құрастырылған (ВК және ВВ) жүйелі. (Ресей өнеркәсібінде қалыптасқан қысқарту: КВ – «карбид в воду», ВК – «вода на карбид», ВВ – «вытеснением воды»).

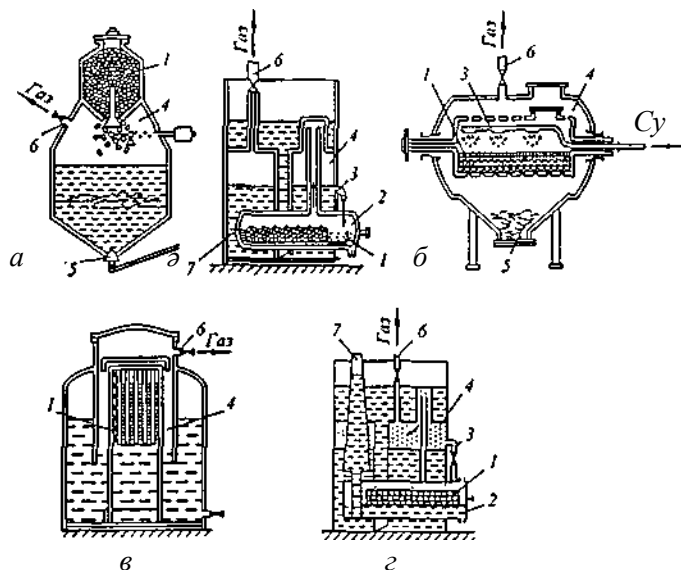
2-суретте ацетилен генераторларының сұлбасы келтірілді.

РФ өндірілетін ацетилен генераторларының сипаттамасы төмендегідей.

КВ (карбид суға) жүйелі генераторда (2-сурет, а) шамаланған мөлшерлі кальций карбиді шанақтан 1 жапқыштан өтіп газжинақтағышқа 4 түсіріледі. Газжинақтағыштың төменгі жағына су құйылған, жоғары бөлігінде су қабатынан өтіп салқындалған газ жинақталады 4. Жалғастық 6 арқылы газ пайдалануға шығарылады. Кальций карбидінің ыдырауы нәтижесінде бөлінген лай генератор түбінде ойық 5 арқылы шығарылады.

Бұл жүйеде кальций карбидінен ацетилен өндіру ең жоғары деңгейде (95%-ға дейін). Карбид түйіршікті мол мөлшерлі суда толық батырылып толық көлемді дерлік ыдырайды. Ацетилен су қабатынан өтіп салқындайды және тазарады. КВ жүйелі

генераторлар таза, салқындатылған, сондықтан қопарылыс қаупі төмен ацетилен өндіреді. Олқылығы габарит мөлшері салыстырмалы ірі және су қарышталуы мол. Әдетте бұл жүйелі генераторлар орнықты орнатылған төмен және орташа қысымды, жоғары өнімді – $10 \text{ м}^3/\text{сағ}$ ацетилен өндіреді.



2-сурет. Ацетилен генераторларының сұлбасы

а – КВ («карбид суға»); ә – ВК («су карбидке»); б – «құрғақтап ыдырату»; в – ВВ («суды ығыстыру»); г – құрастырылған:

«су карбидке» және «суды ығыстыру»

1 – шанақ немесе дағыра карбид салынған; 2 – реторта; 3 – су келтіру жүйесі; 4 – газ жинақтағыш; 5 – лай шығарылатын тесік; 6 – газды пайдалануға шығару; 7 – конус пішінді сыйымдылық

ВК (су карбидке) жүйелі генераторда кальций карбиді қорабқа 1 салынады да ретортаға 2 орналастырылады. Реторта қақпағы тығыз тұмшаланып жабылады. Жалғастық 3 арқылы ретортаға су беріліп карбид суға малынады. Бөлінген ацетилен ретортадан газжинағышқа 4 өтіп сонда шоғырланады. Ацетилен

қысымы өсуіне байланысты су қысым әсерімен генератордың жоғары бөліміне ығысады да, су жиегі жалғастық 3-тен төмен түседі. Карбидтің сумен әсерлесуі тоқтатылады. Ацетиленнің қарышталуына орай газжинақтау бөлімде 4 газ қысымы төмендейді, су деңгейі қайта көтеріліп, ретортаға су беріле бастайды. Цикл осылайша қайталануда болады. Карбид ыдырауында қалыптасқан лай әк ретортада 2 жинақталады. Реторта лай әктен мерзімді тазартылып тұрады.

ВК жүйелі генератордың бір типі (2-сурет, б) «құрғақ ыдырату» деп аталады. Мұнда карбид даңғараға 1 жүктеледі, оның ішіне жүйе құбырлары 3 арқылы су бүркіліп беріледі. Су карбидтің ыдырауына қажетті шамадан екі есе артық етіп келтіріледі. Даңғара 1 айналдырылып қозғалтуда болады, нәтижесінде ондағы карбид түйіршіктері қарқынды араластырылуда болады. Даңғара керегісінде бірнеше тесіктер бар, солар арқылы ацетилен газжинағышқа 4 шығып, жалғастық 6 арқылы пайдалануға жіберіледі. Лай даңғара тесіктерінен түсіп газжинақтағыштың түбіне жиналады да ойық 5 арқылы мерзімді шығарылып газжинақтағыш тазартылып тұрады. Артық мөлшерлі су ацетиленді салқындатады және бөлінген жылу суды буландыруға, лай әкті құрғатуға кетеді.

ВК жүйелі генераторларда карбид әсерлесетін су мөлшері салыстырмалы төмен, реакция аумағының салқындауы нашар. Сондықтан ацетиленнің қыздырылуы мүмкін, нәтижесінде 150...180⁰С температурада ацетиленнің полимеризациялануы орын алуы ықтимал. Қалыптасқан жаңа көмірсутек қосындылар шайыр тәріздес өнім беріп, ацетиленнің жанар газдық қасиеті нашарлайды. Полимеризация алған жағдайда газ өткізгіш құбырда шайыр тәріздес жұғын пайда болады және ретортдан шығарылған балшық әк сарғыш түсті бояуланған болып келеді.

ВВ (суды ығыстыру) жүйелі генераторлар екі өзара қатынасты сыйымдылықтан тұрады, бұлардың біреуі газжинақтағыш 4. Газжинақтағыштың ішіне тор етіп жасалған даңғара орнатылған. Сыйымдылықтарда қысым тең болғанда олардағы су деңгейі бірдей болады. Сыйымдылықтарға кальций карбиді суға батырылып тұратындай етіліп су құйылады.

Қалыптасқан ацетилен генератордың жоғары жағында газжинақтағыш 4 бөлімінде шоғырланады және жалғастық 6 арқылы шілтерге жіберіледі. Карбидтің ыдырауы нәтижесінде ацетилен бөліну қарқыны газдың қарышталуынан артық болса, газжинақтағыштағы қысым өседі. Ацетилен суды газқалыптастырушы бөлімнен генератордың екінші бөліміне ығыстырады. Су деңгейі төмендейді, карбидтің суға батырылған үлесі кеміп ацетилен бөлінуі азаяды. Генератордағы газ қарышталуы нәтижесінде газжинағышында қысым шамасы азаяды. Нәтижесінде генератордың газқалыптастырушы бөлімінде су деңгейі көтеріліп карбидтің суға батырылған көлемі ұлғаяды да ацетилен бөліну қарқыны өседі.

ВВ жүйелі генераторлар эксплуатациялауда ыңғайлы және сенімді. Жылжымалы генераторларда қолданылады. Бірақ ацетиленнің сапасы нашар болып қалыптасады (су қабатынан өтіп салқындап тазару орын алмайды), кальций карбидінен ацетилен бөліну үлестілігі де төмен. Құрастырылған (ВК және ВВ) жүйелі генераторда кальций карбиді даңғыра-себетке 1 салынып, ол ретортаға орналастырылады. Ретортаға конус пішінді сыйымдылық 7 орнатылған. Ретортаға 2, сыйымдылық 7, генератор тұрқының ішкі өзара қатынасты кеңістіктеріне су құйылады. Қалыптасқан газ ретортадан газжинақтағышқа 4 өтеді де, жалғастық 6 арқылы пайдалануға жіберіледі. Егер өндірілген ацетилен жалғастық 6 арқылы өткізілген газдан мол болса, онда газжинақтағышта 4 қысым жоғары болады, су ретортадан сыйымдылық 7 ығыстырылады. Газжинақтағышта 4 қысым төмендеген жағдайда су генератор тұрқының жоғары бөлігінен төменгі бөлігіне ағындайды. Газжинақтағыштағы су деңгейі көтеріліп, су келтіру жүйесі шүмегіне 3-ке дейін көтеріледі. Су шүмек 3 арқылы ретортаға ағымдалады. Осы кезде бір мезгілде газ қысымы төмендеуінде ретортаға су сыйымдылықтан да 7 келеді. Цикл осылайша қайталануда болады. Құрастырылған жүйелі генераторда газ өндірілуі ацетиленнің қарышталуына байланысты жатық реттеледі. Бұл құрастырылған жүйелі генератордың басқа генераторлардан негізгі басымдылығы. Құрастырылған жүйелі генератордың

өнімділігі мол емес, 3 м³/сағ-қа дейін. Бұлар жылжымалы қондырғылар қатарында қолданылады.

Ацетилен генераторларымен жұмыс істеуде температура құбылуына мұқият назар аудару қажет. Реакция аумағында судың және сөнген әктастың (балшық) температурасы 80⁰С, ацетилен температурасы 115⁰С жоғары болмауы керек. Жылжымалы генераторларды қоршаған орта температурасы – 25...+40⁰С жағдайында эксплуатациялауға болады.

Алыс шетелдерде жылжымалы ацетилен генераторы өте аз қолданылады, бұл елдерде ацетилен баллонда қолданылады. Себебі генераторда кальций карбиді ысырапты қарышталады. РФ-да жұмыс орындары ацетилен өндіріп, оны баллонға толтыратын тұрақты стансалардан қашықта. Сондықтан жылжымалы ацетилен генераторын қолдану қажеттілікті.

Қазақстанда пісіру өндірісінде ацетилен баллондарын қолдану негізге айналатын бағытта. Бірақ ацетилен генераторларын қолдану жуыр болашақта орын ала беруі ықтималды.

Жиі қолданылатын ацетилен генераторларында түйіршіктер мөлшері 25/80 кальций карбиді пайдаланады. Мөлшері 2 мм-ден төмен түйіршіктер тозаңдар қатарына жатады және ыдырауы лезде өтеді де генераторда газ қысымы тез өседі. Нәтижесінде қопарылыс қаупі туындайды. Сондықтан кесек түйіршікті кальций карбидімен жұмыс істейтін генераторларда майда түйіршікті карбид қолдануға болмайды, қопарылыс орын алу қаупі жоғары болатындықтан.

Мемлекеттік стандарт бойынша ацетилен генераторларына мынадай талаптар қойылады:

1. Сыртқы орта температурасының әр қалай болуында жұмыс істеу: орнықты генераторлар: 278-тен 308 К, жылжымалы генератор 248-ден 313 К (тұтынушының талабы бойынша 233 К-тен).

2. Газқалыптасуының газ пайдалануына орай автоматты реттелуі.

3. Тетік және арқаулары күмісті қорытпалардан және құрамында 70%-дан артық мыс бар қорытпалардан және жұмыста ұшқын шашатын материалдардан жасалмауы керек.

4. Тағайындалған қысымда тығыз тұмшалануын (герметичность) сақтауы, газдың ағымдалуы, ауаның сорылуы орын алмауы.

5. Орнықты төмен және орташа қысымды, жылжымалы орташа қысымды генераторлар қысым өлшейтін арнайы аспаппен қамтылған болуы керек.

6. Генератордың номиналды өнімділігінен 0,2-ден 1,1 мөлшері ацетилен өндіруде генератор жұмысы тиянақтылығын сақтауы.

7. Генератордың нақтылы типіне тән газ қысымын шектеу шамасын ұстайтын сақтандырушы құрылғы болуы.

8. Кері соғуда қопарылысқа жол бермеу үшін сұйық затты сақтандырушы клапан болуы *.

9. Жылжымалы генераторлар ірі кесекті кальций карбидімен жұмыс істеуге (25/80) тағайындалған. Бір ретті жүктемелі кальций карбиді үзіліссіз бір сағаттан артық емес уақыттық жұмысты қамтамасыз етуі қажет (номиналды өнімділікте).

Стандарт талаптарына қосымша мынадай талаптар қойылады:

1) генератор құрылымы газдық қуыстарын генераторды әр іске қосуда толық ауадан үрлеп тазартуға мүмкіндікті болуы керек;

2) кальций карбидін пайдалану коэффициенті $KPK=85\%$ -дан төмен болмауы;

3) реакция аумағында салқындату, карбид кальцийі мен ацетиленнің аса қыздырылуына жол бермеуі керек.

Сақтандыру құлыптар. Кері созуда қопарылыс орын алуынан сақтандыру үшін ацетилен генераторларында су және құрғақ сақтандыру құлыптары қолданылады. Жалынның кері соғу әсері деген түсініктің мәні мынадай.

Газ жалыны нақтылы жағдайда (газдың шілтерден ағымдалу жылдамдығы, көлемі, қысымы) белгілі бір жылдамдықпен $V_{ж}$ жалындайды. Газ жану жылдамдығы $V_{ж}$ мен

* соңғы жылдары РФ-да құрғақ сақтандырушы клапандар қолдану орын алуда

газдың шілтерден ағымдалу жылдамдығы V_r арақатынасының газ жануына елеулі ықпалы бар. Егер жалындау жылдамдығы мен газдың шілтерден ағымдалу жылдамдығы бір-біріне сәйкесті болса, яғни $V_{ж}=V_r$ болған жағдайда газ байыпты жанады, мұны нормалды жану дейді. Егер $V_{ж}<V_r$ болса, ондағы газ шілтерден ажырап жанады. Егер $V_{ж}>V_r$ болса, жалын шілтердің ішіне қарай бағытталып жанады, мұны жалынның кері соғуы дейді. Бұл жағдайда жалынның шілтермен құбыршықтарды бойлай ішке қарай, яғни генераторға қарай өрбуіне сенімді тосқауыл болуы және шілтердің сол мезетте лезде сөндірілуі шарт.

Осы мақсатта орташа қысымды (жабық типті), $0,01 \leq P \leq 1,5$ МПа газ қысымында жұмыс істейтін су құлып қолданылады.

Су құлып газды өткізу қабілетіне орай:

– орталықты – газ өткізу қабілеті генератордың максималды өнімділігіне сәйкесті;

– жеке жұмыс орынды, ацетилен өткізу қабілеті $3,2 \text{ м}^3/\text{сағ-қа}$ дейін болып бөлінеді.

Құлыптың құрылымы келесі талаптарды қанағаттандыруы керек:

- 1) кері соғу жалынын сенімді тосқауылдау;
- 2) газ қолдану жағынан (бағытынан) оттегі және ауаның ацетилен генераторына өтуіне тосқауыл болуы;
- 3) кері соғуға төзімді берік болуы, гидравликалық сынауда беріктік көрсетуі;
- 4) ең жоғары жұмыстық қысымда тығыздығын сақтауы;
- 5) сұйық тамшылары мен шашындыларының, құлыптың өткізу қабілетінен 1,35-ке артық қысымда газбен ілесіп кетуіне мүмкіндік бермеу;
- 6) құлыптың газ ағымына қарсылығы 0,005 МПа-дан аспауы керек (ацетиленнің орташа қысымында);
- 7) құлыптар қоршаған ауа температурасы 248-ден 313 К, ал тұтынушының тапсыруы бойынша 233-тен 313 К жұмыс істей алатын болуы керек.

8) тазарту және жууға ыңғайлы болуы;

9) құлыптар құрамында күміс және 70% артық мыс құрамды қорытпалардан жасалған тетіктер қолданылмауы керек.

Қоршаған ауа температурасы 273 К-тен төмен болғанда құлыптар қатаю температурасы төмен сұйық затпен толтырылады.

Қыста ашық ауада жұмыс істегенде аязға төзімді сұйық заттар қолданылады:

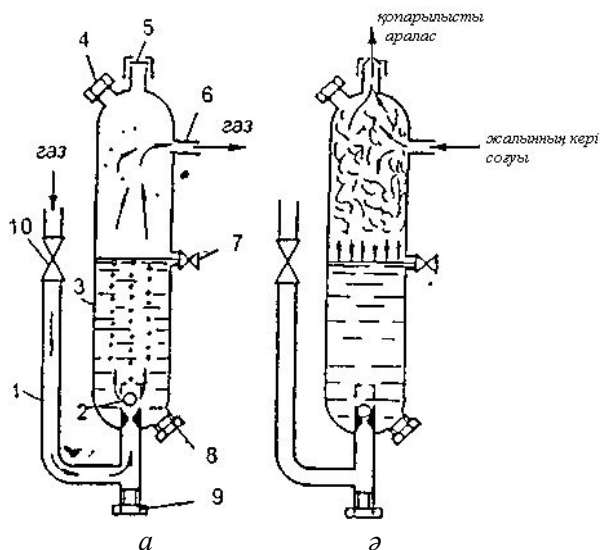
1) этилен-гликоль – екі көлем, су – бір көлем (қатаю температурасы 198 К);

2) глицерин – екі көлем, су – бір көлем (қатаю температурасы 237 К);

Су құлыптар төмен және орташа қысымды ашық және жабық типті болып бөлінеді. Қазіргі уақытта негізінен орташа қысымды су құлыптар қолданылады. 3-суретте орташа қысымды ашық типті су құлыптың сұлбасы келтірілді.

Орташа қысымды су құлып цилиндр тұрғалы құрылғы. Ацетилен генераторынан газ құбыр 1 арқылы (3-сурет) құлып тұрқына беріледі. Газ қысымы шар клапанды 2 көтеріп су қабатына араласады. Клапан 2 үстіңгі жағында орналастырылған газ таратушы тетік газдың суға таралып енуіне ықпал етеді және клапан 2-нің негізгі бағытты қозғалысынан ауытқуына жол бермейді. Су қабатынан өткен газ газжинақтағыш бөлімде жиналып жалғастық 6 арқылы пайдалануға жіберіледі. Су құлыпқа әдетте тығынмен жабылған тесік арқылы құйылады. Су мөлшерінің жеткілікті шегі бақылау краны 7 арқылы тексеріледі. Құбыршүмек ашық жағдайда су сәл ағымды болып көрінуі керек.

Кері соғуда қопарылыстық қауіптілікті газ араласының қысымы әсерінен су бағанасы шар клапанды төмен басып ацетилен келетін құбырды тығыз тығындап жабады. Қопарылыс қауіпті газ араласы мембрананы 5 жыртып ауаға шығады. Сондықтан қопарылысты араластың газ келтіруші құбырға өтуі толық мүмкін емес. Келесі жұмыс басталуы үшін мембрана ауыстырылуы шарт.



3-сурет. Орташа қысымды жабық типті мембраналы су құлыптың құрылымы және жұмыс істеу сұлбасы

а – су құлып нормалды (байыпты) жұмыста; ә – жалынның кері соғуы

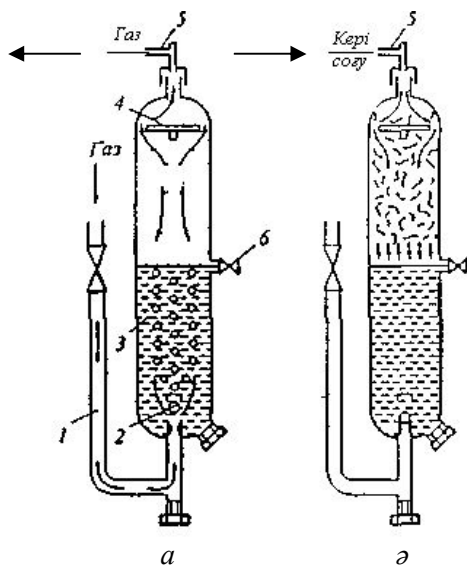
1 – газ келтіруші құбыр; 2 – кері әсерлі клапан; 3 – су құлып тұрқы;

4, 8, 9 – тығындар; 5 – мембрана; 6 – емік;

7 – су деңгейін тексеру құбыршұмек; 10 – құбыршұмек

Су құлыпты техникалық сипаттамасында көрсетілген максималды газ өткізу шамасынан артық газ өткізуге пайдалануға болмайды. Газ шамасы шекті мәнінен артқанда су қабатынан газ жекеленген көпіршікті түрінде емес үздіксіз арналы ағымды болып өтеді. Кері соғуда қопарылыста қауіптілікті аралас газ арнасымен генераторға өтіп кетіп қопарылыс қауіпін тудыруы мүмкін.

4-суретте орташа қысымды жабық типті су құлыптың сұлбасы келтірілді.



4-сурет. Жабық типті орташа қысымды мембранасыз су құлып сұлбасы
 а – байыпты жұмыста; б – жалын кері соғуында;
 1 – құбыр; 2 – шар клапан; 3 – су құлып тұрқы; 4 – дөңгелекше;
 5 – емік; 6 – су деңгейін тексеру құбыршүмегі

Жабық типті су құлыптың жұмыс істеу принципі жоғарыда келтірілген жабық типті су құлыппен бірдей. Айырмашылығы жабық типті құлыпта қопарылыстық қауіпті газ толқыны дөңгелекше 4 пен құлып тұғыры 3 аралығындағы саңылауда басылады.

Су құлып ацетилен генераторында орнатылады және пісіру орнына ацетилен жалпы магистральдан келтірілгенде қолданылады. Ацетилен баллонмен келтірілгенде су құлып қажетті емес, себебі баллондағы кеуектілік пен редуктор кері соғудан сенімді сақтайды.

Ацетилен орнына жүретін газдармен жұмыс істеуде құрғақ сақтандырушы құлыптар қолданылады.

Оттек баллондары және таратушы рампалар. Газ күйіндегі оттекті өндіруші заводтан пайдалану орнына тасымалдау төмендегі тәсілдермен іске асырылады:

- 1) 3-3,5 МПа қысыммен құбырлар бойынша;
- 2) мол көлемді баллондарда (ресципиенттерде) $16,5 \div 20$ МПа қысымда автотартқыштар тіркемелерімен;
- 3) орташа көлемді баллондарда (15 МПа, 293 К-те) баллон көлемі сумен өлшенгенде ($40 \div 50$ дм³).

Пайдаланушыға оттекті құбыр бойынша тасымалдау экономикалық ең тиімді тәсіл. Алайда, бұл тәсіл өндіруші заводтан салыстырмалы жақын ара қашықтықта қолданылуы мүмкін. Газдың бірқалыпты қарышталмауының орнын толтырып тұру үшін өндіруші заводта құбыр алдында тұрақты көлемді сыйымдылық-ресципиент орнатылады. Ресципиент – көлемі 400 дм³ баллон. Қажет болған жағдайда бірнеше ресципиенттер тізбекті жалғастырылады, мұны батареяланып жалғастыру дейді.

Тасымалдаушы ресципиенттерінде – баллонның көлемі 375, 750, 1500 дм³.

Пайдаланушы кәсіпорында газды қолдануда ресципиенттер машина тіркемесінен түсірілмейді.

Орташа көлемді баллондар оттегі компрессорлар арқылы және сұйық оттегі сорабымен толтырылады, мұнда толықтырушы рампар қолданылады.

Мемлекеттік стандарт бойынша қысымдалған газды сақтау және тасымалдауға арналған баллондар екі топқа бөлінеді.

1. Көміртекті беріктік шегі 650 МН/м^2 (65 кгс/мм^2), ағымдалу шегі 380 МН/м^2 , салыстырмалы (ұлғаюы) ұзаруы 15% болаттардан жасалады. Бұлар типтері 100, 150, 200 боп белгіленеді, жұмыс қысымы 10, 15, 20 МПа сәйкесті.

2. Легирленген болаттан беріктік шегі 900 МН/м^2 , ағымдалу шегі 700 МН/м^2 , салыстырмалы ұзаруы 10% және соғуда тұтқырлығы 1 МДж/м^2 ($10 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$) – типтері 150Л, 200Л, жұмыс қысымы 15 және 20 МПа.

Өндіруде баллондар гидравликалық және пневматикалық қысыммен сынаудан өтеді. Гидравликалық сынау қысымы $P=1,5 P_{\text{ж}}$, пневматикалық сынау қысымы $P=P_{\text{ж}}$ болып алынады. $P_{\text{ж}}$ – жұмыстық қысым.

Оттегі үшін 150Л, 200Л типті баллондар қолданылады. Сумен өлшенген баллондар көлемі 0,4-тен 50 дм³. Ең кең тараған баллондар көлемі 40 дм³. Баллонның газдық көлемі оның суға тән көлемімен және толықтырылу қысымымен анықталады. Көлемі сумен алғанда 40 дм³ баллонда 15 МПа қысым, 293 К температурада 6 м³ шамасында оттег болады.

Типі 150Л, сумен көлемі 40 дм³ балонның биіктігі 1370 мм (вентилсіз), диаметрі 219 мм, қабырға қалыңдығы 6,8 мм, массасы 60 кг (вентиль, колпак, башмаксыз).

Эксплуатациялаудағы барлық баллондар мерзімді сынаудан өткізіліп тұруы талап етіледі. Сынау әр 5 жылдан аспайтын уақыт аралығында мемлекеттік техникалық бақылау ережесіне сәйкес жүргізіледі.

Жұмыс орнын газбен қамту әр орынға жеке баллон беру немесе орталықтырылған қамту тәсілімен жүргізіледі. Мұнда үлестіруші (таратушы) рампалар қолданылады. Таратушы рампалар өндірістен 10 (2x5) және 20 (2x10) баллондық етіп шығарылады.

Бір сағат мерзімде қарышталатын көлемі 40 дм³ баллон санын төмендегі формуламен анықтайды:

$$N = \frac{V_n}{0,04(P - P_{ж})} \quad (4)$$

мұндағы N – жұмыс орны саны; V_n – бір жұмыс орнына тән оттегі қарышталуының орташа шамасы, м³/сағ; P – баллондағы оттегі қысымы, МПа; P_ж – оттегінің жұмыс қысымы, МПа.

Рампаларды бөлек жанбайтын бөлмелерде цех ішінде орнатады немесе цехтың сыртында металл шкафта, немесе төбелі қалқада орналастырады.

Ацетилендік баллондар. Мемлекеттік стандарт бойынша тип 100 боп өндіріледі. Ацетиленнің айрықша қопарылыстық қауіпті екендігіне байланысты баллон бос күйінде арнайы кеуекті материалмен толықтырылады. Кеуекті материал ацетонмен қанықтырылады. Ацетилен – ацетонда ериді.

Ацетонда еріген кеуек материалдағы ацетилен майда көлемдерге бөлшектенген болып келеді де, едәуір қысым шамасында да қопарылыстық қаупі болмайды. Осындай күйдегі ацетилен ерітілген ацетилен болып аталады.

Кеуекті масса мынадай талаптарға сай болуы керек: массасы аз, кеуектер біркелкі және максималды; эксплуатациялау кезінде шөкпеуі; баллон металына және ацетон, ацетиленге қатынасы инертті болуы; дүмпу, соққы әсерінде механикалық беріктікті болуы; ацетилен көлемін қопарылыс беретіндей ыдырауы болған аумақты шектен шығармауы.

Ресей өнеркәсібінде қолданылатын кеуекті материал белсендірілген ағаш көмірі, маркасы БАУ-А.

Ацетилен баллондарының сырт көрінісі оттегі баллонынан айырмашылықты емес, тек көлемі төмен. Ацетилен баллонының вентиль оттегі баллонындағыдан айрықша.

Вентильді ашу-жабу оның айналдырығын айналдыру арқылы жүргізіледі. Айналдырық жоғары ұшы шаршы етіп жасалады да арнайы бүйіржақты кілтпен айналдырылады. Редукторды баллонға жалғастыру қамыт арқылы орындалады.

Газ редукторлары. Тағайындалуы – баллон немесе таратушы құбырлардан келтірілетін газ қысымын жұмыс қысымына дейін төмендету және жұмыс қысымын, газ қарышталуының өзгеру жағдайында автоматты тұрақты ұстау.

Мемлекеттік стандарт бойынша газ редукторлары төмендегі нышандарына орай топтастырылады:

Тағайындалуына орай: баллондық (Б), рампалық (Р), желілік (С).

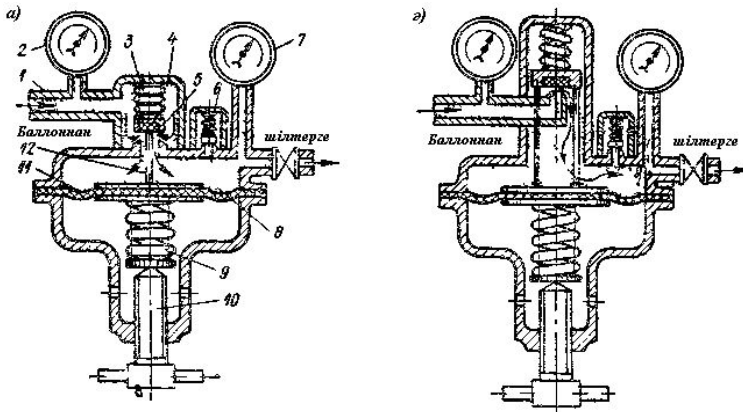
Газ тегіне орай ацетилендік (А), оттектік (О), метандық (М), пропан-бутандық (П).

Реттеу сұлбасына орай бірсатылы, қысым механикалық тиянақталады (О); *екісатылы*, қысым механикалық тиянақталады (Д); *бірсатылы* қысым пневматикалық тиянақталады (У).

Әрекеттену принципіне орай: тура әсерлі, кері әсерлі.

Тура әсерлі де газ редукторға келуші клапанды ашатын күштердің бірі, кері әсерлі де – клапанды жабушы күштердің бірі. Шаруашылықта жиі қолдану табатыны бірсатылы реттеу сұлбасы.

Редукторлар сұлбасы 5-суретте келтірілді.



5-сурет. Редукторлар сұлбасы
а - кері әсерлі; ә - тура әсерлі

Бірсатылы кері әсерлі редуктор. Вентиль ашылған соң газ жалғастық 1 арқылы жоғары қысым камерасына 4 келтіріледі.

Газ төменгі қысымды бөлмешікке 8 өтуі үшін реттеуші бұраманы ішке бағыттап бұрайды нәтижесінде серіппе 9 қысылып, мембрана 11-ді жоғары қарай иілдіреді, сұққыш 12 және клапан 5-ті көтереді. Клапанның ашылуына газ қысымы мен серіппе 3 кедергілік жасайды. Бұрама 10 жағдайын реттеу арқылы бөлмешік 8 қажетті қысым шамасын реттейді. Содан кейін берілген жұмыс қысымы газ қарышталуына тәуелсіз тұрақты реттелуде болады.

Кері әсерлі бірсатылы редукторда орын алатын күштер:

$$Q_1 + p f = Q_2 + P f + p F \quad (5)$$

мұндағы Q_1 – бас пружина күші, Н;
 Q_2 – кері серіппе күші, Н;
 P – газдың жоғары қысымы, Н/м²;
 p – газдың жұмыстық қысымы, Н/м²;
 F – мембрананың ауданы, м²;
 f – клапанның ауданы, м².

Теңдеудің сол жағында клапанды ашу күштері, оң жағында клапанды жабу күштері.

Газ қарышталуы кеміген жағдайда клапан автоматты газдың жоғары қысым камерасынан төмен қысым камерасына өтуін кемітеді де берілген жұмыс қысымы қалпына келтіріледі.

Газ қарышталуы өскен жағдайда жұмыс қысымының клапанға кемуінен (себебі мембрана ауданы F клапан ауданы f -тен едәуір артық болғандықтан) клапан 5 автоматты жоғары көтеріледі, газдың камера 4-тен камера 8-ге өтуі өседі, бұл өсу винт 10 арқылы белгіленген жұмыс қысымы қалпына келтірілгенше жүреді.

Аталған газ қысымын автоматты реттеу белгілі шекте іске асырылады. Баллондағы газдың бір бөлігі баллондағы қысым, яғни күш P шамасы кемиді. Теңдеудің оң жағының шамасы төмендейді де, клапан 5 жоғары көтеріледі, нәтижесінде жұмыс қысымы p өседі. Жұмыс қысымы шамасының тұрақтылығын сақтау үшін Q_1 күшінің шамасын төмендету шарт. Ол үшін реттеуші бұранданы босандату бағытында бұрау керек. Сонда клапан 5 камера 8-ге келетін газ шамасын төмендетеді де берілген жұмыс қысымы қалпына келтіріледі.

Тура әсерлі редуктордағы күштер теңдеуі:

$$Q_1 + P f = Q_2 + p F + p f \quad (6)$$

Теңдеуден көрінетіндей, баллондағы газ пайдаланған сайын, яғни күш P шамасы кемігенде, жұмыс қысымы p шамасын тұрақты ұстау үшін күш Q_1 шамасын өсіру қажет, ол үшін бұранды 10-ды қысым бағытында бұрау керек.

Ацетилен қондырғыларында қолданылатын газ қысымын реттегіштер жұмыс істеу принципі бірсатылы редукторларға

аналогиялы. Бірақ конструкциялық ерекшеліктері бар, газ қысымының төмендігіне орай және реттеу сезімталдығының жоғары болуына қажетті.

Газшілтер. Пісіру, дәнекерлеу, шынықтыру, түзету т.с.с. жұмыстарында жанаргаз – оттек белгілі үлесті мөлшерде араластырылып, содан соң жалынатылады. Бұл процесс арнайы аспап – газшілтерде жүргізіледі.

Газшілтер тағайындалуы – белгілі жылулық қуатты, тұлғалы, мөлшерлі газжалынын қалыптастыру және жалын құрамын реттеу.

Газшілтер оттек пен жанаргаздың белгілі арақатынасты мөлшерде араласуын, газ құрамын реттеуді және оны газжалынын қалыптастыруға жеткізуді іске асырады.

Газшілтер мынадай нышандарына сәйкесті топтастырылады:

- жанаргаз тегіне сәйкесті: ацетилендік; ацетилен орнына қолданылатын газдар үшін; сұйық жанарлар үшін;

- жанаргазды араластыру камерасына келтіру тәсіліне сәйкесті: инжекторлы; инжекторсыз (теңестірілген қысымды);

- тағайындалған мақсатына орай – әмбебапты (пісіру, кесу, қыздыру) және арнайы мақсат үшін (тек пісіру, шынықтыру);

- қолдану тәсіліне орай – қолдан жұмыс істеу; механизацияланған;

- жұмыстық жалын саны бойынша – дара жалынды, көп жалынды;

- қуатына сәйкесті – бірнеше-типті болады.

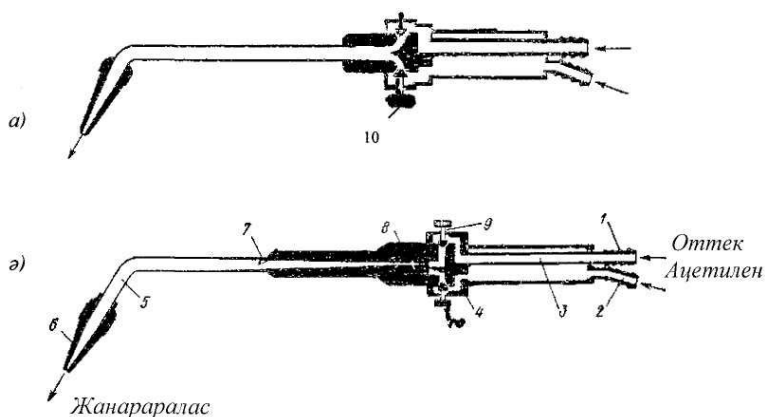
Оттек вентилі 9 арқылы 0,05-0,4 МПа қысыммен беріледі. Жанаргаз 0,001-0,1 МПа қысыммен беріледі.

Пісіру процесінде кең қолдану тапқаны инжекторлы шілтер. Мұнда оттек келтірілетін құбыр арқылы шілтер типіне байланысты 0,05-0,4 МПа қысыммен келтіріледі. Араластыру камерасына ұштасар аумақта оттек құбыры жіңішкеріп аяқталады, мұны инжектор дейді. Инжектордан өткенде оттек ағымының жылдамдығы өседі де, 0,001-0,01 МПа қысыммен өзіне тән құбырмен беріліп келе жатқан ацетиленді сорады. Мұны инъекциялану деп атайды.

Инжекторсыз шілтер (6-сурет, ә). Оттек пен жанаргаздың бірдей қысымында жұмыс істейді. Қысым 0,01 мен 0,1 МПа аралығында. Газдар араластыру камерасында араласып, мұндай түрде бағытталады ағымдалады. Шілтердің ұтымдылығы – аралас қысымы тұрақты.

Пісіру шілтерлеріне қойылатын талаптар:

- минимальды мөлшерлі және массалы болуы;
- оттек пен жанаргаздың араласын талапқа сай өткізу және аралас құрамын тұрақты ұстау және тиянақты жалындауды кері соғусыз қамтамасыз ету;
- металл қалыңдығына сәйкесті жалын қуатын реттеу мүмкіндігі болуы;
- газ араласының ағымдалуы жалындану жылдамдығынан жоғары болуы керек;
- газ араласының құрамын жұмыс кезінде реттеу мүмкіндігі;
- жұмыста қауіпсіз болуы.



6-сурет . Газшілтер сұлбасы

а – инжекторсыз; ә – инжекторлы

- 1 – оттек емік (емік); 2 – жанаргаз емік; 3 – құбыр; 4 – шілтер тұғыры; 5 – ұштық; 6 – мүштік; 7 – араласу камерасы; 8 – инжектор; 9 – оттек вентілі; 10 – жанаргаз вентілі*

Пісіру орны стационарлы газқұбырмен келтірілгенде шілтерді нәрлендіретін металл шкафпен қамтылуы қажет.

Оттекке арналған шкаф жабушы вентиль және редуктормен қамтылған.

Ацетилен шкафы вентильмен жабық типті су құлыппен қамтылған. Басқа газдар үшін су құлып немесе кері клапан қойылады.

Шкафтар құлыпқа жабылады және желдеткіш тесіктері болады, шкафта газ жинақ талмауы үшін.

Шкафтарда арнайы жазулар беріледі: «Оттек. Майқауіпті». «Ацетилен. Отқауіпті». «Жанаргаз. Отқауіпті».

Оттек және жанаргаз шкафтарының ара қашықтықтығы 150 мм-ден кем емес. Еденнен қашықтығы 600 мм.

РФ-да газшілтер мемлекеттік стандарт бойынша төрт типке бөлінеді, ол Г1, Г2, Г3 Г4 болып белгіленеді. Г1 – микроқуатты, инжекторсыз шілтер, қуаты 5-50 дм³/сағ. Г2 – төмен қуатты инжекторлы шілтер (25-600 дм³/сағ). Г3 – орташа қуатты инжекторлы (50-2200 дм³/сағ). Г4 – жоғары қуатты шілтер (>2200 дм³/сағ).

Шілтерлер үштігі мынадай нөмірі болып келеді: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Шілтер Г2 №1, 2, 3 ұштықтармен қамтылған. №0 үштік – қосымша талаппен беріледі. Төмен қуатты шілтер Г2 қалыңдығы 0,3÷5 мм болаттарды пісіруге арналған. Шілтер Г3 №3, 4, 6 ұштықтармен қамтылады, №1, 2, 5, 7 ұштықтар арнайы сұраныспен беріледі. Г3 шілтер төменкөміртекті қалыңдығы 0,5-тен 30 мм-ге дейін болатты пісіруге арналған. Жиі қолданылатыны төмен және орташа қуатты шілтерлер.

Г4 типті шілтер тек арнайы тапсырыс бойынша өндіріледі, қолданылуы өте сирек.

IV ГАЗБЕН ПІСІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Жалпы түсініктер. Газбен пісіру технологиясы бірнеше дербес операциялар жинағын қамтитын кешенді процесс. Сапалы пісірілген жік және жалғас қалыптастыру үшін жылулық көзі – газ жалынның құрамы, құрылымы және қуатын

анықтау керек те, сәйкесті шілтер ұштықтығының нөмірі таңдап алынады. Металл жиектерін қалыңдығына, жалғас типіне, жік түріне, кеңістікте орналасуына сәйкесті пісіруге дайындау операциялары жүргізіледі. Қолданылатын қосымша металл және флюстер анықталып, сым диаметрі, флюс құрамы технологиялық талаптарға сәйкесті болуы қамтамасыз етіледі. Пісіруде шілтердің ұшының және қосымша металдың қозғалысы, кеңістікте орналасуына орай жік қалыптастыру тәсілдері т.с.с. пісіру техникасы деген жалпы түсінікпен қамтылады, пісіру техникасының сапалы жік қалыптасуына әсері зор. Металл мен қорытпалардың химиялық-физикалық қасиеттеріне және олардың қасиеттерінің құрамына, температура және қысымға тәуелді құбылу заңдылықтары пісіру технологиясында айрықша ерекшелікті орын алады. Бұларда нақтылы металл және қорытпаны пісіру технологиясы деген жалпы түсінікпен береді.

Газбен пісіруде металды пісіру температурасына дейін қыздыру (температура және қысым қолдануда) немесе балқыту үшін (қысым қолданбай балқытып пісіруде) газ жалының жылулық қуаты пайдалынады. Демек газ жалынның температурасы мен жылулығының технологиялық мәні зор. Сондықтан газ жалынын – пісіру жалыны деп те атайды.

Пісіру жалыны. Көмірсутектілердің оттеkte немесе ауада жануында жалын құрылымы үш аумақты болып келеді: ядро, орталық аумақ, алау. Бұл аумақтардың тұлғасы, пішіні, салыстырмалы мөлшері жанар араластағы оттек (V_o) пен газ (V_r) қатынасына тәуелді, бұл қатынас $\beta = \frac{V_o}{V_r}$ боп белгіленеді.

β – шамасын өзгерту арқылы жалын құрылымын реттеуге болады.

Жану процесі бірнеше сатылы өтеді.

Бірінші саты – жанаргаздың жануға басталық кезеңі. Мұнда көмірсутек ыдырап көмір және сутек қалыптасады. Ацетилен үшін бұл реакция:



Оттегі көмірсутекпен аралас болғанда реакция үдеуде болады. Жалын ядросы аса жоғары қыздырылған көміртек, түсі ашық ақ, екінші аумақпен шекарасы айқын көрінген болып келеді. Бұл жалынның бірінші аумағы, жалын ядросы.

Екінші саты да жану СО және H_2 қалыптасуымен сипатталады.

Көміртек оттекпен тотық береді:



Бұл реакция өнімі жалынның екінші аумағының құрамын қалыптастырады.

Егер жанар араласта оттек жеткілікті болса, онда ядро сыртында бос көміртек орын алмайды.

Егер оттек жеткіліксіз болса $\beta < 1$, көміртек бір бөлігі тотықпайды, көміртек ауадағы оттектен, екінші оттектен, тотығады. Жалынның келесі аумақтарында жанады. Бұл жағдайда жалын көміртек ерітетін металмен әсерлескенде металл көміртек, сутекпен қанығады. $\beta = 1$ болған жағдайда СО және H_2 тотығу реакциясы жалынының үшінші аумағында төмендегі реакциямен өтеді.

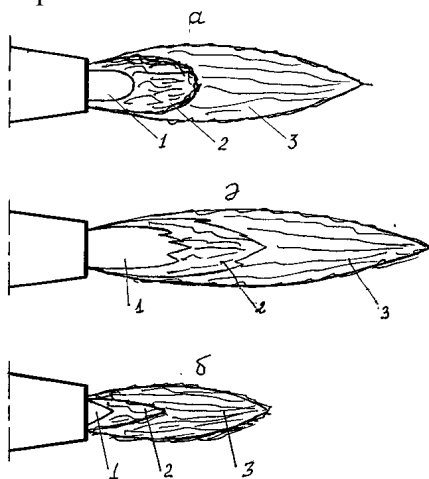


Үшінші аумақ жалын алауын қалыптастырады.

Оттек артық болған жағдайда ($\beta > 1$) жанудың екінші кезеңінде үшінші кезеңі жалғасып CO_2 және H_2O біршама қалыптасуы орын алады. Екінші аумақ ядродан соң, сұрғылт түсті сыналанған пішінді. Оттек артығымен жеткілікті жағдайда екінші аумақтың мөлшері кішірейеді. Оттек жеткіліксіз болса (ацетилен артық болғанда), екінші аумақтың мөлшері өседі.

Ацетилен-оттек жалынының пісіру шілтерімен жандырылуындағы сырт көрініс сұлбасы 7-суретте келтірілді.

Жалын құрамы $\beta = 1$ шамасымен сипатталса, ол қалыпты жалын болып аталады. Мұнда ядро цилиндр пішінді, үш жағы дөңгеленген жалын аумақтарының шекарасы анық көрінеді. Оттек артық болса, $\beta > 1$, ядро конус пішінді, мөлшері кішірейген, шілтер ішіне еніп кететіндей әсер етеді. Жалынның барлық аумақтары кішірейді. Ацетилен артық болса $\beta < 1$ жалпы жалын көлемі өседі. Ядро да ұлғаяды, оның цилиндр тұрғысы ұшы тегіс дөңгеленген емес иректелген пішінді болады, мұны ядроның тәжденуі дейді. Ацетилен елеулі артық жалын болғанда ($\beta < 0,8$) жалын алауында нәзік түтін бөлінуі сезіледі. Қалыпты жалын, $\beta = 1$, металға бейтарапты, оттек артық жалын, $\beta > 1$, металды тотықтандырады, ацетилен артық жалын ($\beta < 1$) металды тотықсыздандырады және көміртеппен қанықтандыруы мүмкін.



7-сурет. Ацетиленоттек жалынының сырт көрініс сұлбасы

а – қалыпты жалын; б – тотықсыздандырушы жалын;

в – тотықтандырушы жалын

1 – ядро; 2 – екінші аумақ; 3 – алау

Жану өнімдері ауамен араласып жалын алауын қалыптастырады.

Газ құрамына жоғары температурада орын алатын газдар молекуласының диссоциялануы әсер етеді.

Ядроға тікелей жанасқан аумақта, температураның ең жоғары аумағында молекулярлық сутектің шамалы (толық емес) диссоциялануы орын алады.



Сондықтан жалынның екінші аумағында әдетте СО және H_2 -қа қосымша атомды сутек және оттек орын алады. Екінші аумақтың $\beta = 1$ болғанда жалын құрамы шамамен: 60 % СО, 20 % H_2 , 20 % Н және ($\sim 10^{-3} \div 10^{-5} \%$) бос оттек болып келеді.

Оттегі мен жанаргаз араласын бастамалы жалындату үшін газ жануына қажетті температура беретін жылу көзі керек. Жалынданған газдың әрі қарай жануы бөлінген жылу әсерімен жалындауда болады.

Алайда газ үнемі үздіксіз жануы орын алуы үшін бөлінген жылу қуаты жылу ысырапталуының орнын толтырып, газжануына жеткілікті болып тұруы керек.

Газ жалындауы орын алуының қажетті шарты оттегі мен газ араласында жанаргаздың белгілі үлесті болуы. Бұл қажетті үлестілікті газ жалындауының шекті мәні дейді.

Аралас жанаргаздың жалындау жылдамдығына (жалынның өрістеу, таралу жылдамдығына) орай жануды үш түрге бөліп қарайды.

1. Байыпты жану – жалынның өрістену жылдамдығы 10...15 м/с;
2. Қопарылысты жану – жалынның өрістену жылдамдығы $n \cdot 10^2$ м/с;
3. Ұшқындап жану (детонационды) жалынның өрістену жылдамдығы 1000 м/с-ден артық.

Жалындану жылдамдығы газ араласының құрамына, қысымға (газараласына әсер етуші қысымға), жану кеңістігінің көлемі және сипатына, шекаралық шарттарға (құбырда жануда құбыр диаметріне) жанаргазбен оттегінің тазалығына тәуелді. Бөгде араластар болуы жалындану температурасын төмендетеді.

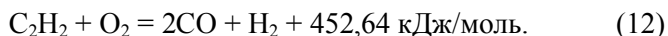
Газжалынының ядросында (I-аумақ) құрамы ($2C + H_2$); II-аумақ құрамы $CO + H_2$; III-аумақ құрамы (алау) $CO_2 + H_2O$.

Жиі қолданылатын газ ацетилен. Ацетилен жалыны оттек көлемінің V_0 ацетилен көлеміне V_a қатынас саны $\beta = V_0/V_a$ -ға сәйкесті қалыпты жалын, тотықсыздандырушы жалын, көміртектендіруші жалын болып келеді.

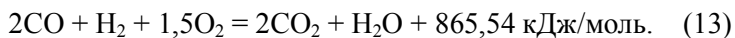
Ацетиленнің оттегінде толық жану реакциясы



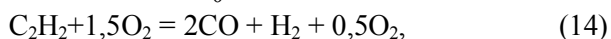
C_2H_2 -ның жану реакциясын екі фазалы етіп қарастыруға болады. Бірінші фазасында шілтерден келтірілген араласта C_2H_2 : $O_2 = 1:1$



Екінші фазада жанаргаздың ауадағы оттегімен қосымша толық жануы

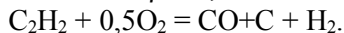


Егер араласта $O_2 : C_2H_2 = \beta = 1,5$ болса



бос оттек металды тотықтырады.

Егер $O_2 : C_2H_2 = \beta = 0,5$ болса



Жалында бос C және H_2 орын алады. Металл көміртекпен қанығуы мүмкін.

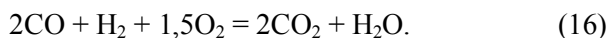
Шілтерден ағымдалған ацетилен қыздырылып үлесті ыдырайды. $C_2H_2 = 2C + H_2$ нәтижесінде қатты көміртек жоғары қыздырылып ашық нұр шашады, бірақ мұндағы температура

салыстырмалы жоғары емес $\sim 1500^{\circ}\text{C}$. Жалынның ең жоғары температурасы екінші аумақта қалыптасады:



Бұл реакция нәтижесінде $2/3$ бөлігі CO -дан $1/3$ бөлігі H_2 тұратын аралас қалыптасады. Бұл араластың компоненттері металды тотықсыздандыруға қабілетті. Сондықтан жалынның екінші аумағын тотықсыздандырушы аумақ деп атайды.

Үшінші аумақта – алауда ацетилен ауадағы оттеппен әсерлесіп жанады:



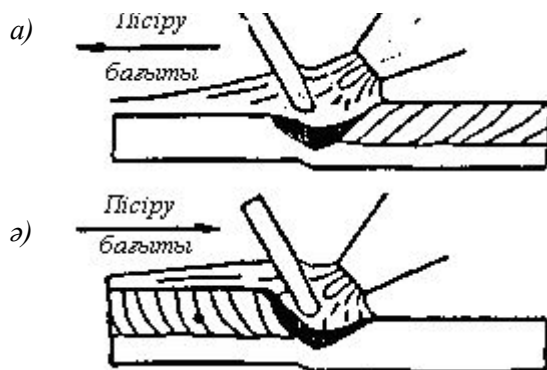
CO_2 және су буы үлесті диссоцияланады. Бөлінген оттегі, CO және су буы пісіру металын тотықтыруы ықтимал. Жалын алауы – тотықтандырушы аумақ.

$\beta = 1,1 \dots 1,2$ болғанда, ацетиленнің үлесті қарышталуы $250 \dots 450 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ жағдайында ядродан қашықтауға байланысты жалын температурасы мәні төмендегідей болып келеді.

Ядродан қашықтық, мм	3	4	11	25
Температура $^{\circ}\text{C}$	3050- 3150	2850- 3050	2650- 2850	2450- 2650

Газжалынымен пісіру техникасы және тәсілі. Металды қыздырудың нәтижелілігіне, пісіру жұмысының өнімділігіне, жік сапасына шілтердің қозғалу бағыты мен оның металл бетіне еңкіштелу бұрышының әсері зор. Пісіру процесінде аталған факторларды оңтайлы реттеп қолдану тәсілдері жинақты түрде пісіру техникасы болып аталады. Пісіру бағытында жалын мен қосымша металдың өзара орналасуы *пісіру тәсілі* деп аталады. Пісіру тәсілі газбен пісірудің нәтижелілігіне әсер ететін маңызды фактор болып табылады.

Газбен пісірудің екі тәсілі бар: оң бағытты пісіру; сол бағытты пісіру.



8-сурет. Газбен пісіру тәсілдерінің сұлбасы
 а – сол бағытты тәсілді пісіру; б – оң бағытты тәсілді пісіру

Пісірудің оң бағытты тәсілінде жалын пісірілген жік аумағына бағытталған. Қосымша металл жалын мен пісірілген жік аралығында орналасқан. Бұл тәсілде жалын алдыңғы металл жиектерін бәсең қыздырады. Жалынның пісіру ваннасына әсерінің нәтижелілігі жоғары. Әсіресе қиғашталып қиылған жағдайда жалын ядросын металл бетіне жақындату мүмкіндігі артады. Оң тәсілді пісіруде жік үстіңгі беті жалынның шарпуында болып, оның салқындау жылдамдығы төмендейді. Бұл жік металы құрылымы мен қасиетіне оң әсер етеді.

Сол бағытты тәсілді пісіру де жалын алдағы пісірілмеген металл жиектеріне бағытталады. Пісіру жалыны жік пен қосымша металл аралығында орналасады. Металл жиектері алдын ала жалын жылулығымен және металдың жылу өткізгіштігімен қыздырылады.

Оң бағытты тәсілді пісіру ваннасы ауадан жақсы окшауланады және пісірілген жіктің суу жылдамдығы баяулайды.

Сол бағытты пісіруде, әсіресе қалыңдығы аз металды пісіруде жіктің сырт көрінісі жақсы болып шығады.

Металл қалыңдығы $S \leq 3$ мм-ге дейін болғанда сол жақты пісіру өнімді.

Металл қалыңдығы $S \gg 3$ мм, жиектері қиғашталып қиылса – оң бағытты пісіру өнімді.

$5 \leq S \leq 12$ мм болған жағдайда оң бағытта пісіруде жалын қуаты $150 \text{ дм}^3/\text{сағ}$. Металдың әр 1 мм қалыңдығына сол бағытты пісіруде $100\text{--}120 \text{ дм}^3/\text{сағ}$.

Оң бағытты тәсілмен пісіруде шілтердің металл бетіне еңкіштелуі, сол бағытты тәсілдегіден $10\text{--}20^0$ -қа артық.

Металл неғұрлым қалың болса, соғұрлым оң бағытты тәсілде пісіру өнімділігі жоғары, газ үнемделуі жоғары.

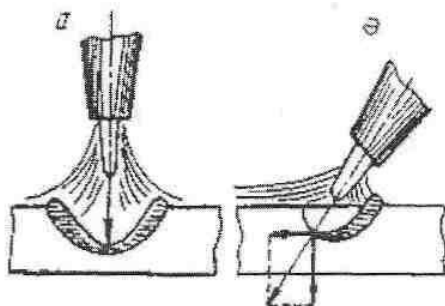
Термиялық әсер аумағының мөлшері оң бағытты пісіруде сол бағытты пісіруден кем. Оң бағытты пісіруде жік металының тығыздығы басым, механикалық қасиеттері жоғары болып қалыптасады.

Газбен пісіруді жүргізу техникасы. Газбен пісіруде жоғары еңбек өнімділігіне қол жеткізу үшін жылу қуатының ысырапталуын төмендету керек. Қолдан газбен пісіру тәжірибелері көрсететіндей пісірушінің еңбек өнімділігі қолданылған техникалық тәсілдеріне орай $30\text{--}50\%$ аралығында ауытқуда болады. Шілтер мен қосымша металдың пісірілген металға қатынасты орналастырылып ұсталуы, шілтер және қосымша металдың қозғалысын басқару тәсілдері жинақты түрде *пісіру техникасы* деп аталады.

Шілтердің пісіруге жататын металл бетіне қатынасты орналастырылуы металдың балқу температурасына дейін қыздырылу уақытына әсер етеді. Жалын металл бетіне тік бағытталса, балқу температурасына дейін қыздыру тез өтеді. Жылулық қуатының ысырапталуы кем болады, пайдалы әсер коэффициенті өседі.

Газ жалыны ағымдалуы және температурасының жоғары болуына сәйкес елеулі дәрежелі кинетикалық энергиялы болып келеді. Әдетті жағдайда жанаргаз араласының ағымдалу жылдамдығы $120\text{--}150 \text{ м/с}$, қысымы $0,01\text{--}0,012 \text{ МПа}$ құрайды. Бұл қысым ванна металын қарқынды араластыруға жеткілікті және балқыған металды ванна соңына қарай ығыстыра алады.

Жалынның ванна металына қысымын шілтердің металл бетіне еңкіштік бұрышын өзгерту арқылы реттеуге болады. 9-суретте шілтердің еңкіштігіне сәйкес жалынның ванна металына қысым сұлбасы келтірілді.



9-сурет. Жалынның ванна металына қысым сұлбасы

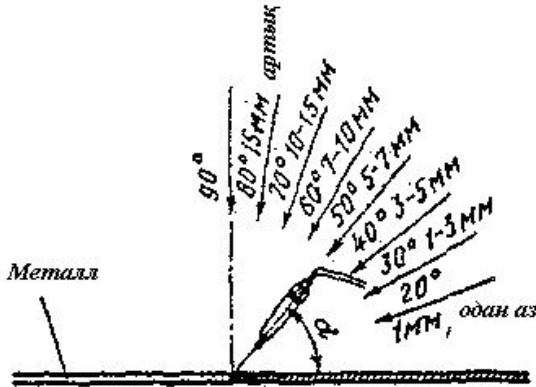
а – жалын ванна үстіңгі бетіне тік бағытталған; б – жалын ваннаға көлбеулі бағытталған (шілтер металға еңкішті ұсталған)

Шілтер мундштігінің металл бетіне көлбеулену бұрышының металға қысым етуіне мәні зор. Көлбеу бұрышы неғұрлым жоғары болса, жалынның балқыған металға қысымы мол, металл жиектері соғұрлым тез қызады. Сондықтан жұқа металды пісіруде шілтердің көлбеу бұрышы аз шамалы, ал металл қалыңдығы өскен сайын металл бетіне шілтердің көлбеу бұрышы өсе түсуі керек. Қосымша металдың көлбеулігі әдетте $30...40^{\circ}$ болып келеді. Пісіру барысында қосымша металдың ұшын жалыннан шығармау керек. Қосымша металдың тотығуы өспеуі ұшын шілтер жалынын металл жиектеріне олар жалынның тотықсыздандырушы аумағында болатындай етіп ұстау керек.

10-суретте төменкөміртекті болатты пісіруде қолданылатын металл қалыңдығына сәйкес шілтердің металл бетіне еңкіштік бұрыштарының мәндері келтірілді.

Шілтер мен қосымша металл қозғалысы жіктің (пісірілетін металл жиектерінің) кеңістікте орналасуына, металл жиектерін

пісіруге дайындау түріне, металл қалыңдығына және қасиетіне тәуелді.

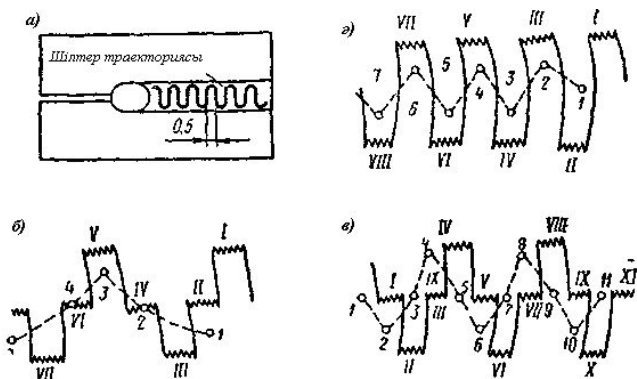


10-сурет. Металл қалыңдығына байланысты шілтердің металл бетіне еңкіштік бұрышы

Металдың төменде жазық бетте орналасуы пісіруге ең ыңғайлы болып табылады. Жиектері иіліп қайырылған жұқа металды пісіруде, шеткі жіктерді пісіруде сол бағытты тәсілді пісіру қолданылады. Шілтер түзу сызықты, көлденең бағытты қозғалыссыз жүргізіледі. Қалыңдығы 2-3 мм түйістірілген жалғасты қосымша сым қолданбай пісіруде шілтерге көлденеңді қозғалыс берілуі мүмкін (11-сурет, а).

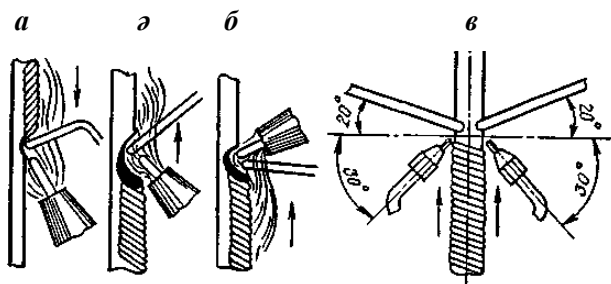
11-суретте шілтер қозғалысының траекториясы келтірілді.

Металл қалыңдығы 4...5 мм-ге дейін өскенде сол бағытты тәсілді пісіру қосымша сым қолданумен жүргізіледі. Шілтер мен қосымша сым қозғалыс сұлбасы 11 ә-суретте көрсетілді. Металл қалыңдығы 5...6 мм және одан да жоғары болғанда шілтер және қосымша сым қозғалысы 11 б, в-суретте көрсетілді. Қалыңдығы 5...6 мм және одан да жоғары металды пісіру оң бағытты тәсілді пісірумен жүргізіледі, мұнда шілтер де, қосымша сым да көлденең бағытты қозғалыста болады. Қалыңдығы 6 мм-ден артық металды пісіруде жалын мен сым металл жиектеріне синхронды қозғалысты келтіріледі.



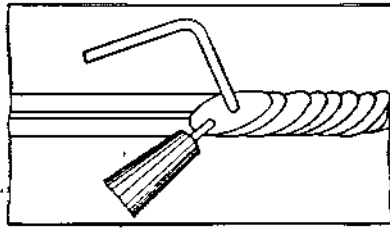
11-сурет. Шілтер қозғалысының траекториясы
 а – қалыңдығы 2-3 мм металды қосымша сымсыз пісіруде;
 ә – қалыңдығы 4-5 мм металды қосымша сым қолданып пісіруде;
 б – қалыңдығы 5-6 мм металды қосымша сым пайдаланып пісіруде;
 в – қалың металды пісіруде

Тік бетте пісіру төменнен жоғары бағытта немесе жоғарыдан төмен бағытта жүргізіледі. Жоғарыдан төмен бағытта пісіру оң бағытты тәсілмен; төменнен жоғары бағытты пісіру сол бағытты тәсілмен де, оң бағытты тәсілмен де жүргізіледі. Тік бетте пісіру сұлбасы 12-суретте келтірілді.



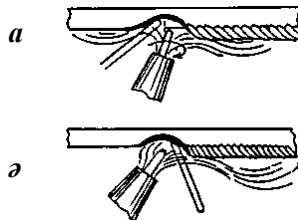
12-сурет. Тік бетте пісіру
 а – жоғарыдан төменге; ә, б – төменнен жоғарыға;
 в – қос білікшелі жікпен

Тік бетте горизонталь бағытта пісіруде (мұны горизонтальды пісіру дейді) ванна металы төменгі жиекке қарай ағымдалуға бейімді. Пісіру негізінен оң бағытты тәсілмен жүргізіледі, балқыған металл жалынның механикалық әсерімен ұсталады. Пісіру ваннасы металл жиектеріне қатынасты симметриялық емес қиғашталған болып қалыптасады (13-сурет).



13-сурет. Горизонтальды жіктің қалыптасуы

Төбедегі жағдайдағы жікті пісіру оң бағытты тәсілмен орындалады. Қосымша сым қолдану ванна температурасын реттеу үшін маңызды мәні бар. Қосымша сым ваннаға батырылып және ваннадан шығарылып тұрады. Оң бағытты тәсілді пісіруде алдыңғы қалыптасқан металл жиектерінің қайта балқуына жол бермеу үшін және ванна металының төмен қарай ағымдануына кедергілік туғызу үшін.

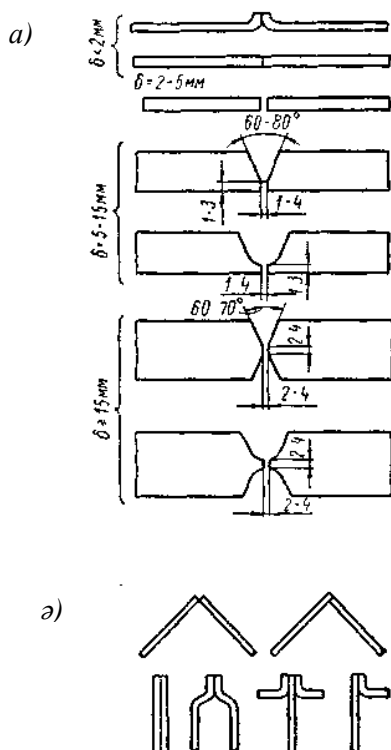


14-сурет. Төбеде пісіру сұлбасы

Пісірілген жалғас типтері. Металды пісіруге дайындау. Газбен пісіруде негізінен түйістірілген жалғас сондай-ақ

бұрыштама және шеттерінен жалғастыру қолданылады. Таврлы және айқастырылған жалғастар жұқа қалыңдықты металдарды пісіруде қолданылады.

Түйістіріп пісіруде металл жиектерін оның қалыңдығына сәйкесті пісіруге дайындау керек. 15-суретте түйісіп пісіруде металл жиегін дайындау және бұрыштама, шеттерін жалғастыру құрылымы келтірілді. Пісіру аумағында металл жиегі ені 30-50 мм аумақта тотық, май, әр түрлі ластардан мұқият тазартылуы керек.



15- сурет. Пісірілген жалғас типтері және металл жиегін пісіруге дайындау сұлбасы

а – түйістірілген жалғас; ә – бұрыштама жалғас және шеттерін жалғастыру

Пісіруге жататын бөлшектер жиек аралығы жік ұзындығы бойында тұрақты бірқалыпты етіп орнықтырылады. Осы мақсатта арнайы құрал-саймандар және іліністіру жіктерін салу жүргізіледі.

Қалыңдығы төмен $S = 0,8 \div 1$ мм. жұқа металдарды пісіруде металдың көлемді балқуына орай пісіру қиындалады. Сондықтан металл шетін қайырып дайындайды.

Пісірілген жалғастың негізгі типі түйістірілген жалғас. Сонымен қатар, бұрыштама және шетжақтық жалғастар жиі қолданылады.

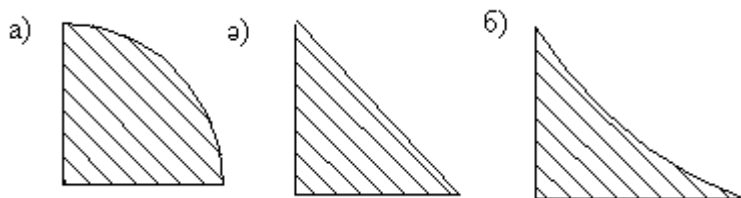
Таврлы және айқас жалғастар газбен пісіруде төмен қалыңдықты металдар үшін қолданылады. Металл қалыңдығы өскен сайын металл жиектерін біркелкі балқыту қиындайды және металдың деформациялануы өседі. Мұндай қосылыстар бұрыштама жікпен пісіріледі.

Пісіруде негізгі металл да, қосымша металл да балқытылады. Қосымша металдың балқуы газбен пісіруде кең ауқымды реттеледі. Негізгі металдың балқу шегі жалынның қуаты, металдың геометриялық мөлшері және жылуфизикалық қасиетімен анықталады.

Әдеттегі шілтермен бір рет өтуде пісірілетін металл қалыңдығы шектеулі. Болат үшін 15 мм-ге барады. Алайда пісіру өнімділігін төмендетпеу үшін негізгі металдың балқу тереңдігі төмендеу болғаны жөн. Болат үшін $4 \div 5$ мм.

Әр түрлі имек тұлғалы (жеңілдетілген жікті) жалғастар қолданылады. Бұл жалғасты пісіруде деформациялану төмен және айнымалы бағытты күш әсеріне төзімділігі жоғары.

Пісірілген жік көлденең қимасының сұлбасы 16-суретте келтірілді.

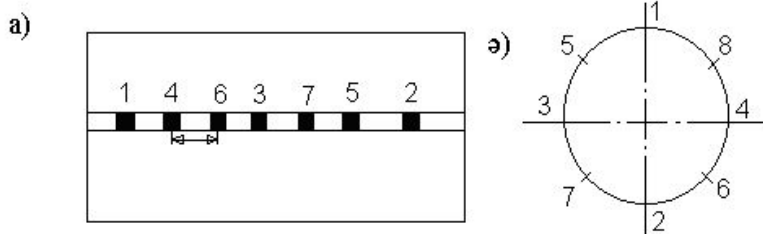


16-сурет. Бұрыштама жіктің көрінісі
а – дөңкішті; ә – қалыпты; б – имек (жеңілдетілген)

Пісірілген жалғас сапасын қамтамасыз ету үшін пісірілетін жиек (30÷50 мм) енінде лас, май, тотықтардан тазартылуы қажет. Тазарту механикалық тәсілмен немесе химиялық тәсілмен жүргізіледі. Механикалық тәсілде кейде металл бетін жалынмен алдын ала шарпып өтеді.

Әдетте, пісіру процесінің алдында бұйымды құрастыру жүргізіледі. Металл жиектері аралық саңылауы пісіру ұзындығын бойлай жазықтық және биіктік бағыттарында бірдей болуы қамтамасыз етіледі. Құрастыру арнайы құрал-сайманмен жүргізіледі немесе іліністіру жіктерімен орындалады.

17-суретте іліністіру жіктерінің нобайы келтірілді.



17-сурет. Іліністіру жіктерін салу ретінің нобайы
а – ұзындықты бойлау жік; ә – сақиналы жік

Пісіру ережесінің параметрлері. Сапалы жік қалыптасуына әсер ететін негізгі факторлар жинақты түрде *пісіру ережесі* деп аталады. Пісіру ережесінің жеке құрастырушылары *пісіру*

ережесінің параметрлері болып аталады. Газбен пісіру ережесінің негізгі параметрлері: жалын қуаты, жалын құрылымы, қосымша сым диаметрі және оның қарышталуы, пісіру жылдамдығы.

Пісіру ережесі параметрлерін анықтау металдың жылулық-физикалық қасиетіне, пісірілетін бұйымның мөлшері мен тұлғасына, пісіру тәсіліне және жіктің кеңістікте орналасуына байланысты.

Жалын қуаты металдың 1 мм қалыңдығына сағатта қарышталатын жанаргаз көлемімен өлшенеді, яғни $\text{дм}^3/\text{сағ}$ 1 мм металл қалыңдығына келетін. Демек жалын қуаты металл қалыңдығына пропорционал.

$$N = K_m \cdot S, \quad (17)$$

мұндағы N – газ жалынының қуаты, $\text{дм}^3/\text{сағ}$; K_m – жанаргаздың (ацетиленнің) 1 мм металл қалыңдылығына 1 сағат мерзімде үлесті қарышталуы, $\text{дм}^3/\text{сағ}$; S – металл қалыңдығы, мм. Коэффициент K_m шамасы тәжірибе арқылы анықталады.

$K_m = 100 \dots 130$ – төменкөміртекті болатты пісіруде;

$K_m = 75 \dots 100$ – шойын және тотықпайтын болатты пісіруде;

$K_m = 100 \dots 150$ – алюминий үшін; $K_m = 150 \dots 225$ мыс үшін.

Жалын құрылымы – жанаргаз араласында оттектің ацетиленге қатынасын $\beta = \frac{V_0}{V_A}$ өзгерту арқылы реттеледі.

Жалынның құрамы (бейтарап, тотықтандырғыш, тотықсыздандырушы) оның құрылымдық сырт көрінісі, жалын аумақтарының тұлғасы, мөлшерімен айқын сипатталады.

Қосымша сым диаметрі – пісірілетін металл қалыңдығына, жылуфизикалық қасиетіне тәуелді анықталады. Төменкөміртекті болатты сол бағытты тәсілді пісіруде қосымша сым диаметрі

$$d_c = \frac{S}{2} + 1, \text{ мм}, \quad (18)$$

$$\text{оң бағытты пісіруде } d_c = S, \text{ мм} \quad (19)$$

мұндағы d_c – қосымша сым диаметрі, мм;

S – металл қалыңдығы, мм.

Металл қалыңдығы 15 мм-ден артық болса, сым диаметрі 6...8 мм немесе одан да жоғары болып алынады.

Ұзындығы 1 м жікті пісіруде қарышталатын қосымша металл массасы пісірілетін металл қалыңдығының квадратына пропорционалды.

$$G_{қ.м.} = K_n \cdot S^2,$$

мұндағы $G_{қ.м.}$ – жік қалыптасуына қарышталған қосымша металл, кг; K_n – пропорционалдық коэффициенті; S – металл қалыңдығы.

Жуықтатылып алғанда қалыңдығы 5 мм-ге дейінгі металды пісіруде коэффициент K_n мәні тең: төменкөміртекті болат үшін – 12; мыс үшін – 18; жез үшін – 16 және алюминий үшін – 6,5. Қалыңдығы 5 мм-ден артық металды пісіруде K_n шамасы 20-25% төмендейді.

Пісіру жылдамдығы (V , м/сағ) металл жиектерінің және қосымша сымның балқытылу жылдамдығымен, ванна металының араласуымен анықталады және металл қалыңдығына тәуелді.

$$V_n \cdot S = A, \text{ яғни } V_n = \frac{A}{S}, \quad (20)$$

мұндағы V_n – пісіру жылдамдығы, м/сағ; S – металл қалыңдығы, мм; A – коэффициент, металл қасиетіне, металл қалыңдығына тәуелді, $\frac{м \cdot мм}{сағ}$ (Орташа қалыңдықты болатты пісіруде $A=12...15$; никель үшін $A=9...11$).

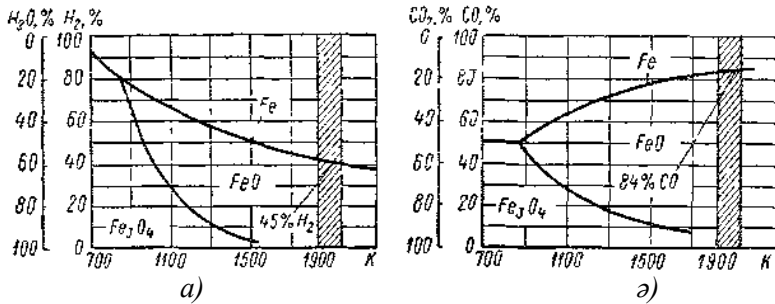
4.1. Газбен пісірудегі металлургиялық процестер

Пісіру процесінде металл газжалынымен жанасуда болады, ал жалыннан тыс аумақта қоршаған ортамен, әдеттегі жағдайда, ауамен шектеуде болады. Газжалынымен, ауамен жанасуда

металда химиялық әсерлесу нәтижесінде құрамдық, құрылымдық өзгерістер орын алады және бұл өзгерістер металдың қасиетіне және пісіру тәсілі мен ережесіне тәуелді.

Ең елеулі өзгеріске балқытылған металл – пісіру ваннасы металы шалдығады. Бұл өзгерістер салдарынан металдағы легирлеуші элементтер, қосындылар шамасы өзгеріп, бастапқы мөлшерінен ауытқиды. Сонымен қатар пісіру ваннасы металы оттегімен, кейбір жағдайларда – сутек, азот, көміртек пен қанығады, аталған элементтердің металдағы шамасы өсуі мүмкін. Металдың газжалынымен химиялық әсерлесуі металдың қасиетіне, температураға, қысымға және жалынның – газ фазаның құрамына тәуелді.

Газ фазаның құрамы пісіруде газ жалынын реттеу арқылы қалыптасады. Төменде қысым 0,1 МПа жағдайында газ фазамен темір және темір тотықтарының тепе-теңдік диаграммасы келтірілді (18-сурет).



18-сурет. Темір және темір тотықтарының 0,1 МПа қысым жағдайында газ фазамен тепе-теңдік диаграммасы

a – $H_2 + H_2O$ араласы; б – $CO + CO_2$ араласымен

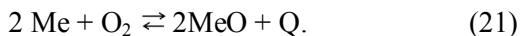
■ – пісіру ваннасы температурасының аумағы

Болатты пісіруде болат құрамында көміртекпен қатар қосындылар марганец, кремний, күкірт, фосфор т.б. болады. Легирленген болаттарда арнайы қосынды – легирлеуші элементтер қосылады. Бұл элементтер нақтылы жағдайға

(температура, қысым, концентрация) орай тотықсыздандырушы, тотықтандырушы, легирлеуші элементтер ретінде химиялық реакцияларға қатысады. Балқытылған металда тотықсыздандырушы элементтің шамасы кеміген сайын оның оттеппен қосынды құрау мүмкіндігі төмендейді және оттектің сәйкесті тепе-теңдік шамасы өседі. Пісіру ваннасында металл негізгі және қосымша сым металының қорытпасы. Газ жалынының құрамы және флюс әсерімен ванна металының құрамы өзгереді. Жылулық көзінің (газ жалыны) пісіру бағытында жылжуы нәтижесінде жалынның соңғы шетіндегі балқыған металл қатайды, яғни кристалданады. Бұл процесте құрылымдық өзгерістер орын алады. Құрылымдық өзгерістер сондай-ақ жоғары температураға қыздырылған, балқытылмаған жік аумағы металында да орын алады. Мұны қайта кристалдану деп атайды. Құрылымдық өзгерістер қорытпаның күй диаграммасына сәйкес өтеді.

Жалынның металға әсер етуі нәтижесінде кең орын алатын процестің бірі – тотығу.

Пісіруде орын алатын металдың тотығу реакциясы жалпы түрде



Реакцияның бағыты тотығуда (солдан оңға қарай) немесе (тотықсыздануда) оңнан солға қарай өтеді. Реакция бағыты газ фазадағы металмен жанасудағы оттегі концентрациясына (үлесті қысымына), әсерлесу температурасына, тотықтың қасиетіне, тотықтың ыдырауға, диссоциялануға қарсы тұрақтылығына, металдың оттекке ынтықтығына тәуелді.

Қайталымды реакцияларда белгілі жағдайларда тепе-теңдік орын алады. Реакцияның солдан оңға қарап, оңнан солға қарай ету жылдамдықтары тең болуы орын алады. Нақтылы реакцияларда тепе-теңдік орын алуы температура шамасы және газ фазаның құрамымен анықталады. 18-суретте келтірілгендей, жалпы қысым 0,1 МПа жағдайында, пісіру ваннасы температурасында (штрихталған аумақ) сутек пен су буы араласымен әсерлесуде араласта сутек үлесі 45%-тен (су буы

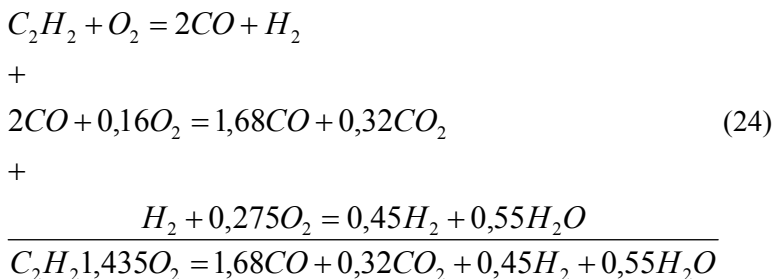
55%) артық болғанда ғана темір тотықпайды. Құрамы келтірілген үлесті қатынасты сутек-оттек жалыны оттек пен ацетиленнің қатынасы $\beta = \frac{V_0}{V_2} = \frac{1}{4}$ болғанда орын алады және жану реакциясы төмендегі өрнекпен өтеді:



Көмірсутектілердің жалыны көп құрамды, сондықтан мұнда H_2 және H_2O мен қатар CO және CO_2 үлесті қысымдарын ескеру қажет.

Ацетиленнің оттек жеткіліксіз жағдайда жануында ($\beta < 1$)

$\text{C}_2\text{H}_2 + 0,8\text{O}_2 \rightarrow 1,6\text{CO} + 0,4\text{C} + \text{H}_2 + 423000 \text{ кДж/кмоль}$. (23)
бос көміртект орын алады. Сондықтан темірдің көміртектен қанығуы орын алуы ықтимал. 18-суретті пайдаланып, жалынның FeO мен тепе-теңдік жағдайында болуы қажетті β шамасын анықтауға болады (үлесті қысым шамасын ескермей).



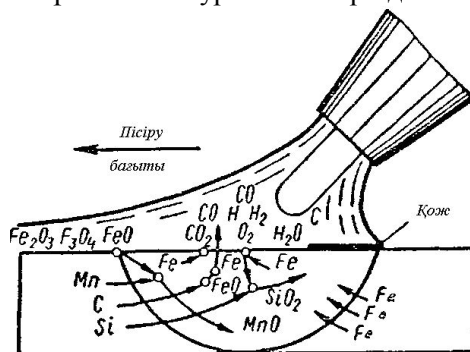
Егер жалынға жанасатын ауадағы оттегі үлесті қысымын ескерсек, онда β -нің максимальды мәні 1,435 емес шамамен 1,3 болады. Сонымен темір үшін алғанда $\beta < 1$ жалын көміртектендіргіш жалын, $\beta > 1,3$ тотықтырушы жалын, ал $\beta = 1 \div 1,3$ болса жалын тотықсыздандыруға қабілетті болады. Мұндай жалынды нормальды реттелген, қысқаша нормальды жалын деп атайды.

Оттегіне ынтықтығы темірден басым элементтер Al, Si, Mn, Ti, Cr т.б. пісіруде темірден қарқынды тотығуы ықтимал. Бұл элементтердің тотығуы тек таза түрінде емес болат құрамында қоспа, легирлеуші элементтер ретінде болғанда да орын алады. Болат құрамында аталған элементтер мол болған сайын олардың тотығу қарқындылығыда арта түседі. Сондықтан легирленген болаттарды пісіруде β коэффициентін реттеу легирленбеген болаттарда пісірудегіден айрықша болады. Кейбір элементтердің, мысалы Al, Si, Ti т.б. газжалыны құрамын реттеу арқылы тотығуына жол бермеу мүмкін емес. Сондықтан Al, Mg және олардың қорытпаларын газбен пісіруде арнайы пісіру ваннасын тотығудан сақтау шаралары, флюстер қолданылады.

Кейбір элементтердің (Ni, Cu т.б.) тотығу қарқындылығы темірден төмен. Бұл элементтер болат құрамында легирлеуші қоспа болғанда тотығудан ысырапталуы төмен.

Пісіру жағдайында металл мен газ фазасының тепе-теңдік жағдайы орын алмайды. Сондықтан пісіру ваннасында тепе-теңдік жағдайда орын алмайтын тотықтар қалыптасуы мүмкін.

Болат-темір мен көміртек қорытпасы, оның құрамында қосалқы және арнайы қосылған элементтер, әдетте, Mn, Si, S, P т.б. бар. Балқытылған пісіру ваннасы металының газжалынымен негізгі реакция сұлбасы 19-суретте келтірілді.



19-сурет. Пісіру ваннасында балқытылған металдағы негізгі реакциялар сұлбасы

Пісіру ваннасында темірдің тотықсыздану реакциясының өту ықтималдығы әр түрлі элементтердің оттегіне ынтықтығы және олардың концентрациясымен анықталады. Mn, Si, C оттегіне ынтықтығы темірден жоғары болғандықтан олар пісіру ваннасында оттегімен қосындылар құрастырып, газ күйіндегі қосынды CO, немесе сұйық және қатты қосындылар MnO, SiO₂ т.б. арқылы пісіру ваннасындағы оттегі шамасын төмендетеді, яғни балқыған металды оттегімен тазартады.

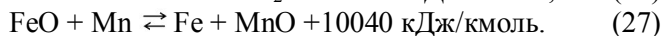
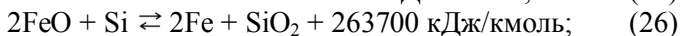
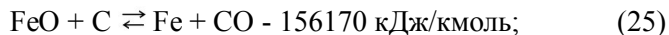
Балқытылған металды тотықсыздандырушы элементтер шамасының төмендеуі олардың оттегімен әсерлесу ықтималдығын төмендетеді.

Жоғарыда айтылған реакцияға тән тотықсыздандырушы элемент Mn пен темір тотығы FeO (демек ваннадағы оттегі) тепе-теңдік шамалары төменгі теңдеумен анықталады:

$$[FeO] \cdot [Mn] = K = const.$$

Балқытылған металға жалынның орта (екінші) аумағындағы газ ағымы белсенді әсер етеді. Бұл аумақта CO, H₂ және су буы орын алады. Бұл аумақта шағын шамада көміртекті кездесуі мүмкін. Пісіру ваннасындағы негізгі реакциялар – тотығу және тотықсыздану. Балқыған металда қосынды легирлеуші элементтер шамасы өзгереді, ванна металының оттегімен, кей жағдайларда – сутегі, азот және көміртегімен байытылуы ықтимал.

Балқытылған металл жиегінен келтірілген және үстіңгі бетте қалыптасқан темір оксиді ваннада ериді де әр түрлі элементтермен реакция түзейді.



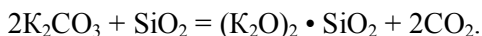
Бұл қосындылар металда ерімейді де қожға ауысады. Металды осылайша тотықсыздандыру диффузиондық деп аталады.

Металдағы негізді тотықтарды неғұрлым мол кешенді қосындыға ауыстыру үшін қождағы қышқылды тотықтар мол болуы керек. Қалыптасатын қосындылар тұрақты болуы керек, олар ыдырамауы, диссоциаланбауы шарт.

Газбен пісіруде, дәнекерлеуде (FeO , Cu_2O және т.б.) салыстырмалы баяу балқымалығы төмен қышқылды тотық SiO_2 және бор тотығы B_2O_3 пайдалынады. Осы мақсатта флюс құрамына бор қышқылы H_3BO_3 қосылады.

Егер пісіруде, мысалы шойынды, елеулі шамалы қышқылды тотық (SiO_2 т.б.) қалыптасса, онда оларды кешенді тотыққа ауыстыру үшін күшті негізді тотықтар қажет (K_2O , Na_2O) т.б. Бұл мақсатта флюс ретінде бура қолданылады $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Бура ыдырауында N_2O қалыптасады.

Негізді флюстер ретінде K және Na көмірқышқыл тұздары қолданылады.



Тотықсыздандырушы элементтерді қолдануда, олар жоғары белсенділікті болуы үшін сұйық немесе газ түрінде болады, яғни олардың балку температурасы пісіру процесі температурасынан төмен болуы керек.

Al және Mg , олардың қорытпаларын пісіруде Al_2O_3 және MgO қалыптасады, бұларды тотықсыздандыру өте қиын. Мұнда галоидты тұздар қолданылады.

Кейбір түсті металдарды пісіру, дәнекерлеуде газ күйіндегі флюстер қолданылады. Бұлар жеңіл буға ауысатын бор органикалық сұйық өлшемденген. Флюс буы жанаргазбен араласады. Булану сұйықдене құйылған шанашықтан өткенде қалыптасады. Бұл жағдайда арнайы құрылғы КГФ-3-71 қолданылады.

Флюстер пісіруді баяулатады, бұйымның құны өседі. Сондықтан флюсті қолдану пісіру сапасын қамтамасыз ету флюссіз мүмкін емес жағдайда қолданылады.

Ванна металын флюс әсерімен тотықтан тазарту тотықты физикалық ерітінділеу, тотықты кешенді химиялық қосынды құрамына қалыптастыру, тотықсыздандырушы әсер жолымен жүргізіледі.

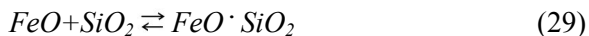
Физикалық ерітінділеу процесінің түсініктік сипаттамасы төмендегідей. Егер балқытылған металл үстіңгі бетінде құрамы металдың тотығынан тұратын қож қабаты болса, онда металда еріген тотық шамасы таралу константасымен анықталады. Әр металл үшін (Me) тұрақты шарт (балқыған металл және қож температурасы) жағдайында жүйенің тепе-теңдігінде таралу константасының шамасы нақтылы мәнді болады және L_{MeO} шамасы қождағы металл тотығы $(MeO)_k$ концентрациясының сол металл тотығының балқытылған металдағы концентрациясына $[MeO]_m$ қатынасына тең:

$$L_{MeO} = \frac{(MeO)_k}{[MeO]_m} \quad (28)$$

Қожға араластырылған қандай да болмасын (инертті болса да) қосындылар $(MeO)_k$ шамасын, қождағы тотық шамасын төмендетеді. Сәйкесті металдағы тотықтың $[MeO]_m$ біршама бөлігі металдан қожға ауысады. Айтылған мақсатта қожға араластыру ретінде галоидтық тұздар: CaF_2 , NaF т.б. қолданылады.

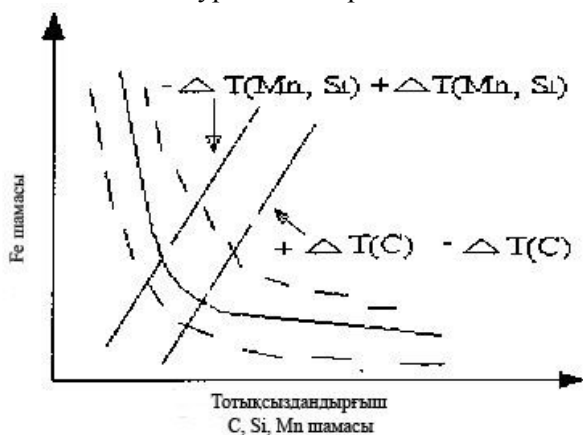
Тотықты химиялық кешенді қосындыларға байланыстырудың да ванна металын тотықсыздандыруда мәні зор. Бұл қосындылар жеңіл балқитын қосындылар және тұздар болып келеді. Темір тотығы FeO шамалы мөлшерде металда ериді және металл қасиетіне теріс әсер етеді. Ванна металын FeO -дан химиялық қосынды қалыптастырумен тазартуға

болады. FeO негізді тотық, ол қышқыл тотық пен SiO_2 химиялық қосынды түзейді.



Қалыптасқан химиялық қосындылар металда ерімейді де, қожға ауысады. Нәтижесінде ванна металы тотықсызданады. Металды осы жолмен тотықсыздандыру диффузионды тотықсыздандыру деп аталады.

Пісіру ваннасындағы темір тотығының FeO (оттегінің) соңғы нәтижелі шамасының әлдебір температурада тотықсыздандырушы элемент концентрациясына тәуелділігінің сапалы сипаттамасы 20-суретте келтірілді.



20-сурет. Темір тотығы мен тотықсыздандырғыш (C, Si, Mn) тепе-теңдігінің сұлбасы

Сапалық сипаттама көрсеткіші тотықсыздандырушы элементтің әсерінің әлсіздену бағытына (жоғары, оңға қарай) немесе күшейту бағытына (төмен, солға қарай) ауытқуда болады. Мысалы, марганец кремниймен тотықсыздандыру

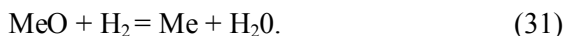
реакциясы экзотермиялық, температураның өсуі ($+\Delta T$) тәуелділік сызығын оңға жоғары жылжытады, температура төмендегенде ($-\Delta T$) солға, төмен жылжытады. Көміртек эндотермиялық реакция береді, температура өзгерісі аталған тәуелділікті кері бағытта жылжытады.

Жалпы алғанда пісіру ваннасында тотықсыздандырушы элементтердің молаюуы ваннаның оттегінен ажырауын өсіреді. Бұл жағдайды құрамында тотықсыздандырушы элементтер жоқ металдарды пісіруде (таза мыс, жоғары тазалықты никель т.б.) ескеру шарт. Бұл металдарды пісіруде ванна (балқытылған металл) тотығуы елеулі дәрежеде орын алады.

Пісіруге сутек әсері. Балқытылған металда сутек атомдары ериді. Сутектің металдағы ерітінді шамасы температураға тәуелді.

Сутектің темірде еру шамасы температура жоғарылаған сайын өсуде болады. Кристалдану процесінде температура төмендегенде бастапқыда темірде еріген артық сутегі бөлініп шыға бастайды. Егер металдың суытуы, кристалдануы тез өтсе, онда бөлінген сутек жекеленген газ кеуектері калпында (әдетте ванна түбінде, металл қосындыларында) қалып, газ кеуектерін қалыптастырады. Газ кеуектері сондай-ақ ваннада (25) реакциямен түзелетін СО-да қалыптастырады. Сутек шоғырланған аумақта кернеу туындайды. Кернеу өрісі металдың бұзылуға қарсылық қабілетін төмендетеді.

Нәтижесінде металда сызаттану және флокендер орын алады (флокен – сутек шамасы жоғары болғанда орын алатын микроликвацияға тән құрылым). Кристалдану процесінде сутектің металл тотықтарымен реакция түзеу нәтижесінде металда ерімейтін су буы қалыптасуы мүмкін. Бұл реакция жалпы түрінде:



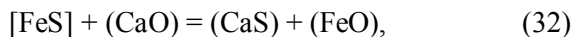
Су буы кристаллиттер шекарасында шоғырланып кернеу туындатады. Нәтижесінде кристаллиттердің аралық тұтастығы бұзылып ақау түседі, металдың механикалық қасиеттері

нашарланады. Металлургияда бұл құбылыс металдың «сутегі дерті» деп аталады.

Күкірт және фосфордың пісіру ваннасы металына әсері. Газжалыны құрамында SO_2 және P_2O_5 қосындылары орын алуы ықтималды. Аталған қосындылар балқытылған металмен әсерлесіп, металл құрамында күкірт және фосфор шамасын өсіреді. Аталған элементтер металдың қасиеттеріне, пісіру процесінің өтуіне теріс әсер етеді. Сондықтан металлургияда болат құрамындағы күкірт пен фосфор шамасы көрсеткіштеріне мемлекеттік стандарт шектеу қояды. Күкірт шамасының шектен артық болуы кристалдану процесінде металдың ыстықтай сызаттануына алып келеді. Сондықтан пісіру газын-ацетилен т.б., зиянды қосындылардан тазарту қажет. Пісіруде тек тазартылған ацетилен пайдалану керек.

Фосфорда пісірілген жік металының қасиеттеріне теріс әсер ететін элемент. Ол жік металының салқындауында сызаттануға себепкер. Сондықтан газжалынының құрамында фосфордың болуына жол бермеу керек.

Күкірт болат құрамында, сондай-ақ жік металының құрамында, зиянды қосынды. Сондықтан пісіру ваннасын химиялық реакциялар арқылы күкірттен тазарту тәсілдері қолданылады. Бұл химиялық реакцияларға қажетті элементтер пісіру ваннасына қосымша сым, флюстер арқылы келтіріледі. Күкіртті ванна металынан қожға ауыстыру, балқыған металда FeS -тен салыстырмалы елеулі төмен еритін, сульфидтер – MnS , CaS , MgS қалыптастыру арқылы жүргізіледі. Бұл жағдайда металл – қож шекарасында төмендегі реакция жүреді.



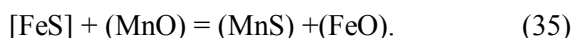
мұндағы кальций сульфидінің балқыған металда нақтылы еру шамасы өте төмен. Ол келтірілген реакцияның тепе-теңдік константасынан айқын көрінеді.

$$K_p = \frac{(\text{CaS})(\text{FeO})}{[\text{FeS}](\text{CaO})}. \quad (33)$$

$$[FeS] = \frac{(CaS)(FeO)}{K_p (CaO)} \quad (34)$$

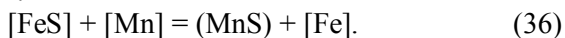
Пісіру ваннасынан күкіртті толығырақ шығару үшін қолданылатын флюс құрамында темір тотығуының бастапқы шамасы төмен болуы керек.

Металды күкіртсіздендіру десульфурациялау деп аталады және бұл процесс марганец арқылы да жүргізіледі. Бұл жағдайда төмендегі реакция орын алады:



Қалыптасқан марганец сульфидының, темір тотығымен салыстырғанда, балқыған металда еру шамасы төмен.

Ванның суытылу кезеңінде төменгі экзотермиялық реакция өрбуі мүмкін:



Тотықтандырғыш қасиеті бар газды ортада күкірттің металл құрамында тотығу реакциясының нәтижесінде кемуі мүмкін.

Бұл процесс төмендегі реакциямен өтеді:



Күкірттің тотығу реакциясы газ сипатты беретін SO_2 кеңістікке тарап, реакция кері бағытта жүрмейді.

4.2. Пісірудегі жылулық процестері

Жылулық энергиясының нәтижелілікті пайдаланылуы. Пісірілген жалғас сапасы – беріктігі, созымталдығы, тұтқырлығы, т.с.с. пісіру аумағындағы металл көлемінің температуралық күйіне, пісірілетін бұйымда жылу таралуына белгілі дәрежелі тәуелділікте. Пісіру жағдайында бұйымның қыздырылу және салқындау ережесінің дұрыс болмауы пісірілген жалғаста әр түрлі ақаулықтар (сызаттану, толық

балқымау, ойықтану) орын алуына және бұйымда деформация мен кернеудің жоғары болуына алып келеді.

Пісіруде металдың жылулық күйі бірқалыпты болмайды және әр түрлі көлемде кең ауқымды шекте өзгерісті болып келеді. Температура әдеттегі жағдайдағы шамадан ($10-30^{\circ}\text{C}$), аязды жағдайда – 30 немесе -40°C -тан металдың қайнау температурасымен өлшемдес шамаға дейін өседі. Бұл температура диапазонында металда бірқатар құбылыстар орын алады. Металдың балқытылып соңынан қатаюы (кристалдануы); қоршаған ортамен физика-химиялық өзара әсерлесуі; металлургиялық процестер өтеді. Сондықтан пісірудегі жылулық процестерді түсіну және оны басқару үшін металдың пісірудегі жылулық көздері мен қыздырылу және салқындау заңдылықтарын білу қажет.

Жылулық есептеулер, жылулық өрісін есептеу әдістемесімен анықтау, қыздыру және салқындау жылдамдығын есептеуді жүргізу үшін негізгі жылуфизикалық шамаларды және жылу алмасу процесін түсіну және білу шарт.

Берілген денедегі жылу шамасы немесе жылулық көзінен бөлінген жылу каллория (кал) немесе Джоуль (Дж) өлшем бірліктерімен беріледі. Жылулық көзінен келтірілген жылу q кал/с (Дж/с) көрсеткіштерімен сипатталады.

Денеге келтірілген жылу Q әсерімен дене температурасының өсуі ΔT төмендегі тәуекелділікпен анықталады:

$$Q = mc\Delta T, \quad (38)$$

мұндағы m – дене массасы, г (кг); c – дененің үлесті жылусыйымдылығы кал/(г $^{\circ}\text{C}$) немесе Дж/(кг $^{\circ}\text{C}$); ΔT – дене температурасының өсуі.

Үлесті жылусыйымдылығы әр түрлі заттар үшін бірдей емес және температураға байланысты тәуекелділікте $c = f(T)$ және бұл тәуекелділік күрделі. Техникалық есептеулерді жеңілдету үшін қажетті температуралар интервалында үлесті жылусыйымдылығының орташа мәні алынады.

Әр түрлі фазалық құбылыстарда денеде жылулық өзгерістер температура өзгеруіне алып келмейді. Мұндай құбылыстарда жылу сыйымдылық түсінігінің физикалық мәні жоқ. Бұл жағдайда денедегі белгілі температурадағы жалпы жылу шамасы (мысалы, дене көлемі немесе масса бірлігінде) үлесті энтальпиямен h_m немесе h_v сәйкесті кал/г, кал/см³ (немесе Дж/кг, кДж/м³) беріледі.

Температура өрісі дегеніміз – нақтылы уақытта кеңістіктің (дененің) барлық нүктелеріндегі температура шамаларының жинағы. Температура өрісін изотермалармен сипаттау ыңғайлы.

Изотермдік бет – денедегі бірдей температуралы нүктелердің геометриялық орны.

Екі изотерм аралығындағы температураның орташа өзгеруі $(T_1 - T_2) / \Delta x$ -қа тең, мұндағы $(T_1 - T_2)$ – екі изотермдердің температура айырмашылығы, Δx – өсі изотерм аралығындағы xx бағытында қашықтық. Δx шамасын азайту арқылы шекті мәнді табамыз

$$\lim \left(\frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x} \right)_{\Delta x \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial x} \quad (39)$$

$\frac{\partial t}{\partial x}$ шамасы берілген бағыттағы температура градиенті болып табылады. Изотермге жанама сызық бойынша градиент нөлге тең екені айқын. Градиенттің максималды мәні изотерм бетіне перпендикуляр $\frac{\partial T}{\partial N}$ бойына келеді.

Берілген нүктедегі температура градиентті вектор болып табылады. Оның бағыты температураның ең жоғары өзгеру бағытына тура келеді және изотермиалдық беттерге нормальды. Оң таңбалы градиент температураның өсуіне сәйкесті.

Температура өрісі кеңістікте (денеде) бірқалыпты болмаған жағдайда жылу беріліс жылу температура жоғары көлемнен (беттен) температура төмен көлемге (бетке) берілуі арқылы температура бірқалыптанады. Жалпы алғанда жылу берілісі жылу өткізгіштік, конвекция, радиация (сәулелік энергия) арқылы өтеді. Қатты денелерде жылу беріліс процесі жылуөткізгіштікпен анықталады. Конвекция және сәулелік

энергия қатты дене бетіне онымен жанасқан газ фаза жылу беру процесін анықтайды.

Жылуөткізгіштік жылулық энергиясы дененің өзара тікелей жанасқан қабаттарында бөлшектер қозғалысымен сипатталады.

Жылуөткізгіштік Фурьенің жылуөткізгіштік заңына сәйкес:

$$q = -\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial N} \right). \quad (40)$$

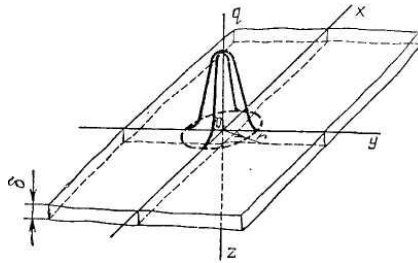
Максимальды үлесті жылу ағыны температураның нормальды градиентіне тәуелді. Коэффициент λ дененің жылу өткізу қабілетін сипаттайды да жылуөткізгіштік коэффициенті деп аталады. Металдың жылу өткізгіштік коэффициенті оның химиялық құрамына, құрылымына және температураға тәуелді. Жылуөткізгіштік коэффициентінің өлшемі λ (кал/(см·с·°C) немесе Вт/(м·K); 1 кал/(см·с·°C)=418,7 Вт/(м·K).

Балқытып пісіруде жылу көзі электрдоғасы немесе газ жалыны болуы жиі орын алады. Мұнда доға немесе жалын пісірілетін металл бетімен белгілі бір мөлшерлі ауданда түйіседі, яғни денеге жылу металл бетінің шағын ауданында келтіріледі, бұл шағын ауданды *қыздыру дағы* деп атайды. Қыздыру дағының мөлшері электрдоғасында газ жалынынан елеулі кем, яғни электрдоғасында жылу шоғырлануы газ жалынынан да жоғары. Қыздыру дағының ауданында жылу келтіру қарқындығы бірқалыпты емес. Жылу ағынының ең жоғары тығыздығы қыздыру дағының орталық нүктесіне келеді де оның шетіне қарай жылу ағынының тығыздығы төмендейді. Н.Н. Рыкалин көрсеткендей жылу көзі – өсі металл бетіне перпендикуляр болып бағытталғанда жылу ағынының қыздыру дағы орталығынан шетіне қарай бағытта қарқындылығының өзгеруін, жеткілікті дәрежелі дәлдікпен математикалық нормальды таралу заңымен сипаттауға болады. Айтылған заңдылыққа сәйкесті дақ орталығы мен орталықтан r қашықтықтағы шеңбер нүктесінде жылу ағынының таралуы төменгі формуламен есептеледі:

$$q_r = q_{\max} e^{-kr^2}, \quad (41)$$

мұндағы $q_{\max}$ – қыздыру дағы орталығындағы жылу ағынының тығыздығы $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$; q_r – орталықтан r қашықтықтағы жылу ағынының тығыздығы; k – жылу келтірудің шоғырлану коэффициенті, жылу көзінің мөлшері және жылу бөлінуінің таралуына тәуелді.

Формула (41)-ге сәйкесті қалыңдығы δ жұқа тілменің, оның қалыңдығы δ шамасы соншама аз тілме қалыңдығын бойлай жылулық ағыны лезде тарайды, жылу ағынының таралу сұлбасы 21-суретте келтірілді.



21-сурет. Шоғырланған жылу көзімен тілмені қыздыруда жылу ағыны сұлбасы

δ – тілме қалыңдығы; o – жылу ағыны орталығы; q – максимальды жылу ағыны; r – шеңберлі жылу дағының радиусы (жылу ағынының бағыты тілме бетіне перпендикуляр)

4-кесте

Электрдоғасы жылу ағынының сипаттамасы

Доға сипаттамасы	Максимальды үлесті жылу ағыны $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$	Шоғырлану коэффициенті K , $1/\text{см}^2$ (формула (41))
1	2	3
Балқымайтын көмір электрод доғасы	1000-2000	1-1,5
Аргон ортасында балқымайтын (вольфрам) электрод доғасы	500-600	6-14,0

4-кестенің жалғасы

Балқымалы (темір) электрод доғасы	1000-2000	1-1,5
Балқымалы (темір) электродты флюс қабаты астындағы доға	6000	6-10,0

Формула (41)-ден белгілі болуындай орталық О-дан r қашықтықтағы нүктеде жылулық шамасы жылу келтірудің шоғырлану коэффициенті K мәніне тәуелді. 4, 5-кестелерде салыстыру мақсатында электрдоғасы жылу ағынының және ацетилен-оттек жалынының жылу таралу сипаттамалары келтірілді.

5-кестеде ацетилен-оттек жылу ағыны сипаттамасы келтірілді.

5-кесте

Ацетилен-оттек жалынының жылу таралу сипаттамасы

Шілтер ұштығы нөмері	Ацетилен қарышталуы V_a , $\text{дм}^3/\text{сағ.}$	Қыздыру дағы орталығында жылу ағынының максимальды тығыздығы, q_{max} , $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$	Шоғырлану коэффициенті K , $1/\text{см}^2$
1	150	47	0,39
2	250	67	0,35
3	400	72	0,31
4	600	82	0,28
5	1000	93	0,23
6	1700	111	0,20
7	2600	121	0,17

Басымды көпшілікті жағдайда пісіру операциясы пісірілетін бұйымды жергілікті (нақтылы шектеулі аумақта) қыздырылуымен жүргізіледі. Қыздыру температурасы

пісірілетін материалдар қасиеттерімен және пісіру түрімен анықталады. Балқытып пісірудің барлық түрлерінде пісірілетін бұйым пісіру аумағында металдың балку температурасынан $T_{\text{бл}}$ жоғары температураға қыздырылуы шарт, яғни металл температурасы $T_{\text{м}} > T_{\text{бл}}$ болуы шарт. Қысыммен пісіру түрлерінде пісіру процесінің температурасы пісіру орнында пластикалық деформация мүмкіндігі және жеткілікті шамада диффузия жылдамдығы болуы талап етіледі. Қысыммен пісіруде $T_{\text{бл}} > T_{\text{м}} > T_1$, мұндағы T_1 – нақтылы жағдайда қойылған талаптарды қанағаттандыратын пісірілген жалғас қалыптасуына кепілдікті минимальды температура.

Пісіру жұмысында жылулық энергиясын неғұрлым жоғары тиімді пайдалану үшін жылулық пісіру аумағына максимальды шоғырландырылып келтірілуі қажет. Пісірілетін металл жиектерін минимальды қажетті көлемде пісіру температурасына дейін қысқа мерзімде қыздыруды іске асыру қажет.

Пісіру процесінде әр түрлі энергияның жылулық энергиясына ауысуы пайдалынады. Бұлардың арасында қазіргі уақытта жиі қолданылудағылары химиялық энергияның жылулық энергиясына, электрлік және механикалық энергиялардың жылулық энергиясына ауысуы, сондай-ақ аталған энергиялардың құрамасы.

Пісіруде іс жүзінде орын алатын жылу көздері түрліше болып келеді. Олар төменде келтірілгендей жүйеленеді:

а) таралу нышанына орай топталған (нүктелі, сызықтық, жазықтық, көлемдік);

ә) әсер ету уақытына сәйкес: лезде және үздіксіз әрекеті;

б) уақыт мерзімінде қарастырылушы нүктеге қатынасты орналасуы бойынша: қозғалыссыз, қозғалысты (жылжымалы), жедел қозғалысты.

Нүктелі жылулық көзі – көлемі шексіз аз шекті мәні нүкте болып көрсетілетін жылулық көзі.

Сызықтық жылу көзі – жылулығы түзу сызық бойымен бірқалыпты таралған жылу көзі.

Жазықтық жылу көзі – әлдебір жазықтықта бірқалыпты таралған, мысалы түйістіріп түйіспелі пісіруде өзара түйістірілген пісіру беттері.

Көлемдік жылу көзі – әлдебір көлемде бірқалыпты жылулық тарататын жылу көзі, мысалы, электрдоғалы пісіруде электрод өзегінде.

Лезде әрекетті жылу көзі – әсер ету уақыты нөлге талаптанған жылу көзі (бастамалық сұлба ретінде ғана қарастырылады).

Үздіксіз әрекетті жылу көзі – жылулық қуаты тұрақты, үздіксіз немесе жеткілікті ұзақ мерзімді әсер ететін жылу көзі.

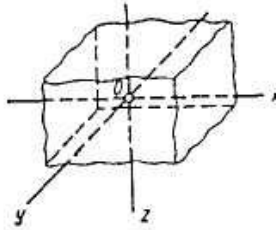
Қозғалыссыз жылу көзі – тұрақты қуатты дене көлемінде де, дене бетінде де жылжымайтын жылу көзі. Балқытып пісірудің негізгі тәсілдерінде бұл сұлбаның қосалқы ғана мәні бар.

Жылжымалы жылу көзі – тұрақты қуатты, дене көлемінде немесе дене бетінде тұзу сызықты тұрақты жылдамдықпен қозғалысты жылу көзі.

Жедел қозғалысты жылу көзі – қозғалысты, қозғалыс жылдамдығына орай жылу көзінің алдында жылу таралуын елемеуге болатын жылу көзі. Бұл сұлба шынайы жағдайдан көп алыс, бірақ кейбір процестерді қарапайым формуламен есептеуге мүмкіндік береді.

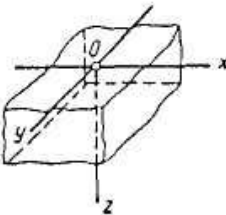
Пісіруде жылу көзімен металдың қыздырылуы белгілі бір сұлба негізінде жүргізіледі. Пісіру кезінде бұйымда жылу таралуы өте күрделі процесс. Сондықтан есептеп анықтау үшін қарапайымдатылған әдістемелер, шынайы нақты есепті идеалды теориялық сұлбаларға келтіру қолданылады. Денеді жылу таралуы дене тұлғасы мен мөлшеріне тығыз байланысты. Денеді жылу таралуын есептеуді қыздырылатын дене сұлбалары қабылданған. Олар төменде келтірілді.

1. Шексіз дене – дененің xx , yy , zz өстері бойындағы созылуы соншама, оның шекаралықтары денеді жылу өрісі сипаттамасына әсер етпейді (22-сурет). Бұл түсінік тек алдын ала тұжырымдамалау үшін қолданылады.



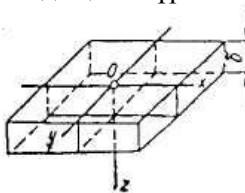
22-сурет. Шексіз дене сұлбасы

2. *Жартылай шектелген дене* – дененің тек бірғана шекаралық $z=0$ беті бар және осы бет арқылы жылу көзі әсер етеді (23-сурет). Мұндай денеде жылу кеңістікті. Пісіруде бұл сұлба ірі мөлшерлі бұйымның үстіңгі бетіне балқытып білікше қаптастыруға сәйкесті.



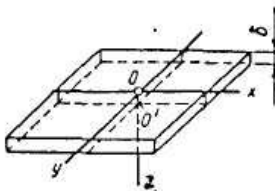
23-сурет. Жартылай шексіз дене сұлбасы

3. *Жалпақ тілім* – параллель жазықтармен $z=0$ және $z=\delta$ шектелген дене (24-сурет). Бұл сұлбаға қалыңдығы орташа ұзындығы мен ені мол табақ металды жатқызуға болады. Мұндай денеде жылу ағынының таралуы кеңістікті, бірақ шекаралық беттер болғандықтан бұрмаланған.



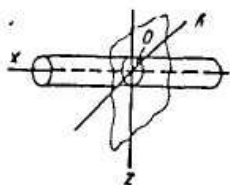
24-сурет. Жалпақ тілім сұлбасы

4. *Тілімше* – қалыңдығы шамалы тілім. Оның қалыңдығы δ шамалығы соншама, температурасы қалыңдығы бойынша бірқалыпты болып теңелген (25-сурет). Мұнда жылулық ағыны – жазықтықтық. Бұл сұлба металды қалыңдығын бойлай толық балқытып пісіруде және оттекті ажыратып кесуде пайдалынады.



25-сурет. Тілімше сұлбасы

5. *Сырықша* – түзу сызықты өсті ұзындығы мол жеткілікті дене (26-сурет), шеткі беттері жылу таралуына әсер етпейді. Жылу ағыны сызықты болып келеді.



26-сурет. Сырықша дене сұлбасы

Жылу көзінің түріне, дененің қыздырылу сұлбасына сәйкесті денеде жылу өрісінің және температураның таралуын есептеу ережелері мен формулалары бар. Пісіру процесінде жылу көзінің түріне металдың жылу-физикалық қасиетіне байланысты, пісіру ережесі параметрлерін т.б. факторларды ескеріп, металдың максималды температурасын, балқыған металл мөлшерін, қыздыру және суыту жылдамдығын есептеулер жүргізіледі.

Металды балқытып (кейде балқытпай) қыздырумен пісіру жалпыламалы қамтылуында термиялық пісіру болып аталады. Мұнда қолданылатын энергия – электр және химиялық энергиялардың жылуға ауысуы (жылулық қуаты).

Газ жалынымен пісіру процесінде химиялық энергияның жылу энергиясына ауысуы қолданылады. Химиялық энергияның жылулыққа пәрменді ауысуы қарқынды өтетін экзотермиялық реакцияларда – жану реакцияларында орын алады. Жергілікті қыздыру мақсатында да, техникалық қолайлығында да газ күйіндегі жанар араластардың оттекте жану реакциясы өте тиімді. Пісіру техникасында оксидты қосындылар беретін жану реакциясы, кейде бастапқы өнімдер ыдырауының ішкі энергиясы пайдаланылады.

Пісіру жағдайында химиялық реакциядан алынатын жылу энергиясы қыздырылатын денеден тыс аумақта бөлінеді. Сондықтан тыс аумақтан қыздырылатын материалға жылу тарату қосымша процесс ретінде өтеді.

Балқытып пісіруде газ жалынының жылу энергиясы толық пайдаланбайды. Жалынның пайдалы әсер коэффициенті η пайдалы іске асырылған $Q_{\text{пай}}$ жылу жалынның жалпы шығарған жылу қуатына $Q_{\text{жал}}$ қатынасына тең, яғни

$$\eta = \frac{Q_{\text{пай}}}{Q_{\text{жал}}} . \quad (42)$$

Жалын жылуының ысырапталуының бірі – термиялық пайдалы әсер коэффициенті η_t арқылы анықталады. Металдың минимальды пісіру температурасына дейін (балқытып пісіруде $Q_{\text{бал}}$), мұнда қыздыруға пайдаланылған жылуды Q_m деп алайық. Бұл пайдалы қолданылған жылу. Газ жалынның қарышталған жылу энергиясын Q_r деп белгілейік. Сонда т.п.э. коэффициенті:

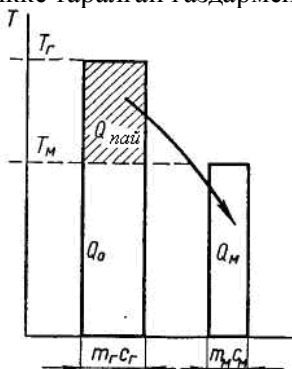
$$\eta_e = \frac{Q_m}{Q_r} .$$

Денені белгілі бір температураға дейін қыздыруға қажетті жылу мөлшері дененің массасына m , жылу сыйымдылығына және қыздырылу температурасына пропорционалды екені белгілі, демек $Q=mcT$. Металға қатынасты мөлшерлерді m

индекспен, газ жалынына қатынастыларды η индекспен белгілеп төмендегі формуланы аламыз:

$$\eta_z = \frac{m_M c_M T_M}{m_G c_G T_G} \quad (43)$$

Қарапайымдатылған графикалық бейнелеуде пайдаланылған және қарышталған жылу энергиясының мөлшері табаны $m_{\text{хсх}}$ биіктігі $T_{\text{х}}$ тікбұрышпен сипатталады (27-сурет). Жылу тек жоғары қыздырылған денеден төмен қыздырылған денеге өтетін болғандықтан жалын жылулығы металды T_M температураға дейін қыздыруға толық пайдалынбайды, суретте келтірілген штрихталған бөлігі ғана пайдаланылады. Жылудың қалған бөлігі Q_0 кеңістікке таралған газдармен кетеді.



27-сурет. Газ жалыны жылуының пісіруде металды қыздыруда таралуы

Металл бетінен кететін газдардың температурасын T_0 -ге тең деп $T_0=T_M$ алсақ, онда т.п.э. коэффициенті тең болады:

$$\eta_T = \frac{Q_M}{Q_G} = \frac{Q_G - Q_0}{Q_G} = \frac{m_G c_G T_G - m_M c_M T_M}{m_G c_G T_G} = 1 - \frac{T_M}{T_G} \quad (44)$$

(44) формуладан көрінетіндей, газ жалыны температурасының пайдалануы соғұрлым толық болады, неғұрлым металдың қыздырылу температурасы төмен болса және газ жалынының температурасы неғұрлым жоғары болса. Техникалық жанар газдар арасында жалын температурасы ең жоғары газ ацетилен. Сондықтан газбен пісіруде ацетилен қолданғанда $\eta_{\text{т. п. э.}}$ салыстырмалы жоғары.

Газбен пісіруде температуралық көрсеткішпен қатар жылулық қасиетінің мәні зор. Жалынның пісіру бағытында қозғалуына сәйкес жоғары температуралы газ ағымы салқын металл үстіңгі бетімен тікелей жанасады, нәтижесінде жылулық әр уақыт бірлігінде жалыннан тартылып тұрады. Сондықтан негізгі және қосымша металды балқытуға, пісіру ваннасын қалыптастыруға кететін жылулық, мұны нәтижелілікті жылулық $Q_{\text{н}}$ дейді, жалынның толық жылу қуатынан $Q_{\text{т}}$ төмен болады. Осыған орай пісіруде жалын қуатының пайдалы әсерлік коэффициенті түсінігі қолданылады.

$$\eta_{\text{п.э.}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{т}}},$$

мұндағы $\eta_{\text{п.э.}}$ – жылу қуатының п.э.к.;

$Q_{\text{н}}$ – нәтижелілікті жылулық Дж/с (кал/с);

$Q_{\text{т}}$ – жалынның толық жылулық қуаты, жанар газдың жылуөнімділік қабілеттілігінің төменгі мәні, Дж/м³, кал/дм³.

Ацетилен үшін $Q_{\text{т}} = 53 \text{ МДж/м}^3 = 12600 \text{ кал/дм}^3$.

Ацетилен үшін $\eta_{\text{п.э.}} = \frac{Q_{\text{н}}}{14,7V_{\text{а}}}$, мұндағы $V_{\text{а}}$ – ацетиленнің

сағаттық қарышталуы, дм³/сағ.

Газ қарышталуы өскенде жалынның нәтижелілікті қуаты өседі, газдың қарышталуы да өседі, бірақ газ қарышталуының өсуі жалын қуатының өсімділігінен басымдылықты болады. Сондықтан жалын қуатының п.э.к. $\eta_{\text{п.э.}}$ жалын қуаты өскен сайын төмендейді. Жалынның нәтижелілікті қуатына ең жоғары әсер ететін фактор жанаргаз қарышталуы.

Сонымен қатар, пісіру ереже параметрлері де белгілі шамада әсер етеді: жалынның металл бетіне еңкіштелуі, жалынның қозғалу жылдамдығы, газдың ағындалу жылдамдығы, коэффициент β мәні.

Газжалынының жылу қуатының шоғырлануы төмен, электрдоғасымен салыстырғанда. Металдың қыздырылуы жатық, температура градиенті электрдоғасымен салыстырғанда аз, жылу қуатының металды балқытуға келетін үлесті шамасы аз.

Металды балқытудың толық коэффициенті төменгі формуламен анықталады:

$$\eta_{т.б.} = \frac{\nu \cdot F_{ж} \cdot \gamma \cdot H_{бл}}{14,7 V_a};$$

мұндағы ν – шілтер қозғалысының орташа жылдамдығы, м/сағ;

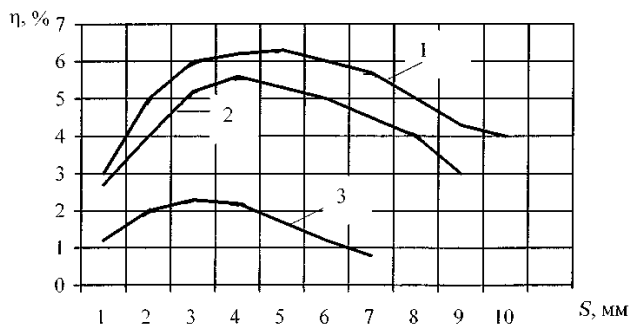
γ – металл тығыздығы, кг/м³;

$H_{бл}$ – балқу температурасындағы балқытылған металдағы (жылу қоры) жылу мөлшері, Дж/кг (болат үшін 1,34 МДж/кг);

$F_{ж}$ – жік металы көлденең кимасының ауданы, м²;

V_a – ацетилен қарышталуы, дм³/сағ.

Газбен пісіруде толық п.э.к.-нің әр түрлі газдар пайдалануда болаттың қалыңдығына орай өзгеруі төменгі суретте келтірілді.



28-сурет. Әр түрлі қалыңдықты болаттарды газжалынымен қолдан пісіруде толық п.э.к. өзгеруі

1 – ацетилен-оттек жалыны; 2 – пропан-бутан жалыны ($\beta=3,5$);

3 – сурек-оттек жалыны

Суреттен көрінетіндей жалпы газбен пісіруде толық п.э.к.-ті төмен. Мол жылу қуаты әр түрлі ысыраптарға жатады. Мысалы, қалыңдығы 3 мм болатты ацетилен-оттек жалынымен пісіруде балқытылған металл аумағындағы металды қыздыруға жылу қуатының 45 %-ға жуығы қарышталады. Металл қалыңдығы өскен сайын және металдың, жылу өткізгіштігі артқан сайын балқу аумағынан тыс металды қыздыруға қарышталатын жылу қуатының үлесті шамасы аса түседі.

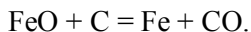
Металды балқыту және ваннаны меңгеруде жалын механикалық қысымының мәні зор. Жалынның механикалық қысымының ең жоғары шамасы оның өсіне келеді. Жоғары қуатты пісіру шілтерлерінде газжалынының үлесті қысымы 0,01 МПа-ға жетеді.

4.3. Металдар мен қорытпаларды пісіру технологиясы

Темір негізді қорытпаларды пісіру. Темір негізді қорытпалар қатарына болат пен шойын жатады. Бұлар қазіргі өнеркәсіпте кең қолдану тапқан материалдар, сондықтан пісіру, кесу технологиясымен өндеуге жатуы жиі орын алады. Пісіру технологиясы темірдің және оның қорытпаларының физикалық, химиялық, механикалық қасиеттеріне және құрамы және құрылымының температура, қысым құбылуына байланысты өзгеруіне тәуелді.

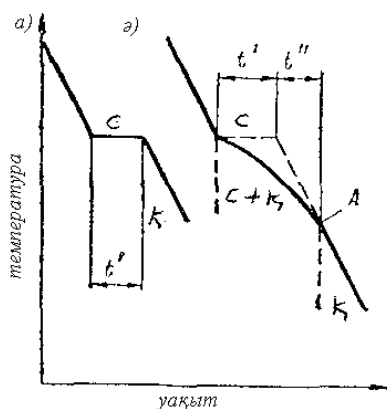
Темір жоғары температурада тотығады. FeO балқу температурасы 1640 К. Балқытылған темірде FeO 0,9 %-ға дейін ериді. Кристалдануда ерітіндіден бөлініп шығады. Қатайған темірде FeO болуы ыстықта сызаттануға алып келеді. Бұл құбылыс күкірт бар жағдайда күшейе түседі. FeO болаттың беріктік көрсеткішін төмендетіп, созымталдығын және тұтқырлығын төмендетеді.

Ваннада көміртек мол болған жағдайда FeO көміртекпен химиялық реакция түзеп нәтижесінде CO қалыптасады.



Газ СО болуы жікте кеуек болуына алып келеді, сондықтан пісіру ваннасында СО шамасын кеміту керек. Осы мақсатта қосымша металда көміртек шамасы төмен етіліп алынады.

Құрылымның ірі түйіршікті болуы. Болат құрамында көміртек шамасы өскен сайын кристалдану процесінің температуралық интервалы өседі. Сондықтан металдың қатаю (кристалдану) уақыты ұлғаяды. Бұл уақыт аралығында кристаллиттер мөлшері өседі. Ірі түйіршікті құрылым қалыптасады. Темір мен көміртекті болаттың кристалдану интервалының салыстырмалы ұзақтық сұлбасы 29-суретте келтірілді.



29-сурет. Кристалдану интервал t ұзақтығы:

а) таза темір $t = t'$, б) көміртекті болат $t = t' + t''$, C – сұйық күй, K – қатайған күй. Нүкте А қатаю аяқталуы

Ликвидус және солидус интервалының өсуі болат құрамында 0,18% C болғанда шамамен 20 K, ал 0,5% C болса 100 K, 1,7% C-та 300 K. Осыған орай болат құрылымы көміртек шамасы өскенде ірі түйіршікті болып қалыптасады және ваннада СО болуында кеуек қалыптасуына оң ықпал етеді.

Құрамында C шамасының өсуіне сәйкесті болаттың шынығуға бейімділікті сындық жылдамдығы төмендейді. Нәтижесінде нақтылы суыту жылдамдығында тепе-теңдік

жағдайға тән емес морт құрылымдар қалыптасуына алып келеді де олар металдың сызаттану ықтималдығын өсіреді.

Көміртектің пісірілген жалғас сапасын нашарлату әсері оның концентрациясының өсуіне сәйкесті бірте-бірте жатықты сезіледі.

Балқытылған темірде әр түрлі газдар ериді. Газжалынымен пісіруде жік металында азот шамасы салыстырмалы төмен болып келеді. Себебі көмірсутекті газжалыны құрамында азот орын алмайды. Азот пісіру ваннасына ауадан келуі мүмкін. Жанар газдар көмірсутек құрамды. Жалын пісіру аумағын ауадан оқшаулайды. Аз шамалы балқыған металда еріген азот пісіру ваннасының кристалдануында балқытылған металдан бөлініп шығады. Сутек жік металында елеулі шамада орын алады.

Балқытылған темір тұтқырлығы жеткілікті жоғары болғандықтан қыздырылған қатты металл жиектеріне жақсы сіңірткіштілікті. Металдың бұл қасиеті пісіруді кеңістікте әр түрлі орналасуында да жүргізуге мүмкіндік береді.

Темір құрамында көміртек шамасының өсуі оның пісіруге бейімділік қасиетін төмендетеді. Жікте ақаулықтар орын алуы ықтималдығын өсіреді. Металдың микротүйіршіктерінің іріленуіне, әсіресе балқытылмау шекаралық беттерінде микротүйіршіктер іріленуі жоғары ықтималды.

Пісірілген жік металында және жік аумағында морт қасиетті құрылымдар қалыптасады. Болаттың сынды кезеңдік суыту жылдамдығы болат құрамында көміртек өскен сайын төмендейді. Егер пісіруден соң металдың суу жылдамдығын төмендету шаралары қолданбаса, жік аумағында морттылықты құрылымдар қалыптасады да металдың сызаттану ықтималдығы өседі. Көміртек шамасы өсуі болаттың пісіруге бейімділік қасиетін төмендетеді және бұл теріс әсер көміртек шамасы өсуіне орай жатық көріністі өрбиді. Газжалынымен пісіруде болат құрамында 0,25 – 0,35 % С болғанда сапалы пісірілген жалғас өндіру әдетте қиындықсыз өтеді. Қиындықтар қатандығы жоғары құрылымдарда ғана орын алады. Сондықтан құрамында көміртек жоғарыда келтірілген шамалы болаттарды

пісіруде төмен көміртекті болатты пісіру технологиясы қолданылады. Егер болат құрамында көміртек шамасы жоғары болса, онда пісіру технологиясы күрделінеді.

Төменкөміртекті болатты пісіру технологиясы.

Құрамында көміртек $C \leq 0,3 \%$ болаттар төменкөміртекті болаттар қатарына жатады. Бұл болаттарды пісіруде технологиялық күрделіліктер туындамайды. Пісіруді флюс қолданбай жүргізуге болады. Металдың, пісіру ваннасының тотықпауын газ жалыны құрамымен, оттег көлемінің V_0 жанар газ көлеміне қатынасымен V_r қамтамасыз етуге болады, бұл қатынас коэффициент $\beta = \frac{V_0}{V_r}$ шамасымен сипатталады. Егер

$\beta = 1-1,3$ аралығында болса жалын құрамында бос оттег болмайды. Мұндай жалын пісіру ваннасы металын тотықтырмайды, сондықтан қалыпты немесе бейтарап жалын боп аталады.

Егер $\beta \geq 1-1,3$ болса, онда жалын құрамында бос оттег орын алады да, жалын тотықтандырушы жалын деп аталады. Егер $\beta < 0,95$ болса, жалын құрамында бос көміртек және сутек болады. Жалын құрамындағы сутек және көміртек оттегпен қосылып пісіру ваннасында оттег шамасын төмендетеді. Сондықтан мұндай жалынды тотықсыздандырушы жалын деп атайды. Жалын құрамындағы бос көміртек қыздырылған металды көміртекпен қанықтыруы мүмкін. Нәтижесінде болаттың қаттылығы өседі. Шынығуға бейімділігі артады да сызаттануға ықтималды болып және нақтылы жағдайларда сызаттану орын алады.

Төменкөміртекті болатты пісіруде $\beta = \frac{V_0}{V_a} \quad 1 \div 1,2$

ацетилен-оттег жалыны қолданылады, яғни пісіру процесі бейтарап жалынмен жүргізіледі. Мұнда газ жалыны пісіру ваннасы металына, қыздырылған қатты металға тотықтандырушы да, көміртектендіруші де әсер етпейді.

Газбен пісіруде екі тәсіл *сол жақты* және *оң жақты* пісіру тәсілдері қолданылады. Аталған тәсілдердің сұлбасы 8-суретте келтірілді.

Сол бағытты пісіруде жалын пісіру бағытымен ілгері, әлі пісірілмеген учаскеге бағытталады. Жалын (шілтер) пісірілген жікпен қосымша металл арасында орналасады. Бұл тәсілмен пісіруде пісірілетін металл жиегі жалын қуатымен де, металдың жылу өткізгіштігімен де қыздырылады. Бұл тәсіл металл қалыңдығы төмен болғанда (болат үшін $S \leq 4$ мм) жақсы нәтижелі және пісіру жылдамдығын өсіруге мүмкіндік береді.

Оң бағытты пісіруде жалын пісірілген жікке (пісіру бағытына кері) бағытталады. Қосымша металл шілтер мен пісірілген жік аралығында орналасады. Бұл жағдайда металдың пісіру бағытында алдыңғы жиектері жалынмен қыздырылмайды. Ал пісіру ваннасына жалын келтіру нәтижелілігі, әсіресе металл жиектері қиғашталып қиылған болса, жоғары. Жалын ядросын металл бетіне жақын әкелуге болады. Бұл тәсіл металл қалыңдығы жоғары болғанда ($S \geq 5$ мм) тиімді. Оң тәсілді пісіруде жік металы жалынмен шарпылып, металдың салқындауы баяулатылады. Жік сапасы оңтайлы қалыптасуына ықпал етеді.

Жалын құрамы жік металының құрамымен механикалық қасиетіне елеулі әсер етеді. 6-кестеде жалын құрамының жік металына әсері келтірілді.

Негізгі металдың механикалық қасиеті қыздырып илемделген түріне тән. Төмен-көміртекті болатты пісіруде қосымша сым Св-08, Св-08А, Св-08ГА., сондай-ақ Св-08ГС қолданылады. Св-10ГА, Св-08ГС жақсы нәтиже көрсетеді.

Қосымша сым диаметрі пісіру тәсіліне орай алынады, мм:
Сол жақты пісіруде

$$d_{к..м.} \cong \frac{S}{2} + 1, \quad (45)$$

Оң жақты пісіруде

$$d_{к..м.} \cong \frac{S}{2}. \quad (46)$$

Газжалынын реттеудің жік металы құрамына және қасиетіне әсері 6-кестеде келтірілді.

Оң жақты пісіруде металл жиектерін қию бұрышы $\alpha \leq 70^\circ$ етіп алынады.

Жік металының механикалық қасиеттері ыстықтай қақтау арқылы, жергілікті қалыптандыру тәсілімен немесе қақтау және қалыптандыру арқылы біршама жақсартылады.

Жұқа баспақталған бұйымдарда рекристалдану учаскесінің мөлшерін кеміту үшін металдың салқындауын тездету қажет. Осы мақсатта жікке параллель суланған асбест төсейді.

6-кесте

Газжалынын реттеудің жік металы құрамына және қасиетіне әсері

Металл сипаттамасы	Химиялық құрамы, %							Механикалық қасиеті			
	C	Mn	Si	S	P	O ₂	N ₂	$\sigma_{\text{в}}$, МН/м ²	δ , %	$a_{\text{н}}$, МДж/м ²	НВ
Негізгі металл және қосымша металл	0,12	0,65	0,01	0,04	0,03	0,005	0,008	390-420	24-25	1,2-1,5	125-130
Жік металы: $\beta=1\div1,2$	0,09	0,45	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01	350-380	15-19	0,6-0,8	124
$\beta=1,5$	0,05	0,3	ізі	0,03	0,03	0,16	0,01	300-330	8-9	0,2	110
$\beta=0,8$	1,0	0,5	ізі	0,04	0,03	0,02	0,01	200-350	1-2	0,1	280

Орташа көміртекті болатты пісіру технологиясы.

Орташа көміртекті болаттарда көміртек шамасы $0,3 \leq C \leq 0,45$ % аралығында болып келеді. Болат құрамында көміртек шамасы өскен сайын пісіруге бейімділігі төмендейді. Сондықтан орташа көміртекті болаттарды пісіру технологиясы төменкөміртекті болаттарды пісіру технологиясынан күрделі. Орташа көміртекті болаттарды пісіруде қалыпты жалын қолданылады. Жалын қуатын төмен көміртекті болаттарды пісірудегіден 20-30 % кем етіп алынады. Металл қалыңдығы $S > 3$ мм болғанда металды алдын ала 250-350 °С қыздыру немесе пісіру аумағын 650-700

$^{\circ}\text{C}$ -қа қыздыру және пісірілген жалғасты $600-650^{\circ}\text{C}$ -та жасыту термоөңдеу қолданылады. Қосымша металл ретінде РФ өндіретін Св-06НЗ, Св-18ХГС маркалы сымдар қолданылады. Жалпы талап-пісіру сым құрамында 0,5-1 % Сг, 2-4 % Ni болуы қажетті болып табылады.

Орташа көміртекті болатты газбен пісіру технологиясының технологиялық негізгі талаптары төмендегідей.

1. Пісіру ваннасында тотығу реакциясын бәсеңдету үшін жалынды шамалы ацетилен артықтығымен реттеу керек. Флюс қолданған оң нәтижелі. Флюс құрамы төменде келтірілді:

а) 50 % көмірқышқыл натрий және 50 % қоскөмірқышқыл натрий;

ә) 70 % бор қышқылы;

30 % көмірқышқыл натрий;

б) 34 % - бура,

6,5 % хлорлы натрий;

58 % көмірқышқыл сода;

1,5 % темір тотығы.

2. Жік металы беріктігі жеткілікті болумен қатар созымталдығын жақсарту үшін қосымша металл ретінде Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10ГС, Св-10ГСМ маркалы болат сым қолданылады.

3. Металдың аса қыздырылуын және ваннаның балқытылған күйінде болу уақытын қысқарту үшін пісіру жылдамдығы максимальды жоғары болуы керек. Ол үшін алдын ала жалпы $550-700^{\circ}\text{C}$ дейін қыздыру керек немесе пісіру аумағын жергілікті $900-950^{\circ}\text{C}$ дейін қыздыру керек. Бұл жағдайда жалын қуаты металл қалыңдығының әр 1 мм-не $90 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ етіп алынады.

4. Жікке жуық аумақта морт құрылым қалыптасуына жол бермеу үшін салқындау жылдамдығын баяулату керек. Осы мақсатта алдын ала $400-450^{\circ}\text{C}$ қыздыру жеткілікті немесе пісіруден соң $870-920^{\circ}\text{C}$ жасыту термиялық өңдеу қолданылады.

Жоғарыда келтірілген шараларды қолдануда сапалы пісірілген жалғас қалыптастыру болат құрамында $0,5 \div 0,6\%$ С болғанға дейін мүмкін.

Егер болат құрамында көміртек шамасы $0,5\div0,6\%$ -дан артық болса, сапалы пісіру металл қалыңдығы төмен болғанда ғана мүмкін. Бұл жағдайда пісіру орнына қатты дәнекермен дәнекерлеу қолдану ұсынылады.

Леги́рленген болаттарды пісіру. Леги́рленген болаттардың пісіруге бейімділігіне олардың құрамының әсері зор және әр түрлі элементтер әсері айрықша болады. Бірақта көміртек әсері басқа элементтерден басым болып келеді. Сондықтан көміртек шамасы неғұрлым аз болғаны жөн. Төменде леги́рлеуші элементтердің болаттың пісіруге бейімділігіне әсері келтірілді.

Болат құрамында $Mn = 10\div14\%$; $Si = 1\div1,4\%$ аралығында болғанда болат аустенитті және аустенит-карбидті құрылымды болып қалыптасады. Бұл болатты пісіру оларды алдын ала термиялық өңдеуден өткен соң жүргізіледі (1400 K -тен суда шынықтыру). Газжалыны шамалы ацетилен артықшылығымен алынады. Қосымша металл құрамында көміртек шамасы төмен ($0,08\%$), марганец жоғары ($\sim14\%$) етіп алынады. Флюс қолданылады. Пісіру ваннасының мөлшерін төмен шағын етіп ұстау керек және суу жылдамдығы жоғары болуы қажет. Пісіруде бұйымды суға батыруда қолданылуы ықтимал.

Кремний (Si) темірде ерітінді күйінде болаттың серпімділік және беріктік қасиетін өсіреді, созымталдығын біршама төмендетеді, Fe_γ аумағын тарылтады. Пісіру кезінде жеңіл тотығады. Болат құрамында 1% артық болса баяу балкитын және тұтқырлығы жоғары кож береді. Болаттың қатаюда шөгуін өсіреді, осыған орай сызаттану орын алуына бейімділік береді.

Никель (Ni) болат беріктігін шамалы өсіреді де созымталдығын сақтайды. Болаттың шынығуға бейімділігін және шынығу қалыңдығын өсіреді. Fe_γ аумағын кеңейтеді. Болат құрамында шамалы мөлшерлі болғанда болаттың пісіруге қабілеттілігіне теріс әсер етпейді. Төменлеги́рленген болаттарды пісіруде жік аумағы шынығуы орын алады.

Хром (Cr) болаттың беріктігін елеулі өсіреді. Коррозияға қарсы тұрақтығын, қыздыруға төзімділігін, қыздыруда беріктігін өсіреді. Fe_γ аумағын тарылтады; болат құрамында мол

шамалы болса дара фазалы феррит құрылымды болат қалыптасады. Хром темірдің жылуөткізгіштігін төмендетеді, оның шынығуға бейімділігін өсіреді. Хром тотықтары баяу балқиды. Құрамында хром шамасы жоғары ($6\div 38\%$) болаттарды пісіруде хромның елеулі мөлшерде тотығуы ескеріліп, жалынды ацетилен үлесін өсірумен пісіреді (егер пісірілген жік қасиеті мүмкіндік берсе) немесе флюс қолданып пісіреді.

Ферритмартенсит және мартенсит құрылымды хромды болаттарды пісіруде (12X13, 20X13) алдын ала 600-700 К қыздыру қолданылады. Пісіруден соң толық салқындатпай тұрып пештерде 920-970 К термиялық өңдеу қолданылады.

Феррит құрылымды болаттарды пісіруде жік және жік аумағындағы ірі түйіршікті құрылым қалыптасады, созымталдығы төмен. Бұл жағдайда негізгі металл құрамына сәйкесті қосымша металл қолданылады.

Молибден (Mo) болат түйіршіктерін ұсақтайды, беріктік көрсеткіштерін өсіреді, әсіресе жоғарылатылған температурада. Тұрақты карбид қалыптастырады, болаттың жылуөткізгіштігін төмендетеді. Болатта төменгі шамалы ($0,5\div 0,6\%$) қоспа ретінде қолданылады. Легирленген болатты пісіруде жік аумағының шынығуға бейімділігін өсіруін ескеру қажет.

Ванадий (V) болат түйіршіктерін майдалайды, тұрақты карбид береді. Пісіруде біршамалы тотығады. Болат құрамында 0,5-0,8% V пісіру ваннасында айтарлықтай әсер етпейді. Егер $V > 2\%$ болса (аспаптық болат) ванадий тотықтары қожды қоюлатады.

Вольфрам (W) берік карбидтер құрайды. Кесуші аспап болаттарда легирлеуші элемент. Вольфрам тотықтары буланады, осының салдарынан жікте кеуек қалыптасады.

Титан (Ti) пісіру процесінде тотығып ысырапталады. Болат құрамында 1%-ға дейін болғанда пісіру процесіне теріс әсер етпейді.

Мыс (Cu) болат құрамында $0,6 \div 0,8 \%$ -дан артық болса (никель қосылмаған жағдайда) кристаллитер аралық сызаттануға бейімділік береді.

Алюминий (Al) жеңіл тотығады да баяу балқытын тотық береді. Құрамында елеулі шамалы алюминий бар болаттарды пісіруде фторлы, хлорлы тұздар құрамды флюстер қолданылады.

Өнеркәсіпте бірнеше элементтермен легирленген болаттар кең тараған. Бұл жағдайда пісіру технологиясын әр элементтің әсерін жеке және барлық элементтердің жинақты әсерін ескеріп жасайды. Типті күрделі легирленген болатты пісіруден мысал келтірейік.

Жоғары қысымды қазандық құрылғыларды жасауда хром-молибденді болаттар қолданылады. Бұл болаттардың кең қолданылатын маркалары 20ХМ, 30ХМ, құрамында (0,15-0,25) Мо және (0,8-1,1) Сг. Маркасы 15ХМ болат құрамы (0,8-1,1) Сг және (0,4-0,55%) Мо.

Құрылғылау жұмыстарында құбырларды жалғастыру үшін газжалынымен пісіру қолданылады. Жалын құрамын реттеуде оның қалыпты (нормалды) болуы қатаң сақталады ($\beta = 1-1,1$). Жалын қуаты $V_a = 100S$ дм³/сағ. Қосымша металл ретінде Св-18ХМА, Св-0,8ХМ, Св-08МХ сымдар қолданылады. Сым диаметрі

$$\text{Сол бағытты пісіруде } d_{с.м.} \cong \frac{S}{2} + 1$$

$$\text{Оң бағытты пісіруде } d_{с.м.} \cong \frac{S}{2} \quad \text{формулаары арқылы}$$

анықталады.

Металл қалыңдығы $S > 3$ мм болғанда толық балқытуды қамтамасыз ету үшін металл жиектерін 45° қиғаштап қияды. Жіктің бірінші салынуында (түбір жікте) негізгі металл жиектері толық балқытылады, қосымша металл қолданбай, немесе қосымша металл өте аз шамада қолданылады, мұны қосымша металды «жалату» дейді. Жіктің келесі қабаттары қосымша металл беріліп қалыптасады. Пісіруді сол бағытты да, оң бағытты да тәсілмен жүргізеді. Пісіру ваннасының мөлшері шағын болуы керек. Балқытылған металдың аса қыздырылуына жол бермеу керек. Сондықтан әр балқыған металл қабаты жұқа

болуы қажет. Металл қалыңдығы 6 мм болғанда жік толтырылуы 2 қабатты, ал металл қалыңдығы 12 мм болса жік толтырылуы 5 қабатты болып келеді.

Құбырларды пісіруде құрастыру арнайы орталықтандырушы сайманмен жүргізіледі. Жиектер аралығындағы саңлау 0,5 мм. Үш жерден іліністірме жік салынады. Егер қоршаған орта температурасы нөлден төмен болса, онда пісірілетін жиектер шілтер жалынымен жергілікті 500-600 К-ке қыздырылады.

Пісіруді шеңбер жартысы пісірумен қамтылғанша үзбей жүргізу ұсынылады. Соңғы пісіру ваннасын толтыруда жалынды жайлап кері шығару керек. Жалын алауы жікті қыздыруы күрт үзілмей, жікті қыздыруды жалғастыра барып жүргізілуі шарт. Екінші шеттен пісіруді бастарда жиектер түйіскен аумақты алдын ала 500-600 К қыздыру керек. Пісірілген жалғастың құрылымы мен қасиетін жетілдіру үшін жергілікті термоөңдеу жүргізіледі. Термоөңдеу ажырамалы электр пешпен немесе газ шілтермен жүргізіледі. Термиялық өңдеумен қамтылған аумақ пісірілген жік енінен 15 есе артық болуы керек (әдетте 15 S етіп алуда орын алады).

Термиялық өңдеу 1150-1200 К-ке қыздырумен жүргізіледі. Көміртек шамасы салыстырмалы төмен болған жағдайда жоғары температуралы жасыту 950-970 К (677-693⁰С) жүргізіледі.

Осындай технология қасиеттері негізгі металл көрсеткіштеріне жуық түйістіріліп пісірумен жалғастырылған құбыр өндіруді іске асырады.

Шойынды пісіру. Шойын дегеніміз – темір мен көміртек қорытпасы, құрамында көміртек шамасы 2%-дан 6,6%-ға дейін. Іс жүзінде қолданылатын шойын құрамында көміртек 2,5-4% аралығында болып келеді. Темірде көміртек 2%-ға дейін қатты ерітінді құрайды. Сондықтан шойын құрамында бос көміртек орын алады. Көміртек шойында екі түрде: графит және темірмен химиялық қосынды Fe_3C болып қалыптасады. Fe_3C цементит болып аталады. Графит С шойында әдетті жағдайда салыстырмалы ірі мөлшерлі болғанда шойынды сұр шойын деп

атайды. Себебі мұндай шойынның омырылған жерінің түсі әдеттегі болатқа (темірге) тән жылтыр емес сұрғылт болып келеді. Шойын құрамына арнайы элемент магний қосу арқылы графитті майда мөлшерлі етіп калыптастырады. Мұндай құрылымды шойынды модифицирленген шойын деп атайды.

Құрамында графит химиялық қосынды Fe_3C болған жағдайда шойынды ақ шойын деп атайды. Ақ шойындар жоғары қаттылықты және морт. Сондықтан олар машина тетіктерін жасауда толық дерлік қолданылмайды. Ақ шойынды ұзақ уақыт 1070-1300 К ($843-1027^{\circ}\text{C}$) температурада тотықтандырушы немесе нейтральды атмосферада жасыту арқылы ақ шойыннан қақталғыш шойын деп аталатын шойын түрі алынады. Алайда бұл шойында қақтауға келмейді.

Шойынның құрылымы мен қасиеті оның құрамына және жоғары температуралық аумақта суыту жылдамдығына тәуелді. Тез суытуда көміртек Fe_3C қосынды түрінде болады да ақ шойын қалыптасады. Баяу суыту нәтижесіне Fe_3C ыдырап бос көміртек бөлінеді, мұны шойынның графиттенуі деп атайды. Нәтижесінде сұр шойын қалыптасады. Шойын графиттенуіне шойын құрамындағы кейбір элементтер әсер етеді. Бұл элементтер қатарына С, Si, Al т.б. жатады. Егер шойын құрамында Si 4% шамасында болса, онда ол темір_карбидінің толық ыдырауына алып келеді. Кейбір элементтер Mn, Cr т.б. графиттенуді тежейді, ақ шойын қалыптасуына ықпал етеді. Шойын қатты және морт болғандықтан пластикалық деформациялау тәсілімен (илемдеу, қақтау т.с.с.) өңдеуге келмейді. Сондықтан шойыннан әдетте құйма бұйымдар өндіріледі. Шойынның құрамы құйылатын бұйымның тағайындалуына орай әр түрлі болады. Әдетте құйма машина тетіктерінде сұр шойын қолданылады және оның құрамы: $2,8 \div 3,6\% \text{ C}$; $1,5 \div 2,5\% \text{ Si}$; $0,6 \div 1,0\% \text{ Mn}$; $\text{P} \leq 0,8\%$; $\text{S} \leq 0,12\%$. Күкірт зиянды қосынды, фосфор шойынның сұйық ағымдылығын өсіреді.

Шойынның жылуөткізгіштігі болаттардан шамалы төмен. Қыздыруда ұлғаю коэффициенті болатпен қатарлас, шойынның балқу температурасы 1420-1520 К ($1147-1243^{\circ}\text{C}$).

Шойындарды пісіру бұйымдарды жөндеу жұмыстарында қолданылады:

1) Шойын құймаларында орын алатын әр түрлі ақаулықтарды жөндеуде (құюда ойықтану, топырақтану, толық құйылмау, бұйым мөлшерінің толық қалыптаспауы, сызаттану) бұл ақаулықтар бұйымды механикалық өңдеу барысында, кейде механикалық өңдеу толық аяқталғанда анықталады.

2) Дайын бұйымдарды эксплуатациялауда кейде кездейсоқ бұзылуын, үйкелістен тозуын жөндеуде қолданылады.

Шойын ерекшелігіне орай оны пісіруде бірқатар технологиялық тәсілдер қолданылады:

1) пісіру орнын қыздыру баяу жүргізіледі, сонда графиттің балқытылған ваннада ерітілуі қамтамасыз етіледі, графит ерітіндіге кірмеуі және ваннаның үрленуі жік металының ақтануына алып келеді;

2) графиттендіруші элементтердің минимальды тотығу жағдайын қалыптастыру (негізінен көміртек пен кремний) ваннаның аса қыздырылуын шектеу (нәтижесінде суытылуында графит бөлінуі төмендейді) және балқыған металдың араласуы және С пен Si-дің тотығуын кеміту;

3) пісіруден соң баяу суыту, сонда жік және жік аумағының ақ шойындалуына орын берілмейді.

Пісіру байыпты (нормальды) реттелген жалынмен жүргізіледі, ацетилен көлемі сәл басымдылықты $V_0/V_a \approx 1$.

Жалынның қуаты әр 1 мм қалыңдыққа 75-100 дм³/сағ есебінен беріледі. Қыздыру шоғырлануын төмендету үшін ядро металл бетінен болаттағыдан қашық етіп алынады.

Шойынды газжалынымен пісіру қосымша қыздырусыз, жергілікті алдын ала қыздыру, кейде пісірумен ілеспелі қыздыру қолданылып жүргізіледі. Күрделі тұлғалы бұйымдарды пісіруден соң суытылуы баяу біркелкі болуы керек. Пісіруді тек төменгі жағдайда жүргізу керек. Бұйымды төменде пісіруге ыңғайлы етіп орналастыру қажет.

Жік металы сұр шойын болып қалыптасуы үшін қосымша металл ретінде қолданылатын шойын құрамы төмендегідей:

3÷3,6% C; 3,6÷4,0% Si; 0,5÷0,8% Mn; <0,08 S; 0,2÷0,5% P (марка Б).

Құйма сотан диаметрі d=4; 6; 8; 10; 12; 16 мм, ұзындығы L=250...450 мм аралығында болып өндіріледі.

Балқытып қаптастырылған шойын білікшенің қаттылығы: А; Б маркалы қосымша сотан қолданғанда Брунелль межесі бойынша 230 НВ; НЧ-1, НЧ-2 қолданғанда ≤240 НВ; БЧ маркалы сотан қолдануда Роквелл межесімен 44-66 НR_c; ХЧ маркалы сотан қолдануда 48-52 НR_c.

7-кесте

Шойынды газбен пісіруге арналған шойын сотан құрамы, %

Марка	C	Si	Mn	S	P	Ti	Ni	r
А	3,0...3,5	3,0-3,4	0,5-0,8	<0,08	0,2-0,4	-	-	-
Б	3,0...3,5	3,5-4,0	0,5-0,8	<0,08	0,3-0,5	-	-	-
НЧ-1	3,0...3,5	3,0-3,4	0,5-0,8	<0,05	0,2-0,4	0,4	0,5	-
НЧ-2	3,0...3,5	3,5-4,0	0,5-0,8	-//-	-//-	0,03	0,08	-
БЧ	2,5...3,0	1,0-1,5	0,2-0,6	-//-	<0,1	-		-
ХЧ	2,5...3,0	1,2-1,5	0,5-0,8	-//-	<0,1	-		1,2-2,0

Ванна түбінде FeO болуы елеулі көлемді СО бөлініп шығуына әкеледі. Ванна температурасында 1 г FeO-ның көміртеппен әсерлесу нәтижесінде 2000 см³ СО бөлінуі мүмкін. Сондықтан тотықты қожға шығару үшін флюс қолданылады, флюс маркасы мен құрамы төменде келтірілді.

8-кесте

Шойынды пісіру флюстер құрамы, %

Флюс маркасы	№1	№2	№3	№4	№5
Қақталған бура Na ₂ B ₄ O ₇ ·H ₂ O	100	56	50	-	23

8-кестенің жалғасы

Көмірқышқыл натрий	Na_2CO_3	-	22	-	50	27
Көмірқышқыл калий	K_2CO_3	-	22	-	-	-
Қос көмірқышқыл сода	NaHCO_2	-	-	47	50	-
Кремний тотығы	SiO_2	-	-	3	-	-
Азотқышқыл натрий	NaNO_3	-	-	-	-	50

Кестеде келтірілген флюстер ұнтақ материалдар.

БМ-1 маркалы газ күйлі флюс бар.

Шойынның елеулі тотықсыздануы флюс №5 пен пісіруде орын алады.

Пісіру ұзындығы 25-50 мм ушаскемен пісіріледі. Бастапқы да шілтерді металл бетіне перпендикулярлы ұстайды. Металл балки бастағанда шілтерді металл бетіне қалыңдығына сәйкесті ф бұрышына еңкішті етіп ұстайды. Балқыған металл ашық жарық түйіршіктерден әр түрлі бейметалл араластардан қосымша металл және флюспен тазартылады да, содан кейін жік көлденең кимасы қосымша металмен толтырылады. Қосымша металл ұшы ванна түбіне үйкелісті қозғалыста болады.

Бір ушаске толтырылып болған соң екінші учаскеге ауысады. Пісіруді мүмкіндігінше жылдам, үзіліссіз жүргізу қажет. Пісіруден соң баяу суытады. Сонда металл кескіш аспаптармен жеңіл өңделеді.

Жұқа қабырғалы бөлшектердің ақаулықтарын пісіруде қосымша металл НЧ-1, флюс №5 қолданылады.

Қабырғасы қалың бұйымды пісіруде арнайы флюс – паста қолданылады:

Бура балқытылған – 40 %;

Көмірқышқыл литий – 15 %;

Фторлы натрий – 12 %;

Азотқышқыл калий – 10 %;

Титан қостотығы – 5%;

Ферротитан – 11 %;

Темір ұнтағы – 7 %.

Паста керосинде ерітіледі (құрғақ аралас флюс материалының әр 100 салмақ бөлігіне 14 салмақ бөлік керосин алынады). Қосымша металл маркасы НЧ-2.

Пісіру алдында шілтер жалынымен жергілікті қыздыру жүргізіледі 600-700 К-ке дейін, күрделі тұлғалы тетіктер үшін көрсетілген температураға дейін жалпы қыздыру қолданылады.

Модификацияланған шойынды пісіруде, қосымша металл құрамында 0,1% шамасында магний болады. Сызаттану орын алмауы үшін шойынды алдын ала 750 К-тен жоғары температураға қыздырады.

Шойын құйма ақаулықтарын төмен температурада (балқытып толтыру) пісірумен толтыру тәсілі бар. Негізгі металл балқытылмайды. Сондықтан бұл тәсіл пісіру-дәнекерлеу боп аталады. Жұқа қабырғалы бөлшектерде НЧ-1, НЧ-2 маркалы құйма сотандар қолданылады. Арнайы флюс қолданылады. Флюс құрамы 9-кестеде келтірілді.

9-кесте

Флюс құрамы

Компонент	Құрамы, %	
	ФСЧ-1	ФСЧ-2
Балқытылған бура	23	18
Кальцинирленген сода	27	25
Құрғатылған натрийлі селитра	50	56,5
Сусызданған көмірқышқыл литий	-	0,5
Су	1*	1*

* - Құрғақ құрам массасына қатынасты пайыз

Қазіргі уақытта шойынды арнайы құрамды қаптамалы электродпен электродоғалы қолдан пісіру тәсілі игерілген.

Шойын алдын ала қыздырылмай пісіріледі. Сондықтан шойынды газбен пісіру ауқымы тарылуда.

4.4. Алюминий және оның қорытпаларын пісіру

Алюминий жеңіл металл, тығыздығы $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Балку температурасы 931К. Жылу өткізгіштігі жоғары (темірден үш есеге жуық артық), жылудан ұлғаю коэффициенті жоғары (темірден екі есе артық). Алюминийдің қасиеті күйіне қарай (құйма, бекімделген, жұмсартылған) алшақты болып келеді.

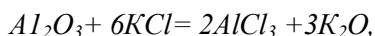
Алюминий негізді бірнеше қорытпалар өндіріледі. Оларды негізгі екі топқа бөледі: құйма қорытпалар және деформацияланатын қорытпалар. Кең тараған құйма алюминий қорытпасы *силумин болып* аталады. Алюминийді газбен пісіру өте сирек, негізінен жөндеу жұмыстарында қолданылады.

Алюминийді және оның қорытпаларын пісірудегі негізгі қиындықтар бұл металдың жоғары жылу өткізгіштігі және жеңіл тотығуында. Алюминий тотығы Al_2O_3 баяу балқиды. Балку температурасы 2323 К. Алюминий қорытпаларын пісіруде қыздырылу аумағы кең болып келеді, сондықтан деформациялану орын алады.

Жалын қуатын анықтау металл қалыңдығына орай болатқа сәйкесті жүргізіледі. Жалын байыпты реттеледі $\beta=1\div 1,2$. Негізгі және қосымша металл үстіңгі бетіндегі қалың тотық қабатты тазарту пісіруге дайындық ретінде жүргізіледі. Тазарту әдетте химиялық желіну тәсілімен жүргізіледі.

Металл бетін тотықтан тазартып өндеу пісіру жұмысынан 8 сағаттан артық емес уақыт аралығында жүргізіледі. Пісіру алдында металл жиектерін болат талшықтармен тазартады.

Пісіру процесінде тотықтар сілті металдардың галоидтық тұздарынан тұратын флюстермен пісіру ваннасынан шығарылады. Төменде тотықтан тазарту химиялық реакция типі келтірілді.



AlCl_3 қосындының қайнау температурасы 456K болғандықтан ол буланып атмосфераға кетеді. Әдетте флюстер бірнеше құрағыштардан тұрады. Төменде алюминий және оның қорытпаларын пісіруге арналған флюстер құрамы келтірілді.

1. 14% LiCl , 50 % KCl , 28 % NaCl , 8 % NaF (флюс АФ-4А);
2. 15 % LiCl , 45 % KCl , 33 % NaCl , 7 % NaF ;
3. 29 % KCl , 19 % NaCl , 48 % BaCl_2 , 4 % CaCl_2 ;
4. 51 % KCl , 41 % NaCl , 8 % NaF .

Флюстер ұнтақ түрінде, сондай-ақ суда немесе спиртте шланған қойырtpaқ түрінде қолданылады.

Алюминийдің балқыту жылулығы болаттың балқыту жылулығынан артық. Сондықтан алюминийді балқыту үшін қыздыру уақыты ұзақ және бірден мол көлемді ванна қалыптасады. Бұл жағдай алюминийді пісіруде қолайсыздық туындатады.

Құйма алюминий қорытпаларын пісіруде сызаттану орын алады. Сондықтан құйма бұйымды пісіру алдында 550 K қыздыру қолданылады. Дюралюминдерді пісіруде жеңіл балқитын эвтектика Al-Cu қалыптасуы нәтижесінде пісіруде сызаттану орын алады. Бұған жол бермеудің сенімді тәсілі қазірше табылған жоқ.

Техникалық таза алюминийді пісіруде – таза Al сым, немесе АК5 және АМц құрамды сымдарда қолданылады. AlMn қорытпаларын пісіруге жоғарыда келтірілген сымдар қолданылады. Алюминий-марганец қорытпасы жұқа болғанда, металл қалыңдығы 1 мм болса жақсы пісіріледі.

Al-Mg қорытпаларын пісіруде – сым АМг. Сым құрамы негізгі Al-Mg қорытпасындай болса Mg тотығу салдарынан жік беріктігі 5...10 % төмен болып қалыптасады.

Термиялық өңделмейтін (АМг5 типті) Al-Mg қорытпаларын пісіруде АК типті сымды қолдануға болмайды.

Себебі магний силициды құрылып, жік кристаллитті межелерінде металл беріктігін төмендетеді. Бірақ коррозияға қарсы тұрақтылығы өседі.

Al-Mg-Si қорытпалары кристалдануда сызаттануға бейімді болып келеді. Пісіру сымдары таврлы, бұрышты жалғас үшін – АК5; түйістірілген жиектері алшақтанбаған қосылыстар үшін – АК10. Әр түрлі алюминий қорытпаларын пісіруде (құю ақаулықтары, сызат) – сым негізгі металл құрамды немесе АК5; Св-АК12 маркалы.

Флюстер: сілтілі, жер сілтілі металдардың галиод тұздарының ерітіндісі. Флюсті сым бетіне, металл жиегіне кылшашақпен жағады.

10-кестеде алюминийді пісіруде металл қалыңдығына орай ацетилен қарышталуы келтірілді.

10-кесте
Алюминийді пісіруде ацетилен қарышталуы

Металл қалыңдығы, мм	1,5	1,6...3	3,1...5,0	5,1...10	10,1...15	15,1...25
Ацетилен шығын, дм ³ /сағ	50...100	100...200	200...400	400...700	700...900	900...1200

Пісіру төмендегі жағдайда жүргізіледі. Төбеде пісіру орын алмайды. Пісіру тез орындалуы шарт.

Құйма бұйымдарды жергілікті немесе толық қыздыру – 250...300⁰С-қа.

Силуминді 350-400⁰С-қа қыздыру.

Суыту баяу болуы керек, сол үшін бұйымды асбестпен жабу; құмға көміп суыту; 300-350⁰С-де 2...5 сағат аралығында жұмсарту термоөңдеуден өткізіп баяу суыту жүргізіледі.

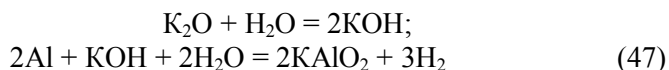
Қосымша металл құрамы негізгі металл құрамына сәйкесті алынады. Қосымша сым диаметрі негізгі металл қалыңдығына сәйкесті алынады.

Алюминий қорытпаларын пісіруде қосымша сым диаметрін металл қалыңдығына сәйкесті алу төменде келтірілді:

Металл қалыңдығы, мм 1,5 1,5-3 3-5 5-7 7-10

Қосымша сым диаметрі, мм 1,5-2 2,5-3 3-4 4-4,5 4,5-6,5

Алюминий және оның қорытпалары сол бағытты тәсілмен пісіріледі. Пісіру аяқталған соң металл флюс қалдықтарынан мұқият тазартылады. Себебі флюс қалдықтары жік металын да, негізгі металды да химиялық әсерлі жейді. Мұнда төменде келтірілгендей химиялық реакциялар орын алады:



Келтірілген (47) реакциялар нәтижесінде қалыңдығы 8-10 мм металл пісіруден соң бірнеше апта аралығында қалыңдығын толық бойлай желінеді. Сондықтан флюс қалдығын толық тазарту мүмкін емес құрылымдар газбен пісірілмейді.

Ұзындықты жік іліністіру жіктері салынып пісіріледі. Іліністіру жіктерінің адымы (ара қашықтығы) металл қалыңдығы 0,5 мм болса 15 мм, металл қалыңдығы 4 мм болғанда 35 мм-ге дейін болып алынады.

4.5. Мыс және оның қорытпаларын пісіру

Мыс ауыр үлесті массасы $\gamma = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, созымтал, қақтауға бейімділігі жоғары металл. Мыстың электр өткізгішті, жылуөткізгіштігі (шамамен темір жылуөткізгіштігінен 6 есе артық) жоғары. Балқу температурасы 1356 К. Мыстағы әдеттегі қосындылардың бірі оттектен, 0,15%-ға дейін. Оттек пісіруде зиянды қосынды. Сапалы пісірілген жалғас алу үшін мыс құрамында оттектен $\text{O}_2 \leq 0,01\%$ -дан аспағаны жөн. Бұл қатарға М0, М1, М3С мыс маркалары жатады. Пісіруде мыс құрамында сутекте зиянды. Сутек оттектен қосынды су буын қалыптастырып кристалл түйіршіктері аралығындағы байланыстықты үзеді. Мұны мыстың «сутегілік дерті» деп атайды.

Жоғары температурада (≥ 480 К) мыстың беріктік қасиет көрсеткіштері төмендейді. 520-820 К-те созымталдығы да төмендейді. Аталған температуралар аралығында қатаң құрылымдарда пісіруде сызаттану орын алуы мүмкін. Сондықтан пісіруді екі қабат жікпен жүргізуге болмайды, бірінші қабат жік жалғасқа қатандық береді. Іліністіру жіктері де қолданылмайды. Құрастыруды жылжымалы бекіттіргіштермен жүргізеді. 480-820 К температура аралығында жікті қақтауға болмайды.

Мыстың жылу өткізгіштігі жоғары болғандықтан жалынның қуаты да жоғары болуы керек. Металл қалыңдығы $3 \leq S \leq 4$ мм болғанда ацетилен жалынының қуаты 1 мм металл қалыңдығына 150...175 дм³/сағ, металл қалыңдығы 8...10 мм-ге дейін болғанда 175...225 дм³/сағ етіп алынады.

Мыс әр түрлі қосындылардан таза болса, құрамында оттек шамасы неғұрлым төмен болса, соғұрлым пісіруге бейімді болады. Сондықтан пісірумен өндірілетін бұйым, құрылымдарда қолданылатын мыс маркалары М1р, М2р, М3р құрамында оттек шамасы төмен 0,01%-ға дейін.

Мысты нормальды (байыпты) жалынмен пісіреді. Тотықтырушы жалында мыс қарқынды тотығады. Тотықсыздандырушы жалынмен пісіруде жік металында кеуек және сызат орын алады.

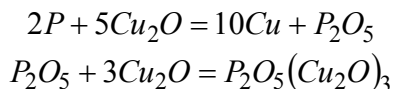
Пісірілетін бұйым жатық бетке 10^0 бұрышты көлбеулі етіп орналастырылады. Пісіруді өрлеу бағытта жүргізеді. Шілтер ұштығы пісірілетін бұйым бетіне $40...50^0$ еңкіштілікті болып бағытталады. Қосымша сым – $30...40^0$ еңкішті болып ұсталады. Тік бетте пісіруді төменнен жоғары қарай бағыттап жүргізеді, шілтер ұштығының металл бетіне еңкіштігі 30^0 .

Қосымша сым диаметрі металл қалыңдығына тәуелді алынады.: (0,5...0,75) S мм, бірақ 8 мм-ден артық емес. S – пісірілетін металл қалыңдығы, мм. Пісіру сымы бірқалыпты, шашырамай балқытылуы керек. Сымның балқу температурасы негізгі металл балқу температурасынан төмен болғаны жөн.

Пісіру жалыны нормальды ($\beta=1 \div 1,1$) етіп реттеледі. Ванна металында оттек шамасы төмен болуы үшін жалын газдарының

балқытылған металмен әсерлесу уақытын қысқарту керек. Сондықтан пісіру жылдамдығы жоғары болуы шарт. Сонымен қатар, ваннаға қосымша сым арқылы тотықсыздандырушы элементтер ендіру және бор тотығы мен натрий тұздары негізінде флюстер қолдану керек. Металл жұқа болса флюс қолданбауға болады, себебі флюс қолдану пісіру жылдамдығын баяулатады.

Мысты пісіруде тотықсыздандырушы элементтер: фосфор, кремний, марганец. Фосфор арқылы тотықсыздандыру төменде келтірілген реакция бойынша өтеді:



Қосымша металда ваннаны тотықсыздандыруға жеткілікті фосфор қосындысы ~0,2%. Мыс қалыңдығы 10 мм-ден артық болса қосымша сым құрамында жоғарыда көрсетілген фосформен қатар 0,15...0,3% кремний болуы жеткілікті. Қосымша сым құрамында сондай-ақ Mn, Sn, Ag ($0,8 \leq Ag \leq 1,2$) болады.

11-кестеде мыс қалыңдығына сәйкесті қолданылатын пісіру сым диаметрі келтірілді.

11-кесте

Мысты пісіруде металл қалыңдығына сәйкесті сым диаметрі

Металл қалыңдығы, мм	≤1,5	1,5...2,5	2,5...4	4...8	8...15	≥15
Сым диаметрі, мм	1,5	2	3	4...5	6	8

12-кестеде мысты пісіруде қолданылатын флюстер құрамы келтірілді.

Мысты газбен пісіруде флюс құрамы

Компонент	Құрамы, %								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бура құрғатылған	100	-	50	75	50	50	70	56	78
Бор қышқылы	-	100	50	25	35	-	10	-	4
Ас тұзы	-	-	-	-	-	-	20	22	13
Қышқыл фосфор қышқылы Na	-	-	-	-	15	15	-	-	-
Кварцты құм	-	-	-	-	-	15	-	-	-
Ағаш көмірі	-	-	-	-	-	20	-	-	-
Көмір қышқыл калий (поташ)	-	-	-	-	-	-	-	22	-
Натрий бикорбанаты	-	-	-	-	-	-	-	-	5

Металл қалыңдығы $S > 3$ мм-ден артық болса пісіру жиектерін V-үлгілі етіп қиғаштап қияды. Қиғаштау бұрышы $\alpha = 45^\circ$. Металл жиегінің қалыңдығы $c = \frac{S}{5}$ мм етіп тік қалдырады (қиғашталмайды). Бұл жиек қалыңдығы жік түбірін күйдіріп ойықтамай пісіруге мүмкіндік береді. Металл қалыңдығы $S > 10$ мм-ден артық болса, онда пісіру жиектерін Х-үлгілі етіп дайындайды.

Жік металы сапасын жетілдіру мақсатында $200...300^\circ\text{C}$ қақтау жүргізеді. Кейде $550-600^\circ\text{C}$ -та жұмсату термоөңдеуі суда тез суытумен жүргізеді. Нәтижесінде жік металы құрылымында түйіршіктер мөлшері ұсақталады.

Мыс қорытпаларын пісіру технологиясы. Өнеркәсіпте мыс негізді қорытпалар кең қолданылады. Бұлардың арасында кең өріс алған қорытпалар жез және кола. Жез – мыстың мырышпен қорытпасы, кейде басқа қоспаларда орын алады. Жез құрамында мырыш 37 %-ға дейін болғанда қорытпа бір фазалы, α – фазалы болады. Бұларды α – жез деп атайды. Мырыш шамасы 37 %-дан артық болса жез екі фазалы $-(\alpha+\beta)$ фазалы болады да, бұларды $(\alpha+\beta)$ жез деп атайды.

Пісіру процесінде мырыш тотығу және булану нәтижесінде ысырапталып жез құрамындағы мырыш шамасы төмендейді. Бастапқы Zn 37-38 % пісіру жігінде 22-27 %-ға дейін төмендейді. Мырыш булануы нәтижесінде пісірілген жікте кеуктену орын алады.

Мырыштың ысырапталуын төмендету үшін жез құрамына кремний қосылады немесе кремний қосымша металл құрамында беріледі. Жезді пісіруде қосымша металл ретінде ЛК 62-05 маркалы жез сым қолданылады, мұның құрамы 62 % Cu, 0,3-0,7 Si, қалғаны Zn. Сондай-ақ қолалы жез ЛКО-59-1-0,3 қолданылады, құрамы: 59 % Cu, ~ 1 % Si, 0,3-0,5 Sn. Пісіруді әдетте бір жақты жік салып жүргізеді. Пісірілген жалғас 500-550 °C-та жұмсарту термиялық өңдеуінен өткізіледі.

Өндірісте, техникада, аспаптар жасауда, зергерлік бұйымдарда қолданылатын мыс қорытпалары бірнеше. Өндірісте кең өріс алған, пісіру т.б. технологиялық өңдеулерге жататын мыс қорытпалары екі негізгі топқа бөлінеді. Олар – жез және қола, бұлардың әрқайсының бірнеше маркалары бар.

Жездер. Мыстың мырышпен қорытпасы жез болып аталады. Мыс құрамында мырыш шамасы 37 %-ға дейін болса қорытпа бір фазалы, α -фазалы болып қалыптасады. Бұларды α -фазалы жез деп атайды. Бұл жездердің құйма бұйым өндіруде қалыпты толтыру қабілеттілігі төмен. Салқындай (қыздырмай) қысыммен өңдеуге бейімділігі жоғары. Пісіру технологиясына да салыстырмалы жақсы бейімді.

Жезде мырыш шамасы 37 %-дан артық болса құрылымы екі фазалы ($\alpha+\beta$) болып қалыптасады. Екі фазалы $\alpha+\beta$ жездер деп атайды. Екі фазалы жездердің құйма бұйым өндіруге бейімділігі жоғары. Қыздырмай деформациялауға қабілеттілігі төмен.

Қорытпа құрамында мырыш шамасы 20 %-ға дейін болса, онда бұл жездерді **томпак** деп атайды. Томпактың физикалық, химиялық қасиеттері басқа жез маркаларымен салыстырғанда мысқа жақын.

Жездердің тығыздығы $(8,5...8,85) \cdot 10^3$ кг/м³; балку температурасы 1160...1210 К. Томпактың балку температурасы 1340 К-ке дейін барады.

Жезді пісіру. Жездерді пісіруде мырыштың елеулі әсері бар. Мырыш мысты тотықсыздандырушы элемент, оның оттекке жақындығы мыстан жоғары. Сондықтан жездерді пісіруде қорытпа негізі мыс жеткілікті дәрежеде тотықсызданған болып келеді. Пісіру процесінде мырыш қарқынды тотығады. Пісіру жалыны температурасында мырыш буланады. 900⁰С-ден бастап мырыш булана бастайды. Пісіру ваннасында сутек болуы мырыштың булануын күшейте түседі. Жинақты түрде айтқанда жезді пісірудегі қиындықтар: мырыштың тотығуы, ванна металында ерітінділенген газдардың болуы және жік металында кеуек болуы, жік металы және жік аумағында кеуектену, сызаттануға бейімділіктің жоғары болуы. Мыс құрамында 37-38% Zn болғанда, тотығу салдарынан жік металында 22...27% Zn болады. Сондықтан мырыштың тотығуын тежеу шаралары қолданылады.

Жезді пісіруде тотықтырғыш жалын қолданылады, $\beta=1,3...1,4$. сонда ванна бетінде қалыптасқан Zn тотығы ваннаның тотығуын тежейді. Сутек жалын ядросынан шамалы қашықтықта тотығып H_2O булары қалыптасады. Нәтижесінде ваннада сутек шамасы төмендейді.

Қосымша сым ретінде – жез Л62, Л65 пайдаланылады, мырыштың булануын болдырмау үшін газ күйлі флюс БМ-1 қолданылады. Флюс құрамы метилборат 75% және 25% метил спирті. Мырыштың тотығудан ысырапталуын кеміту үшін ваннаға кремний келтірілгені нәтижелі болып келеді.

ЛК62-05 сым ұнтақ флюстерді қолдануда пайдаланылады. Аталған маркалы сымды қолдануда мырыштың тотығуы 0,7...1%-дан аспайды. Жіктің механикалық қасиеті жоғары, жік металында газ кеуектері толық дерлік болмайды.

Жез сым Л060-1 – теңіз суында жұмыс істейтін коррозияға қарсы тұрақтылығы жоғары болуды талап етілетін бұйымдарды пісіруге арналған.

Кремний мен қалайы металдың балқу тереңдігін өсіреді және балқыған металдың ағымдалғыштығын ұлғайтады. Жез құбырларды түйістіріп пісіруде және сұйық заттар

сыйымдылықтарын пісіруге ЛОК-59-1-03 маркалы сым арналған.

Сым ЛКБО-62-02-004-05 кремний – бор-қалайымен легирленген, әдетте қолданылатын жездерді пісіруге арналған, өздігінен флюстенеді, жалғастың жоғары механикалық қасиеттерін және тығыздығын қамтамасыз етеді. Бұл сымды пайдаланғанда флюстің қажеттігі жоқ, өздігінен флюстену орын алады.

Жезді пісіруде қолданылатын флюстер мысты пісіруге арналған флюстерге сәйкесті. Ұнтақ флюстің белсенді компоненті бор ангриді B_2O_3 . Пісірудегі негізгі оксидтер бор ангридімен әсерлесіп күрделі бораттар қалыптастырады.

Мырыш тотығы улы зат. Сондықтан пісіруші респиратор қолдануы шарт.

Металл жиегін пісіруге дайындаудың мәні зор. Металл қалыңдығы $S \leq 1$ мм болса, онда металл жиегін қайырып ию қолданылады. $S = 1 \dots 5$ мм – металл жиегін қиғаштап қимай түйістіріп пісіру жүргізіледі. $S = 1 \dots 6$ мм – бір жақты қиғаштап $\sqrt{}$ -үлгілі етіп дайындайды. Қиғаштап қию бұрышы $35 \dots 45^\circ$; тұқырлау қалыңдығы $1,5 \dots 3$ мм; жиектер аралығында саңлау $2 \dots 4$ мм. Металл қалыңдығы жоғары болса $S = 15 \dots 25$ мм – түйістіріп пісіру жиектерін Х-үлгілі дайындау қолданылады. Қиғаштап қию бұрышы $70 \dots 90^\circ$; тұқырлау $2 \dots 4$ мм болып алынады. Металл қалыңдығы $6 \dots 15$ мм болса V-үлгілі дайындалады, қиғаштап қию бұрышы $70 \dots 90^\circ$.

Жалын қуаты $100 \dots 120 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ әр 1 мм металл қалыңдығына, жезді аса қыздырмау және цинктің булануын өсірмеу үшін. Жалын ядросының пісіру ваннасынан қашықтығы болатты пісірумен салыстырғанда 2-3 есе артық етіліп алынады.

Жалынды негізінен қосымша сымға бағыттайды, сым мундштукта 90° болып орналасады. Сымның ұшын ауық-ауық флюске малып алып тұрады. Флюсті пісіру ваннасына және жік жиегіне төгеді. Пісіруі максимальды жылдамдықпен сол бағытты тәсілмен жүргізіледі.

Сым диаметрін металл қалыңдығына сәйкесті, бірақ 9 мм-ден артық емес етіп алады. Пісіруді сол бағытты тәсілмен бір қабат жік салып, металл жиегі қалыңдығын толық балқытып жүргізеді. $S > 3$ мм болғанда жікті екінші жағынан пісіру қолданылады. $S > 5$ мм болғанда технологиялық төсем қолданылады, мыстан, немесе ыстыққа төзімді болаттан. Жік горизонтқа 10^0 еңкіштікте пісіріледі.

Көп қабатты жік алуда қосымша сым ЛК62-05, флюс – құрғатылған бура қолданылады. Алдыңғы жік мұқият тазартылады.

Балқыған жез ағымдылықты, сондықтан горизонталь және тік бетте пісіру қиындатылады. Ацетиленнің қарышталуы $35...40 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ әр 1 мм қалыңдыққа етіп алынады. Сым диаметрі төменде пісірудегіден 1 мм-ге төмен. Тік бетте пісірілген жіктің механикалық қасиеті төменде пісіргеннен 15...20 %-ке төмен. Себебі жікте майда кеуек қалыптасады.

Жік металын тығыздау және беріктігін өсіру үшін қақтау қолданылады. Жезде мыс $\text{Cu} < 60\%$ болса қақтау 150^0C -та жүргізіледі, $\text{Si} > 60\%$ болса қақтау салқындай жүргізіледі. Қақтаудан соң $600\text{--}650^0\text{C}$ -та жұмсарту жүргізеді. Майда түйіршікті құрылым қалыптастыру және қақталманы алып тастау үшін.

Жезді пісіруді ацетилен орнына жүретін газдармен де жүргізуге болады. Пісіру ережесі ацетилен-оттек жалынымен пісіруге аналогиялы. Мырыштың тотығудан ысырапталуын азайту үшін қосымша сым маркасы ЛК-62-05 жез және ұнтақ флюс пайдаланылады. Сапалы жік қалыптасуы қамтамасыз етіледі. Бірақ, пісірілген бұйым деформациялануы ацетилен-оттек жалынымен пісірудегіден жоғары.

Қолаларды пісіру. Мыстың мырыштан басқа элементтермен қорытпасын қола деп атайды. Әдетте мыспен қорытпа қалыптастыратын элементтер қалайы, алюминий, марганец, кремний т.б. буларды сәйкесті қалайылы қола, алюминийлі қола, марганецті қола, кремнийлі қола деп атайды. Қазіргі өнеркәсіпте кең тарағаны қалайылы, алюминийлі, кремнимарганецті қолалар. Жалпы қолаларды негізгі екі топқа

бөліп – қалайылы және қалайысыз қолалар деп қарастырады. Қолалармен басым көпшілік жағдайда құйма тетік, бұйымдар өндіріледі.

Қоланы пісіру құйма ақаулығын түзету, құйма бұйымдарды жөндеу және балқытып қаптастыру үшін қолданады.

Қалайылы қолада қола шамасы 25%-ға дейін болады. Өндірісте кең тараған қолалар құрамында қалайы 8...12% шамасында болып келеді.

Қалайылы қола қорытпада күшті ликвация орын алады, қыздыруда қалайыға бай балқыма құрамының жеңіл балкитын бөлігі ішкі кернеумен бұйымның үстіңгі бетіне қарай ығыстырылады. Нәтижесінде қалайы ұсақ тамшы болып бетке шығады. Мұны «қоланың терлеуі» дейді. Айтылған құбылысқа орай қыздырылған қола морттанады. Құрамында Sn 8%-дан төмен қоланың балқу температурасы 1000-1030⁰С, үлесті тығыздығы 8,4 г/см³. Қалайының балқу температурасы 232⁰С. Сондықтан «қоланың терлеуі» оның балқу температурасынан төмен, 232⁰С-тан жоғары температурада басталады. Сондықтан пісірілетін бұйымды температура біркелкі таратылатындай етіп қыздырады. Пісіру жалынымен жергілікті ұзақ қыздыру термиялық кернеу әсерімен «қоланың терлеуі» құбылысының ықтималдығы өседі. Сондықтан жергілікті ұзақ қыздыру орын алса пісіруде үзіліс жасап температураның теңелуіне мүмкін беру қажет. 620-700 К жоғары температурада бұйымды аударып-төңкеруге, қозғауға болмайды. Қалайылы қоланы пісіру қалыпты жалынмен жүргізіледі. Тотықтырғыш жалында қалайының тотығуы өседі. Ацетиленнің көбеюінен жікте сутектің ванна металында еруі салдарынан ванна катаюында кеуек қалыптасады. Жалын жұмсақ және болатты пісірумен салыстырғанда ваннадан қашығырақ ұсталғаны жөн.

Ацетилен қарышталуы 70...120 $\text{дм}^3/\text{сағ}$ металдың 1 мм қалыңдығына, жалын ядросы ванна бетінен 8...10 мм қашықтықта ұсталады. Құйма бөлшекті пісіруде 500...600⁰С-қа жалпы және жергілікті қыздыру қолданылады. Қыздыру пеште, көрікпен, газ жалынымен жүргізіледі. Пісіру жалынның

тотықсыздандырушы аумағымен жүргізіледі, қалайының тотығудан ысырапталуын азайту үшін.

Қосымша сым ретінде диаметрі 5...8 мм құйма сотан қолданылады. Сотан құрамында қалайы шамасы негізгі металдағыдан 1...2 % артық болып алынады. Кейде құрамы 95...96 % Cu, 3...4 % Sn және 0,4 % P-ға дейін қосымша металл қолданылады. Пісірілген жалғас әдетте, жұмсарту термоөңдеуінен өтеді. Пісірілген жалғас қасиеті негізгі құйма бөлшек қасиетіне сәйкесті болып қалыптасады.

Алюминийлі қоланы пісіруде негізгі қиындықтар баяу балқитын алюминий тотығы орын алуымен байланысты. Алюминий тотығының (Al_2O_3) балқу температурасы $2050^{\circ}C$, (таза алюминий балқу температурасы $660^{\circ}C$), тығыздығы $3,85 \text{ г/см}^3$ (алюминий тығыздығы $2,7 \text{ г/см}^3$). Пісіру ваннасында Al_2O_3 балқытылмаған жұқа қабыршық, түйіршік тұлғалы болып ваннаның түбіне шөуге бейімділікті болады. Ваннадан алюминий тотығын арнайы флюс әсерімен шығаруға болады. Қола құрамында $Al > 9\%$ -дан жоғары болғанда арнайы флюс қолданылады, оның құрамы: 12–16% фторлы натрий, 20 % хлорлы натрий, 20 % хлорлы барий, қалғаны – хлорлы калий. Алюминий тотығын ваннадан толық шығару мақсатында балқыған металды қосымша пісіру сымы ұшымен араластырып тұру керек. Пісіру жалыны нормальды реттелген, жалын қуаты металдың 1 мм қалыңдығына $120\text{--}170 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ болып алынады. Қосымша сым ретінде пісіруге арналған БрАЖМц 10-3-1,5 қолданылады. Ірі габаритты (ірі сыртшекті мөлшерлі).

Төменкремнийлі (3% Si шамасында, 15%Zn), кремнийлі (~30%Si және 15% Zn) және кремний-марганецті (~3,0 Si және 1% Mn) қолалар пісіруге жақсы бейімділікті. Күрделі тұлғалы құйма бұйымдарды ғана пісіруде 600-650 К-қа алдын ала қыздыру қолданылады. Пісіру нормальды реттелген жалынмен жүргізіледі. Қосымша металл құрамы негізгі металға сәйкес алынады. Пісірілген жалғас механикалық қасиеттері негізгі металл қасиетіне пара-пар болып келеді.

Жоғары келтірілгендей кең өріс алмаған, бірақ маңызды мыс қорытпасы құрамы 20% Ni мен 1% Fe, бұл қорытпа

мельхиор боп аталады. Мельхиорды пісірудегі негізгі қиындық нашар қожданатын никель тотығы болуы жік металының кеуектелуінде. Пісіруді флюс қолданып жүргізеді. Флюс құрамы: 34% қорытылған бура, 33% бор қышқылы, 33% ас тұзы.

Мыстың тағы бір құнды қорытпасы *нейзильбер* құрамы: 65% Cu, 20% Ni, 15% Zn.

Нейзильбер ацетилен-оттек жалынымен флюс қолданылып жақсы пісіріледі. Флюс ретінде қорытпаланған бура қолданылады.

Никельді және оның қорытпаларын пісіру. Никель ауыр металл, тығыздығы $\gamma=8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, балқу температурасы 1728 К. Техникалық таза никель Н0-ден Н4-ке дейін маркаланады, құрамы 99,8 және 97,6% Ni.

Никельді пісірудегі негізгі қиындық балқу температурасы никельден жоғары никель тотығының қалыптасуында және жік металында кеуек орын алуында. Пісіру ваннасының тотығуын азайту үшін никель және оның қорытпаларын қалыпты нормальды немесе сәл тотықсыздандырушы жалынмен $\beta=0,97 \div 1,05$ пісіреді. Жалын қуаты $140 \dots 200 \text{ дм}^3/\text{сағ}$ әр 1 мм қалыңдыққа. Пісіруді оң бағытты тәсілмен жүргізеді, ядромен үстіңгі бет аралығы 3...4 мм. Никель және оның қорытпаларын пісіруде қолданылатын флюстер: 1) қақталған бура – 100 %; 2) бура 25%, бор қышқылы 75 %; 3) бура – 30 %, бор қышқылы – 50%, хлорлы натрий – 10 %, фторлы калий – 10 %.

Кейде бура және бор қышқылы араласына 4...5 % Mg, Mn т.б. хлорлы қосындысы болады.

Пісіру ваннасын тотықсыздандыруды толық жүргізу үшін құрамында 3 %-ға дейін Mn немесе 0,06 %-ға дейін Mg және 0,2 %-ға жуық Si бар қосымша металл қолданылады.

Истықта сызаттану орын алмауы үшін тазартылған құрамында H_2S минимальды ацетилен қолдану жөн. Никель оң бағытты тәсілмен пісіріледі. Сол бағытты пісіру тәсілі жұқа, қалыңдығы 1,5...2 мм-ге дейінгі металды пісіруде қолданылады.

Никель-мыс қорытпасы *монель-металл* (68 % Ni, 28 % Cu, 2,5 % Fe, ~1,5 % Mn) пісіру технологиясы никельді пісіру технологиясындай.

Никель қорытпасы нихром (75...80% Ni, 15..18% Cr, 1,2...1,4 % Mn) жылу өткізгіштігі төмен материал. Пісіруде баяу балқитын Cr_2O_3 тотық қалыптасуы пісіру процесін қиындатады. Пісіруде жоғары жылдамдықпен үзіліссіз жүргізу керек. Көп қабатты жік салу және металды қайталап балқыту металл түйіршіктерінің өсуіне және сызат қалыптасуына алып келеді. Жалын ацетиленнің сәл артықшылығымен реттеледі. Жалын қуаты 1 мм қалыңдығына 50-70 $\text{дм}^3/\text{сағ}$. Нихромды пісіруде қолданылатын флюс құрамы: 40% бура, 50% бор қышқылы, 10% хлорлы натрий мен фторлы калий. Пісірілген жалғас жұмсарту термиялық өңдеуден өтеді.

Магний қорытпаларын пісіру. Магний өте жеңіл металдар қатарына жатады, үлесті тығыздығы $1,74 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Магний қорытпаларының тығыздығы $(1,76 \div 1,90) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Жеңілдігімен қатар магний қорытпаларының беріктігі жоғары, $\sigma_b \leq 300 \text{ МН/м}^2$. Айтылған қасиеттеріне орай магний қорытпалары бірқатар құрылымдар өндіруде кең қолданылады.

Балқу температурасы, қыздыруда ұлғаю, жылуөткізгіштік қасиеттері жағынан алюминийге ұқсасты. Магний үстіңгі бетінде баяу балқитын тотық қабат Mg ($T_{\text{бл}}=3073 \text{ K}$). Магний тотығының тығыздығы алюминий тотығы Al_2O_3 тығыздығынан төмен, сондықтан төменгі қабат металын коррозиядан сақтау қабілеті жеткіліксізді.

Магний ауада жануы ықтималды, оның жану температурасы балқу температурасына жуық. Сондықтан газбен пісіруде магнийдің жаңа бастауы мүмкін. Бұйымның жануына жол бермеу үшін пісіру ваннасы және металл аумағы флюс қабатымен оттек құрамды газдар және азоттан сенімді окшаулануы керек. Азот нитридтер түзеп металл қасиетін нашарлатады.

Магнийді пісіруде сілтілік металдардың таза фторлы (фторид), хлорлы (хлорид) қосындыларының араласынан тұратын флюстер қолданылады. Флюс құрамы:

1. 31% LiF; 14% MgF; 7% CaF; 15% BaCl; 33% AlF_3 .

2. 40% LiCl; 40% NaCl; 20% CaF_2 .

3. 25% MgF; 33% BaF; 19% LiF; 15% CaF₂; 3% MgO және 5% натрийлі криолит К-1 немесе К-2.

Алюминийді пісіруде қолданылатын флюстерді де пайдалануға болады. Пісіру жалын құрамы ацетиленнің сәл артығымен реттеледі, $\beta=0,95$. Пісіру тек сол бағытты тәсілмен жүргізіледі. Қосымша металл құрамы негізгі металға сәйкесті алынады. Жік көлденең қимасы бір қабаты жік металын салумен толтырылады. Пісіруде шілтермен көлденең бағытта қозғалыстар жасауға болмайды. Қосымша металл ваннаға батырылмай ваннаның үстіңгі бетінде балқытылады. Пісіруден соң флюс қалдықтары сумен жуылып тазартылады. Жік металының созымталдық қасиетін жетілдіру үшін қолдан соғу жүргізеді.

Коррозияға қарсы тұрақтылығын жетілдіру үшін жік және жік аумағында қорғаушы қабат қалыптастырады. Осы мақсатта пісірілген бұйым 30 мин. мерзімде қайнаған ерітіндіде ұсталады. Ерітінді құрамы 3% күкіртқышқыл алюминий, 1,5% кохромқышқыл алюминий тұзы, 0,35% аммиак.

Магний қорытпаларынан газбен пісірумен өндірілген түйістірілген жалғастың беріктігі негізгі металл беріктігінің 60-80 % пара-пар.

V ГАЗЖАЛЫНЫМЕН (ОТТЕКТІ) КЕСУ ПРОЦЕСІ

5.1. Физика-химиялық негізі және технологиясы

Металдарды газ жалынымен кесу алдын ала жану температурасына дейін қыздырылған металдың оттегі ортасында жануына негізделген. Алдын ала қыздыру газжалынымен жүргізіледі. Шағын мөлшерлі жану температурасына дейін қыздырылған металл бетіне оттек беріледі де металл оттегінде жана бастайды. Сондықтан газ жалынымен кесуді оттегімен кесу депте атайды. Бірақ металдың өз бетімен, рықсыз жануы технологиялық кесу үрдісіне

жатпайды. Технологиялық кесу нәтижесінде белгілі талаптарға сай, мысалы тағайындалған мөлшерлі, пішінді, қасиеттері белгілі шекті, келесі өңдеу үрдісіне жарайтын немесе тікелей пайдалануға келетін өнім алынуы керек. Қыздырылған металды жандыруға берілетін оттек кесуші оттек деп аталады.

Металдың қалыңдығын бойлай және кесу бағытында үзіліссіз жануы орын алуы үшін келесі шарттар қамтылуы қажет: а) тотықтырушы элементтің (оттек) әлі тотықпаған металмен (бұйым қалыңдығын бойлай және кесу бағытында үстіңгі бетте) әсерлесуде, яғни тікелей жанасуда, болуы; ә) тотықпаған металдың жану температурасына дейін қыздырылуы; б) ауа фазада оттегінің металл жануына жеткілікті шамада болуы және оттектің металмен тікелей, немесе жұқа балқытылған қож қабаттан диффузиялық өту арқылы, әсерлесуі.

Кесу шарттары. Металды оттегінде кесу үшін орындалуы қажетті шарттар бар, олар төменде келтірілді.

Металдың оттегінде жану температурасы оның балку температурасынан төмен болуы керек. Егер металдың балку температурасы оның оттегінде жанабастау температурасынан төмен болса, онда металл алдымен балқып, сұйық күйге ауысады да жылу қуатының белгілі бөлігі металды кесуге емес балқытуға қарышталады. Нәтижесінде кесілетін металға берілетін жылу шамасы мол болуы керек, кесілетін аумақта температура градиенті төмен болады, кесілген металл жиектері тегіс емес, долбар болып қалыптасады. Сондықтан оттегімен нәтижелі кесу үшін қойылатын бірінші талап – металдың оттегінде жану температурасының балку температурасынан төмен болуы, яғни $T_{ж} < T_b$, болуы шарт.

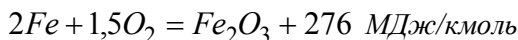
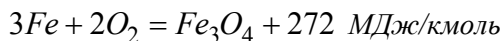
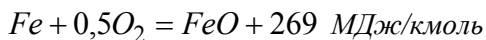
Кесу процесінде қалыптасатын өнім қатты, сұйық және газ түрінде болады. Кесу бетінде толық балқымаған қабатта қалыптасқан қатты тотық металл қабатын жалыннан оқшаулап, кесу қарқынын төмендетеді, тіпті кесу үрдісі тоқтап қалуға дейін барады. Бұл жағдай қалыптасатын тотықтардың балку температурасы кесілетін металдың балку температурасынан жоғары болғанда орын алады. Сұйық және газ күйіндегі тотықтар кесілетін беттен салыстырмалы жеңіл аластатылады.

Бірақ, газ күйінде қалыптасқан тотықтар мол мөлшерлі болғанда, газды фазада бос оттегі шоғырлануы кемиді де, тотығу реакциясының қарқындылығы кемиді, нәтижесінде кесу процесінде тиянақты қалыптылығы бұзылады. Сондықтан қалыптасатын тотықтардың балқу температурасы металдың балқу температурасынан төмен болуы керек, яғни $T_{\text{тот.бл.}} < T_{\text{м.бл.}}$.

Бұл негізгі екі шартқа қосымша ескерілетін шарттар бар. Металдың жануында бөлінетін жылу төменгі металл қабатын қыздырып, оны жану температурасына дейін қыздырып кесуге дайындауға үлесін қосады. Сондықтан металдың жануында қалыптасатын жылу шамасы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым кесу процесіне оңтайлы әсер етеді. Қалыптасқан тотықтардың жоғары ағымдылығы, оларды тотықпаған беттен оңай шығаруға бейімділікті, сондықтан тотықтар жоғары ағымды болуы кесу үрдісіне қолайлы. Металдың жылуөткізгіштігінің жоғары болуы әсерінен, кесу орнынан металл көлеміне жылу қарқынды таратылып, жану реакциясы өтетін жерде температураны төмендетеді. Сондықтан кесілетін металдың жылуөткізгіштік коэффициенті төмен болуы шарт.

Айтылған талаптарға таза металдардан сәйкесті келетіндері Fe, Mn, Ti. Темірдің балқу температурасы $T_{\text{бл.те.}} \approx 1800$ К жану температурасы $T_{\text{ж.те.}} \approx 1600$ К, темір тотығы FeO балқу температурасы $T_{\text{бл. FeO}} \approx 1643$ К. Темірдің жылу өткізгіштігі жоғары емес. Мыстың көрсеткіштері оттекті кесу талаптарына нашар сәйкестілікті. Мыстың жылу өткізгіштігі жоғары, мыстың балқу температурасы $T_{\text{бл. Cu}} \approx 1356$ К, мыс тотығы Cu_2O балқу температурасы $T_{\text{бл. Cu}_2\text{O}} = 1503$ К.

Темір жануындағы кмоль оттекке қатынасты жылулық әсері жеткілікті жоғары. Ол төменде келтірілген реакциялардан айқын көрінеді.



Келтірілген тендеулерден көрінетіндей 1 кг темірдің жануында 0,38 кг (0,27 л) оттег немесе 1 см³ темірдің жануына 2,1 л оттег қарышталады.

Іс жүзінде кесу процесінде оттег қарышталуы теориялық есептеу көрсеткен шамадан артық та, кем де болуы ықтималды. Кесу аумағынан газ ағынымен металдың шамалы бөлігі тотықпай үрленіп шығарылуы орын алады. Кесу аумағынан үрленіп шығарылған қож құрамында тотықпен қатар таза металл темірде кездеседі. Темір жануында бөлінген мол жылулық металл үстіңгі бетін балқытады. Бұл балқытылған металл қожбен бірге кесу аумағынан үрленіп шығарылады. Темірдің жануындағы қалыптасқан жылулық шамасы кескіштің қыздырушы жалыны беретін жылулықтан бірнеше есе артық.

Кесу шарттарын толық қанағаттандырмайтын металдар Al, Mg, Cr, Zn.

Қорытпа құрамына енетін металдарда газ жалынымен кесуге елеулі әсер етеді. Болат құрамында көміртек балку температурасын төмендетіп, кесуге теріс ықпал тудырады. Көміртек болат құрамында 0,3 % -тен асқанда кесу аумағында шынығу орын алады, $C \geq 0,5$ % болғанда кесілген жиек аумағының тегістігі, тазалығы төмендейді, кесу сапасы нашарлайды. Болат құрамында $C > 7$ % болғанда болат газ жалынымен өте нашар кесіледі, іс жүзінде мұндай болаттарды газ жалынымен кесу қолданылмайды. Шойын газ жалынымен кесілмейді, тек кейбір жағдайларда газ жалынымен жону қолдану кездеседі. Болат құрамында кездесетін басқа элементтердің газбен кесуге әсері әрқалай. Мыс 1,5%-ке дейін болаттың газбен кесуге бейімділігін төмендетпейді. Бірақ, болат құрамында никель болмаған жағдайда, 0,5-0,6% мыс кесу бетіне перпендикуляр бағытта кристаллиттер аралықта сызаттану беруі мүмкін. Кремний, алюминий, хром болат құрамындағы шамасы өскен сайын газбен кесуді қиындата түседі. Хромның болаттың газбен кесуге бейімділігін төмендетуі 2%-тен асқанда орын ала бастайды, ал $Cr \geq 6\%$ болғанда болат әдеттегі жағдайда газбен кесуге келмейді, себебі мол шамада балку температурасы $T \approx 2300$ К хром тотығы Cr_2O_3 қалыптасады. Мұндай болаттарды

кесу тотықтарды флюспен әсерлестіру, аса қыздырумен немесе абразивті тазартумен жүргізіледі.

Жоғарыда айтылған себептерге орай, газ жалынында оттегі ортасында төменкөміртекті, төменлегирленген және құрамында Ni, Mn бар жоғары легирленген болаттар және титан қорытпалары жақсы кесіледі. Бұл материалдарды кесу технологиясында арнайы тәсілдер қолдану шарт емес. Күрделі технологиямен хромды жоғары легирленген болаттар, шойын, түсті металдар, мыс және никель қорытпаларын кесу мүмкін. Бұл материалдарды кесуде дербес жылу бергішпен (әдетте алдын ала қыздырушы газ жалыны қолданылады) алдын ала қыздыру және таза оттегі ағыны қолданылады.

Газжалынымен алюминий, магний, мырш және олардың қорытпалары кесуге келмейді.

Газжалынымен оттекте кесуге болмайтын металл, қорытпаларды плазмамен және лазермен кесу технологиясы бар.

Қыздыру жалыны. Металдың оттегінде жану процесі орын алып, өрбуі үшін оны жалындау температурасына дейін қыздырып содан кейін оттегі ағынын беру керек. Жергілікті қыздыру деңгейі жылу тартылу (қыздыру орнынан металл массасына жылу таралу) қарқындылығына тәуелді. Металдың үстіңгі бетінің тотығуы нәтижесінде жылу бөлінуі орын алады. Демек жылу таратылуына оттекпен әрекеттескен металл көлемінің әсері бар. Мысалы, майда темір ұнтағы таза оттегінде әдетті температурада (бөлме температурасында) тотыққа айналып толық жанады, ал ауада – 700 К шамасында жанады. Нәзік темір сымдар (диаметрі 0,03-0,04 мм) оттегінде 1130-1220 К қыздырғанда жана бастайды. Сым диаметрін 0,05-0,1 мм-ге дейін өсіргенде бастапқы қыздыру температурасы 1300-1450 К дейін көтерілуі қажет. Массасы мол темір үшін қажетті қыздыру температурасы оданда жоғары. Зерттеулер көрсеткендей, төмен легирленген болаттар үшін қыздыру температурасы 1540-1590 К болады. Іс жүзінде мол массалы төменлегирленген табақ немесе қақталған болаттарды газбен оттегі ағымында кесу үшін 1620-1670 К-ке қыздыру керек деп есептеледі. Дайындамалық қыздыруда ацетилен-оттегі жалынының орнына ацетилен

орнына қолданылатын газдар немесе жанғыш сұйық заттар буы қолданылуы мүмкін. Бұл жағдайда қыздыру уақыты ұзарады. Сондықтан қысқа ұзындықты кесуде, қыздыруға қажет уақыт ұзаруына байланысты, ацетиленнен арзан жанар газдар қолдану тиімді болып шықпайды. Кесуге дайындамалық қыздыру жалынының қуаты пісіруде қолданылатын жалын қуатынан елеулі төмен болып келеді.

Ацетилен-оттегі жалынның болатты кесуге дайындауға қажетті қыздыру қуатының сипатты шамасы төмендегідей:

Кесілетін металл қалыңдығы, мм	3-25	25-50	80-100	100-200	200-300
Жалын қуаты (ацетилен қарышталуы), м ³ /сағ	0,3-0,25	0,55-0,75	0,75-1	1,0-1,2	1,2-1,3

Металл қалыңдығы 10-20 мм болғанда кесуші оттегі берілгенге дейінгі қыздыру уақыты 3-10 с., металл қалыңдығы 100-200 мм болғанда – 24-40 с. Қыздыру жалынында оттегі-ацетилен қатынасында оттегінің үлесін артығырақ етіп алған жөн. Сонда қыздыру қарқындылығы жоғары болып және кесу сапасы жақсарады. Кесілетін металл бетінде тотық, топырақ, қож т.б. басқа ластардың қалыңдығы елеулі болған жағдайда, (құйма бұйымдардың құю жолдарын кесу т.с.с.) кесу процесі тиянақтылығы төмендейді. Бұл жағдайда қыздыру қарқындылығын өсіру және кесу жылдамдығын төмендету үрдістің тиянақтылығын біршама өсіреді.

Кесуші оттект ағыны. Металдың жануы және қалыптасқан қосалқы өнімдерден (тотықтардан) тазартылу кесуші оттект ағынымен іске асырылады. Қарапайымдатылған жалпы түрде кесуші оттегінің қарышталуы төмендегі формуламен анықталады:

$$V_{\text{от.к.}} = V_{\text{от.т.}} + V_{\text{от.у.}}$$

мұндағы $V_{от.к}$ – оттегінің жалпы қарышталуы; $V_{от.т.}$ – металды тотықтыруға (кесу химиялық реакциясына) қарышталған оттегі; $V_{от.у.}$ – тотықтарды кесу аумағынан үрлеп шығаруға қарышталған оттегі (мұнда басқада оттегі ысырапталуы кіреді).

Оттектің кесілетін металды тотықтандыруға қарышталатын мөлшері жандырылатын металл көлемімен және оны жағуға кететін оттегінің орташа шамасымен анықталады. Аталған оттегінің орташа шамасы жану өніміндегі (қождағы) оттек шамасымен анықталады. Бірқатар зерттеушілер алған нәтижелерге сәйкесті қождағы оттек шамасы 20,4%-тен 23,7% -ке дейін болып келеді, орташа мәні 21,3%. Егер қож 100% FeO -дан тұрса, онда қождағы оттегі мөлшері 22,2% болған болар еді. Темір тотығы үш түрлі FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃ болатыны және бұл тотықтар қалыптасуында бөлінетін жылу шамасы 269-дан 276 мДж/кмоль аралығында орын алатыны белгілі. Сонда тотығудың соңғы өнімі құрамына байланысты оттек мөлшерінің орташа мәнінен ауытқуы 2-2,5%-тен аспайды. Сондықтан темірдің жануына (төменкөміртекті болат) қарышталатын оттек шамасы қож қалыптасуы және жанудың жылу әсерін ескеріп, төмендегі формуламен анықталады:

$$G_{от.т.} = (16/56)al\delta\gamma_{Fe},$$

мұндағы a – кесу ені, см; l – кесу ұзындығы см; δ – кесілетін металл қалыңдығы, см; γ_{Fe} – темірдің тығыздығы, г/см³.

Сәйкесті кесу бетінің аудан бірлігіне ($S=a$) келетін тотықтандыруға оттектің үлесті (г/см³) қарышталуы тең;

$$G_{от.т.} = (16/56)a\gamma_{Fe},$$

Немесе темірді кесуде 1 см² үстіңгі бет ауданын тотықтандыруға қажетті оттек O₂ көлемі дм³ тең болады:

$$V_{от.т.} = (16/56)a\gamma_{Fe}(1/\alpha_{от.}),$$

мұндағы $\alpha=1,43$ г/дм³ – 1 дм³ O₂ массасы, 273 К-ке қатынасты алынған.

Кесу ені a қалыңдығы орташа (6-50 мм) төменкөміртекті болаттарды кесуде салыстырмалы аз өзгереді (0,25-тен 0,35 см-ге, орташа 0,3 см). Сондықтан кесу бетінің аудан бірлігіне келетін тотықтырушы оттегінің үлесті қарышталуы тең $0,47 \text{ дм}^3/\text{см}^2$ (кесу енінің мүмкінді өзгеруінде 0,4-тен $0,55 \text{ дм}^3/\text{см}^2$).

Кесуші оттектің жалпы қарышталуын анықтау үшін, оттектің тотықтарды үрлеп шығаруға кететін үлесті мөлшерін немесе кесуші оттегі ағынының тотықтыру коэффициентін ескеру қажет. Оттек тазалығының мәні зор. Кесу өнімділігі, газдың үлесті қарышталуы, кесілген жиек беттерінің сапасы оттектің тазалығына тәуелді. Оттек тазалығы кесу ұзақтығына және газдың қарышталуына да әсер етеді. Оттек тазалығы 95-93%-ке дейін төмендегенде кесуді іс жүзінде жүргізу мүмкін болмай қалады.

Кесу аспаптары. Кескіштер

Оттегімен кесу аппаратурасы. Оттегімен кесу қолдан және машинамен жүргізіледі. Бұл екі жағдайда негізгі кесу жұмысын жүргізетін орган кескіштер.

Қолдан кесуде кескіштер төменде келтірілгендей топтастырылады:

1) қолданылатын газ тегіне орай – ацетиленді, ацетилен орнына жүретін газдарға арналған; сұйық жанғыш заттар үшін;

2) жанар газды оттегімен араластыру негізіне орай – инжекторлы, инжекторсыз (теңдестірілген қысымды). Инжекторлы кескіште оттегі мен газды араластыру (инжектор және араластыру камерасы) торабының орналастырылуына сәйкесті үштікті және бастиектікті болып бөлінеді. Бастиектікті орналастыру варианты "кері соғу" әсеріне төзімді болып келеді;

3) тағайындалған мақсатына орай – әмбебапты және арнайы мақсатты.

Бұлардың арасында өндірісте кең өрісті қолдану тапқаны инжекторлы типті, әмбебапты кескіштер. Әмбебапты кескіштер екі типті мүштік топтамасымен қамтылады, көпшілтілі немесе торлы және жанаргаз араласы арнасы сақина немесе жарықшақ түрлі.

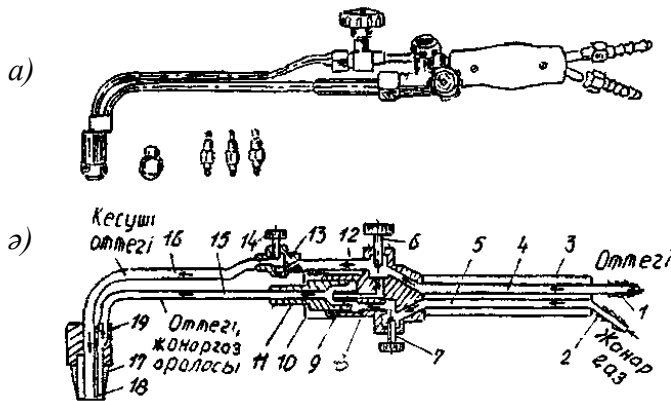
Көпшілтілі мүштіктер тұтас етіліп жасалған және құрамалы болады. Сақиналанып орналастырылғанда газ ағымдалатын диаметрі 0,7-1 мм аралығында бірнеше арнасы бар, оларды шілті деп атайды, көпшілтілі деген аталу осыған орай қалыптасқан. Бұл мүштіктердің негізгі олқылығы шілтілер арасында біреуі тығыздалған жағдайда кері соғу әсеріне төзімділігі нашар. Сондықтан бұл мүштіктер негізінен машинамен кесуде қолданылады. Машинамен кесу ережесінде металл бетінің тазалығына қойылатын талаптар жоғары және ацетилен орнына басқа газдар қолданылады, олардың барлығының жану жылдамдығы ацетиленнен төмен, сондықтан кері соғу құбылысының ықтималдығы да төмен болады.

Сақина арналы мүштіктер екі бөліктен: сыртқы және ішкі мүштіктерден тұрады, олар кескіш бастиегіне бұрандаланып немесе салмалы сомынмен жалғастырылады. Сыртқы және ішкі мүштіктер аралығында қалыптасқан сақинаарна арқылы қыздыру жалынын беретін жанаргаз араласы, ішкі мүштіктің орталық арнасымен кескіш оттегі беріледі.

Мүштіктер хромды қола БрХО5-тен жасалады, басқа қолалардан жасалған мүштіктермен салыстырғанда, бұлардың жұмыс атқару мерзімі шамамен 2 есеге жуық артық.

Соңғы жылдары бірқатар елдерде кесу жылдамдығы едәуір өсірілген, кесілген жиектер тазалығы мен сапасы жоғары газбен кескіштер құрылымы жасалған. Олардың арасында қос ағымды кескіш, дыбыстан аса ағымды мүштікті шілті т.б. құрылымды кескіштер бар.

Барлық кескіштермен жұмыс істеу реті негізінен бірдей. Қыздыру газы (оттегімен жанаргаз араласы) жалындатылып, құрамы реттеліп, металл жану температурасына дейін жергілікті қыздырылған соң, кесу оттегі беріледі де, металл жергілікті жана бастайды. Балқытылған металл, тотық газ, қатты түйірлер жалын қысымымен кесілетін аумақтан үрлетіліп, ағымдалып шығарылады. Төменде, ацетилен-оттегілі әмбебап кескіш "Маяк-1"-дің сұлбасы келтірілді.



30-сурет. Әмбебап кескіш " Маяк-1"

а – сырт тұлға көрінісі, ә – құрылымдық сұлбасы

1, 2 – еміктер, 3 – тұтқа, 4, 5 – оттегі және жанаргаз түтіктері, 6 – қыздыру жалынының оттегін реттегіш бұрама, 7 – жанаргазды реттеу бұрамасы, 8 – кескіш тұрқы, 9 – инжектор, 10 – салмалы сомын, 11 – араластыру бөлмешігі, 12, 16 – кесу оттегі түтіктері, 13 – кесу оттегін реттеу бұрандасының тұрқы, 14 – кесу оттегін реттеуші бұрама, 15 – жанаргаз араласының түтігі, 17 – сыртқы мүштік, 18 – ішкі мүштік, 19 – бастиек

Газ жалынымен кесу машиналарының кескіштері, қолдан кесудегідей, жанаргаз тегіне, газбен оттегін араластыру негізіне және тағайындалған мақсатына орай – жалпы мақсатты машиналар және арнайы мақсатты машиналар кескіштері, болып топтастырылады. Машинамен кескіш мүштіктері қолдан кескіш мүштіктері типтес болып өндіріледі, әсіресе көпшілтілі тұтас құрылымды кескіштер қолданылады.

Газжалынымен кесу машиналары. Механизацияланған оттекті кесудің физика-химиялық негізі газжалынымен оттекті қолдан кесумен бірдей. Процесті механизациялау еңбек өнімділігін өсіруге, кесу сапасын жетілдіруге, кесу дәлдігін өсіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар кесуші жұмыскердің жұмыс атқару жағдайы едәуір жеңілденіп, санитарлық-

гигиеналық жағдай жақсарады. Механизацияланған кесу үшін арнайы кескіштер өндіріледі. Бұлардың жұмыс істеу принциптерінде қолдан жүргізілетін кескіштерден еш айырмашылық жоқ. Тек құрылымы газбен кесу машиналарында орнықтыруға ыңғайлы етіліп жасалады.

Газжалынымен кесу машиналары әр елде мемлекеттік стандарт бойынша өндіріледі және топтастырылады. Ресей Федерациясында табақ металды термиялық кесуге арналған жалпыламалы тағайындалған машиналар мемлекеттік стандарт бойынша екі типті орнықты (стационарлы) және жылжымалы болып өндіріледі. Орнықты машиналар 32 тип мөлшерлі кесуді, оның арасында 16 тип мөлшерлі оттекті кесумен, қалған типмөлшерлі плазма-доғалы және лазерлі кесумен жүргізіледі. Жылжымалы машиналар 15 типмөлшерлі кесу, оның ішінде 3 типмөлшерін газоттекті кесумен жүргізеді.

Орнықты газоттекті кесу машиналарының топтастырылуы төменде келтірілді (әріптік таңбалауда Ресей Федерациясында қолдану варианты берілді).

– Құрылымдық нобайына сәйкесті – порталды (П), портал-консольды (ПК) және топсалы (Ш); - кесу тәсіліне орай – оттекті (К) және оттекті – флюсті (КФ);

– Нұсқалы басқару жүйесі немесе кесуде қозғалу тәсіліне сәйкесті – сызықты (Л), түзу сызық бойымен кесу; магниттік (М) болат үлгіні көшірмелеп пішінді кесу; фотокошірмелі (Ф) сызба бойынша көшірмелеп пішінді кесу; цифрлы бағдарламалы (Ц) пішінді кесуге арналған.

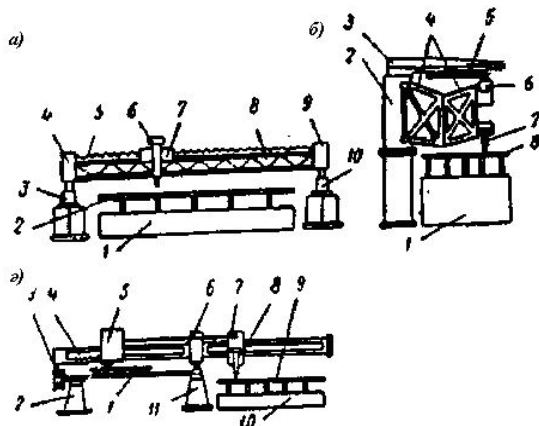
Тасымалдаулы жалпыламалы тағайындалған газбен кескіш машиналар нұсқалы қозғалыс басқару жүйесіне немесе кесудегі қозғалыс тәсіліне сәйкесті: белгілеу жолымен кесу (Р), циркулді кесу (Ц), бағыттаушымен кесу (Н) және бейімді көшіргішпен (Г) кесуге арналған боп бөлінеді.

Орнықты машиналар арасында кең қолданылатыны – порталды машиналар. Бұл машиналар кесу мөлшері (ені, ұзындығы) іс жүзінде шектелмеген, яғни нақтылы жағдайда орын алатын кесудің ені мен ұзындығын толық іске асыру мүмкіндігі бар. Порталды машиналардың жұмыстық орын

ауданы порталды-консольды машинамен салыстырғанда шағын, бұлда тиімді көрсеткіш. Аталған машиналардың екеуі де табак металл бетіне тік бұрышты бағытталып түзу сызықты кесуді, сондай-ақ кескішті еңкішті орнатып металл жиегін қиғаштап кесуді (мысалы, металл жиегін пісіруге дайындауда) жүргізеді. Бұл машина бір немесе бірнеше кескіштермен жабдықталған. Көшірмелеп кесу және бағдарламалы кесудің барлық принциптерінде жұмыс істейді.

Топсалы машиналар қарапайым пішінді және күрделі бейнелі, салыстырмалы төмен мөлшерлі (әдетте 1×1 м-ге дейін) бөлшектерді кесуді жүргізеді. Кесуді бір кескішпен және пантографтық құрылғы арқылы үш кескішпен жүргізуге болады. Машина құрылымы екі рамадан тұрады. Раманың біреуі қозғалыссыз колоннаға топсалы қосылыстырылған, екінші (шеткі) рамада жетек механизмі мен кескіш орнатылған. Кескіш тағайындалған нұсқамен қозғалыста болады. Кескіштің былай қозғалуына топсалы қосылыс мүмкіндік береді.

Орнықты машиналарда нұсқалы көшірмелеу жүйе кесу процесін автоматтандыруда негізгі торап боп табылады. Көшірмелеу нұсқаның төмендегідей негіздері жасалған: механикалық, электрмагнитті, фотоэлектронды және бағдарламалы. Механикалық көшірмелеу жүйелі машиналар қазіргі уақытта Ресей өнеркәсібінде өндірілмейді, ескірген жүйе болғандықтан. Электрмагнитті көшірмелеу болат көшірме нұсқасын кескіштің дәл қайталауымен іске асырылады. Электрмагнитті бастиектің магнитті ролигі (мұны "саусак" деп атайды) механикалық өзгерткіш арқылы электрқозғалтқышпен қозғалысқа келтіріледі. Ролик "саусак" болат электрмагнитті көшірме жиегіне тартылып, көшірме нұсқасын қайталап қозғалады да, бастиекке қатаң бекітілген болғандықтан кескішті көшірме нұсқасына толық сәйкесті қозғалтып кесуді жүргізеді. Көшірменің сырт нұсқасыменде, ішкі нұсқасыменде кесуді өткізуге болады.



31- сурет. Орнықты оттекті кесу машиналарының кинематикалық сұлбасы

- а – порталды типті: 1 – стол; 2 – кесуге жататын табақ металл; 3, 10 – ұзындықты бағытта қозғалыс рельсі; 4, 9 – арбашалар; 5 – көлденең бағытты қозғалыстық бұрандама; 6 – кескіш; 7 – күймеше; 8 – портал; ә – портал-консольды типті: 1 – көшіргіш; 2, 11 – тұғыр; 3, 6 – ұзындықты бағытта жүріс арбашасы; 4 – көлденең бағыттағыш; 5 – жетек бастиек; 7 – көлденең бағытта жүріс арбашасы; 8 – кескіш; 9 – кесуге жататын табақ металл; 10 – стол; б – топсалы типті: 1 – стол; 2 – бағана; 3 – тұмсық; 4 – топсалы қаңқа; 5 – көшіргіш; 6 – жетек бастиек; 7 – кескіш; 8 – кесуге жататын табақ металл*

Электрмагнитті көшірмелеп кесу тәсілі сериялы және массалы өнімді өндірісте қолданылады.

Фотоэлектронды көшірмелі кесуде процесс фотокөшірмелеу бастиек арқылы жүргізіледі. Бастиек сызбаның нұсқалық сызуы жиек шетімен немесе өсімен қозғалыста болады. Көшірмелеу бастиек механикалық бастиекпен кинематикалық байланысты. Механикалық бастиектің жетек ролигі машина столында қозғалыста болады. Механикалық

бастиекте кескіш орнатылған. Фотоэлектронды көшірмелеу тәсілі кең тараған.

Газды кесу машиналарын бағдарламалы басқаруда кесу ережесінің барлық параметрлерін автоматты басқару іске асырылады. Нәтижесінде көшірмелеп кесу дәлдігі артады, машинамен жұмыс жеңілдейді, кесу жұмысының өзіндік құны төмендейді. Бағдарламалы басқару жүйесі есептеу техникасы мәселелеріне негізделген.

Газжалынымен кесу технологиясы. Оттегімен кесу екі мақсатта қолданылады: кесілген бөлшекті механикалық өндеу қажеттілігі орын алатын дайындамалық кесу; келесі өндеу қажет емес толық дайын бөлшектер өндіру.

Тұлғасы мен мөлшері дәл дайындалған бөлшектер газжалынымен оттегі ортасында кесуден соң сырт қарамы басқа бөлшектермен түйіндеспейтін, мысалы, ернемек, тіреу табан, айқастырылып пісіруге дайындама, тойтарма, бұрандамен жалғастырылатын бөлшектер. Газбен дәл мөлшерлі етіп кесу, сондай-ақ, екінші бір тетікпен түйіндесетін және түйіндескен қозғалыста болатын, баяу жүрісті жұлдызша және тістегеріш, ауыстырып қосу жұдырықшалары, қолдан және автоматты түйістіріп пісіру дайындамаларында, т.с.с. қолданылады. Тетіктің габариттік (шектік) мөлшеріне қойылатын шақтама бұйымның тағайындалған мақсатына және мөлшеріне байланысты алынады.

Келесі механикалық өндеуге дайындама өндіру ретінде газбен кесу білдекте кескіш аспаппен өндеуге немесе абразивтермен өндеуге жіберілетін бөлшектер дайындауда қолданылады. Мөлшер шақтамасы келесі өндеу түріне байланысты анықталады. Бұл жағдайда бөлшек мөлшерінің дәлдігіне жоғары талап қойылмайды.

Оттегімен кесу машинамен жүргізілгенде мөлшер дәлдігі жоғары болып келеді. Кесудің дәлдігіне жалпы талап дайындаманың тұлғасы мен мөлшері берілген шекте болуын қамтамасыз ету шарттарымен анықталады. Кесу бетінің сапасы металдың кесуші оттегі әрекеттесуімен тікелей байланысты. Кесу бетінің сапасы кесу жиегінің перпендикулярлық

шамасымен (яғни, кесу жиегінің металл бетіне перпендикулярдан ауытқуы); кесу бетінің айғыздалуы (кесу жиегінде бораздалану тереңдігі); кесу жиегінің жоғарғы шетінің балқыламалынуымен (шартты түрде, балқыламаланған жиектің радиусы) анықталады.

Кесу дәлдігі мен сапасына кескіш қозғалысының біркелкі тұрақтылығы зор әсер етеді. Сондықтан қолдан кесуде, әдетте, кесу бетінің жоғары сапалылығы қамтамасыз етілмейді. Машинамен кесу, жұмыс ережесі жақсы жаттықтырылған жағдайда, кесу сапасын едәуір жақсартады. Кесу дәлдігі дайындама мөлшерінің тағайындалған мөлшерге сәйкестігімен сипатталады және кесу бетінің геометриялық профиілінің тұрақтылығымен анықталады. Мемлекеттік стандарт бойынша машинамен кесілген бөлшектердің деформациялануын ескеріп, газбен кесілген бөлшектер мен дайындамалардың дәлдігін классқа жіктейді. 1-класс дәлдігі ең жоғарғы, мысалы, қалыңдығы 630 мм-ге дейін болатты кесуде 1-класта мөлшер ауытқуы $\pm 0,9$ мм, 2-класта – $\pm 1,4$ мм, 3-класта – $\pm 2,0$ мм. Кесілетін металл қалыңдығы өскен сайын шекті шақтама мәні де өсуде болады.

Кесу үрдісінің өнімділігіне, экономикалық тиімділігіне, сапалылығына әр түрлі технологиялық параметрлер әсер етеді, олардың арасында аса мәнді параметрлер: оттектің тазалығы және қысымы, қыздыру жалынының ережесі, кесу жылдамдығы. Қыздыру жалынының қуатын анықтау негіздері жоғарыда келтірілді. Металл қалыңдығы өскен сайын жалынның ұзындығын арттыру қажет, жалынды ұзындығын ұлғайтып реттеу үшін ацетилен қарышталуын үлесті молайту қажет. Қалыңдығы бірдей металды қиғаштап кескенде қыздыру жалынның қуаты оны тік бағытта кесудегіден артық болуы шарт. Қыздыру жалыны кесу басталарда аса маңызды болады. Сондықтан бастамалық жағдайда қыздыру жалынының қуаты жеткілікті болуына назар аударылады.

Кесу технологиясының негізгі параметрлері: жалын қуаты, кескіш оттегінің қысымы, кесу жылдамдығы.

Металдың үстіңгі бетін кесуге дайындаудың кесу процесіне әсері елеулі болып келеді. Кесу процесін жүргізу алдында бұйымның үстіңгі беті тотық, дат, бояу т.б. ластанудан мұқият тазартылуы шарт. Қолдан кесуде ені 30÷50 мм аумақты газжалынымен шарпып, содан соң металды қылшақпен тазарту жеткілікті.

Механизацияланған кесуде табақ металл алдымен арнайы құрылғыда түзету операциясынан өтеді. Содан кейін металл үстіңгі бетін толық тазарту операциясы жүргізіледі. Кесу процесі бірнеше кескішпен бір мезетте берілген ара қашықтықта металл енін толық қамтып жүргізілетіндіктен тазартуды ені шамалы аумақпен шектеу мүлдем жеткіліксізді болады. Мұнда химиялық, механикалық тазарту тәсілдері және газжалынымен тазарту қолданылады.

Химиялық тазарту төменлегирленген, жоғарылегирленген, кейде төменкөміртекті болаттарды кесуде қолданылады. Тазарту арнайы ваннада құрамы HCl мен H_2SO_4 ерітіндісіне 1...4 сағат уақыт аралығында, жоғары легирленген болаттар үшін 3 сағаттан кем емес мерзімде жүргізіледі.

Механикалық тазарту арнайы құрылғыда металл тұрақты жылдамдықпен жылуда болады, металдың үстіңгі беті шойын бытыра ағымымен атқылаумен жүргізіледі.

Газжалыны ядросымен металл арасындағы ара қашықтықты тұрақты ұстау үшін қолдан кесуде арнайы тіреу арбашықтар қолданылады.

Механизацияланған кесуде – кескіш орналасуын тұрақтандыратын арнайы құрылым қолданылады.

Жалын қуаты жанаргаздың қарышталуымен анықталады $\text{дж}^3/\text{сағ}$; және металл қалыңдығына тәуелді. Кесу температурасына дейін жергілікті қыздыру тез өтуі керек.

Қолдан кесуде жалын қуаты машиналы кесуден 1,5...2 есе артық етіліп алынады. Құйманы кесуде қуатты 3...4 есе өсіреді, құйма беті құм және тотықпен қабатталған болғандықтан.

Әдетте қалыңдығы $S < 300$ мм болатты кесуде байыпты жалын қолданылады, ал жоғары қалыңдықты болатты $S > 400$ мм

кесуде тотықсыздандырушы жалын қолданылады, алау ұзындығы металл қалыңдығына сәйкесті болуы үшін.

Кесуші оттеқ қысымы металл қалыңдығына, кесуші шілтер тұлғасына және оттеқ тазалығына тәуелді. $S=5...20$ мм болғанда кесуші оттеқ қысымы $P_{ат}=0,3...0,4$ МПа аралығында, $S=10...100$ мм болса, кесуші оттеқ қысымы $P_{ат}=0,7...0,9$ МПа болып алынады.

Оттегі қысымының нормальды шамадан артық болуы кесу жылдамдығын баяулатылады, кесілген бет сапасы төмендетіліп, оттеқ қарышталуы өседі.

Жұқа табақ болатты, қалыңдығы $(3\div 12)$ мм кесуде кесуші оттеқ қысымы төмен болуы керек. Кесуші оттеқ қысымының нормалды шамадан төмен болуы да кесу сапасын төмендетеді.

Кесу жылдамдығы металдың қалыңдығын бойлап қамтып тотығу жылдамдығына сәйкесті болуы керек.

Кесу жылдамдығы баяу болса үстіңгі бет ернеулері балқиды. Кесу ұшқындары сыртқы беттен кесу бағытында шашырайды. Кесу жылдамдығы нормальды шамадан артық болса ұшқын кесуге қарсы бағытта шашырайды, кесу сызығы тік сызықтан ауытқиды, кері қалады, металдың кесілмеген жерлері орын алуы мүмкін.

Кесу жылдамдығы нормальды қалыпты болса ұшқындар бірқалыпты кесуші оттеқ ағынына параллельдікке жуық, кесу бағытына кері сәл қисықты болып келеді.

Оттегі тазалығының 1%-ке төмендеуі кесу жылдамдығын 20% кемітеді. Сондықтан кесуде оттегі тазалығы 93,5% кем болмауы керек.

Кесу дәлдігінің негізгі талаптары. Кесу дәлдігіне қойылатын талаптар алынған өнімнің мөлшері мен тұлғасына қойылған талаптарға сәйкесті болуынан және кесу бетінің сапасынан туындайды. Бұл талаптардың іске асуы металдың алдын ала қыздырушы жалынымен және кесуші оттеқпен әсерлесуіне байланысты.

Металдың кесілу бетінің сапасы төмендегі көрсеткіштермен анықталады:

– кесу бетінің перпендикулярлығы, яғни кесу беті жиектерінің металл үстіңгі бетіне перпендикулярдан ауытқуы;

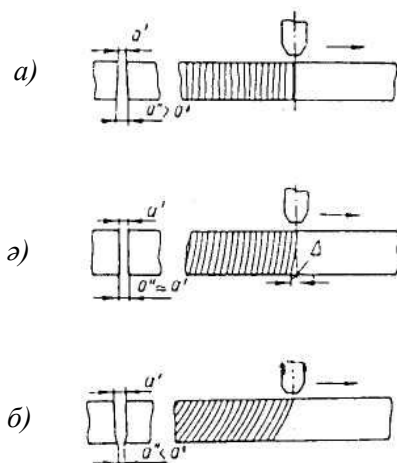
– кесу бетінің кедір-бұдырлығы, яғни кесу бетінің айғыздалу тереңдігі;

– кесу бетінің үстіңгі жиегінің балқытылу дәрежесімен, шартты түрде балқытылған жиек радиусымен.

Кесу бетінің сапасы металл қалыңдығын бойлай айғыздалу ауытқуымен және кесу енінің құбылуымен анықталады. Кесу бетінің сапалылығына және кесу еніне кесуші оттек арнасының тұлғасы, қыздырушы жалынның металмен әсерлесуі, оттектің тазалығы мен қысымы, кесу процесінің сызықты жылдамдығы мен металдың кесілу (тотығу) жылдамдығы арасындағы қатынас т.б. факторлар әсер етеді. Кескіш қозғалысының (кесудің сызықты жылдамдығының) бірқалыпты тұрақты болуының әсері зор. Сондықтан қолдан кесуде кесу бетінің сапалылығы қамтамасыз етілмейді. Машинамен кесуде, әсіресе кесу ережесі жетілдірілген жағдайда, кесу бетінің сапалылық дәрежесі елеулі өседі.

Металдың жану процесі бұйым қалыңдығын толық қамтып тұрақталған соң кескіштің қозғалысы тұрақты бірқалыпты болуы шарт. Кесу жылдамдығы, яғни кескіштің түзу сызықты қозғалысы неғұрлым бірқалыпты болса, кесу бетінің тазалығы соғұрлым жоғары болып қалыптасады. Кескіштің қозғалыс жылдамдығы металдың қалыңдығын бойлай тотығуының өрістенуіне сәйкесті болуы шарт. 32-суретте металдың кесу бетінің тұлғалылық көрінісі мен оттек ағынымен айғыздалу сызықтар келтірілді.

Кесудің сызықты жылдамдығы төмен болғанда оттек ағынының ізі бұйымның үстіңгі бетіне перпендикуляр болып келеді де (жалын металл бетіне тік бағытталғанда) металл қалыңдығын бойлай перпендикулярлығын сақтайды. Оттек ағыны бастапқы жағдайдағыдан ағын бағытында кеңеюде болады. Сондықтан кесу ені төменгі бетте артық (енді) болып қалыптасады (32-сурет, а).



32-сурет. Кесу бетінің тұлғаланылуы және оттек ағынымен айғыздалу сызығының кесу жылдамдығына байланысты құбылуы

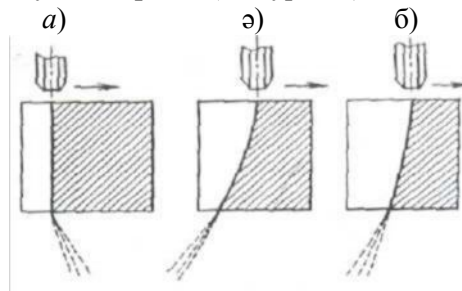
а – кесудің түзу сызықты жылдамдығы төмен болғанда; ә – кесу жылдамдығы өскенде; б – кесу жылдамдығы жоғары болғанда

Кесудің түзу сызықты жылдамдығы өскен сайын оттек ағыны металл бетіне перпендикулярлықтан кесу бағытына кері бағытта ауытқиды. Оттек ағынының металл бетіне айғызы кесу соңғы деңгейінде бастапқы деңгейден Δ шамасына кейін қалады. Кесу енінің төменгі бетте үстіңгі беттен артық болу айырымы кемиді, бірдей болуға бағытталады (32-сурет, ә). Кесу түзу сызықты жылдамдығы жоғары болғанда оттек ағынының металл бетіне айғызы кері қалу шамасы Δ өседі. Кесуде қалыптасқан қож кесу бағытына кері бағытта шашырап ағымдалады. Кесудің төменгі ені бастапқы енінен төмен болып қалыптасады (32-сурет, б). Кесу ережесін сақтап кесу жылдамдығы аса жоғарылатылса, онда металл қалыңдығы толық кесілмеуі орын алады.

Оттек қысымын өсіру белгілі дәрежеде (біршама) кесу жылдамдығын өсіреді, бірақ кесу сапасы елеулі төмендейді. Бұлай кесу дайындамалық кесу үшін (кесуден соң механикалық өндеуден өтетін бөлшектер) қолданылуы мүмкін. Толық дайын

келесі өңдеу қажет емес кесу үшін (таза кесу) кері қалу Δ шамасы кесілетін металл қалыңдығының $10 \div 20\%$ аспауы керек.

Кесу жылдамдығының оңтайлы болуын кесу барысында балқытылған тотықтардың газ ағынымен айдап шығару көрінісімен бағалауға болады (32-сурет). Кесу жылдамдығы оңтайлықтан баяу болғанда металдың үстіңгі бет жиектері балқиды. Балқыған қож (оксидте) кесілген жиектер аралығынан ұшқындалып кесу бағытында үрленіп шығарылады (33-сурет, а). Кесу жылдамдығы аса жоғары болса ұшқындар қарқын төменделген кесу бағытына бағытталған болып келеді. Кесу сызығы кесу бетіне перпендикулярдан ауытқып кері қалу Δ шамасы елеулі болады. Металды қалыңдығын бойлай толық кесу орын алмауы да мүмкін (33-сурет, ә).



33-сурет. Қождың кесуде үрленіп шығарылу сұлбасы
а – кесу жылдамдығы төмен болғанда; ә – кесу жылдамдығы жоғары; б – оңтайлы кесу жылдамдығы

Оңтайлы (нормальды) кесу жылдамдығында ағындалып шығарылатын ұшқын, қож оттек ағынына параллель жуық, кесу бағытына сәл кері бағытта болып қалыптасады. Ұшқын көлемі салыстырмалы кемдеу болып келеді (33-сурет, б).

Оттекті кесумен қалыңдығы 3 мм табак болат кесіледі. Металл қалыңдығы $S < 3\text{ мм}$ болғанда металдың жанудағы бөлінетін жылылық кесуге жеткіліксіз. Сондықтан жұқа металды қабаттап струбцинамен қыспақтап, үстіне қалың табак металл қойып кеседі.

Кесу сапасы кесу дәлдігімен кесу бетінің тегіс, кедір-бұдырсыз, жолақсыз болуымен, кесіндінің төменгі жиегінде грат болмауымен анықталады.

13-кестеде РФ мемлекеттік стандарты бойынша кесу бетінің сапалық көрсеткіші келтірілді.

13-кесте

Кесу бетінің сапалық көрсеткіші

Кесілетін болат қалыңдығы	Перпендикулярлық, мм			Айғыздалу тереңдігі (кедір-бұдырлық), мм		
	Дәлдік класы					
	1	2	3	4	5	6
5-15	0,2	1,0	1,2	0,04	0,08	0,16
16-30	0,3	1,2	1,6	0,08	0,16	0,32
30-50	0,4	1,6	2,0	0,16	0,32	0,64

Кесу дәлдігі кесу сызығының кесу контурынан ауытқуымен сипатталады. Қолдан бағыттаушы тіреусіз кесуде ең жоғары ауытқу орын алады. Ең жоғары дәлдікті кесу бағдарламалы фотоэлектронды және магнитті басқаруда орын алады. Кесу дәлдігі кесу ұзындығына, металл қалыңдығына, металл үстіңгі бетінің күйіне, кесілетін дайындаманың, тұлғасына және кесушінің кәсіпкерлік шеберлігіне тәуелді.

Машинамен кесуде кесу дәлдігі жоғары. 14-кестеде машинамен оттекті кесуде РФ мемлекеттік стандартына сәйкесті кесілген бөлшек дәлдік класы келтірілді.

14-кесте

Машинамен газбен кесуде дәлдік класы көрсеткіштері

Дәлдік класы	Номиналды кесу мөлшерінде шекті ауытқу, мм						
	630-дан артық емес	630-2000	2000-2500	2500-4000	4000-5000	4500-6300	6300-10000
1	±0,9	±1,0	±1,1	±1,2	±1,4	±1,4	±1,4
2	±1,4	±1,5	±1,8	±2,0	±2,0	±2,5	±2,5
3	±2,0	±2,3	±2,5	±2,5	±2,5	±2,8	±2,8

Кесуде оттекті қысымының қажетті шамасы кесілетін металл қалыңдығымен анықталады және кесу оттекті шілтесінің тұлғасымен байланысты. Оттекті қысымы оңтайлы шамадан артық болса кесу жылдамдығы бәсеңдейді, кесу сапасы төмендейді. Қалыңдығы 12-100 мм болатты кесуде кесуші оттекті оптималды қысымы $0,25 \div 0,6$ МПа аралығында. Жұқа болатты, қалыңдығы $(3 \div 12)$ мм, қалың болатты (қалыңдығы 100 мм-ден артық) кесуде кесу оттекті қысымы төмендетіліп алынады.

5.2. Оттегі-флюсті кесу

Кейбір металдар мен қорытпалар баяу балқитын тотықтар қалыптастыратындықтан, жылу өткізгіштігі жоғары және жануда бөлінетін жылу шамасы кесу технологиясының талаптарына жеткіліксіз болғандықтан газ жалынында оттегімен кесуге келмейді.

Айтылған факторларға орай жоғары легирленген хромды, хромникельді болаттар, шойын және түсті металдар әдетті технология мен газбен оттекті кесуге келмейді. Хромды және хромникельді таттанбайтын болаттар үстіңгі бетінде балку температурасы 2000°C шамалы хром оксидтері қалыптасады да, бұлар кесу процесіне кедергілік туындатады. Шойынның балку температурасы жану температурасынан төмен, сондықтан әдетті кесуде шойын жанбай тұрып балқиды. Шойын құрамындағы кремний баяу балқитын оксид қалыптастырады, бұл да кесу процесіне кедергі. Түсті металдардың (мыс, алюминий, жез, қола) жылуөткізгіштігі жоғары, баяу балқитын оксидтер қалыптасады. Сондықтан әдетті технологиямен газбен кесуге келмейді.

Баяу балқитын тотықтарды кесу аумағынан шығару үшін оларды жеңіл балқитын химиялық қосындыға айналдыру, нәтижесінде тотықтың балку температурасы металдың балку температурасынан төмен болуы $T_{т.б.} < T_{м.б.}$, (немесе өте жуық болуы) орын алу тәсілі қолданылады. Баяу балқитын тотық беретін металдарды кесудің екінші мүмкіншілігі кесілетін металл бетінде жоғары температура градиентін қалыптастыру.

Нәтижесінде металдың үстіңгі бетінде жұқа қабатта температура баяу балқитын тотықты балқытады, бірақ негізгі металдың елеулі көлемде балқуы орын алмайды. Мұндай температуралық градиент орын алуы үшін, жергілікті шоғырланған жылу келтіру (қалыптастыру) керек. Қыздыру жалынының қуатын өсіру арқылы осындай температура градиентін қалыптастыру мүмкін емес, себебі қажетті шоғырланған жылу орын алмайды, оған қосымша балқытылған металл көлемі өсіп, кесілген жиек добалды, дәлдігі төмен, сапасыз болып шығады. Қосымша жылу қуатын тікелей кесуші оттегі жалынында қалыптастыру тағайындалған талаптарға сәйкесті болар еді. Оттегі-флюсті кесу үрдісі осы көзқарасқа негізделген. Бұл тәсіл 1950 ж. шығарылды, хроммен жоғары легирленген болаттар, шойын, мыс және оның қорытпаларын кесуге тағайындалған тәсіл. Қазір аталған материалдарды плазма жалынымен кесу технологиясы бар.

Оттегі-флюсті кесуде металл беті қыздырылып дайындалған соң кесуші оттегі жалынына ұнтақ флюстер қосымша беріледі. Ұнтақ түйіршіктер оттекті жалында жанып, елеулі қосымша жылулық әсерін туындатады. Қосымша жылу әсерімен баяу балқитын тотықтар жалынмен металдың үстіңгі беті түйіскен аралығында, кесілетін жиек металының балқуы әлі елеулі болмай тұрғанда, балқиды. Балқытылған тотық кесуші жалын қысымымен айдалып шығарылады. Осындай флюстердің негізі болат, шойынды кесуде темір ұнтағы болып табылады. Мыс және оның қорытпаларын кесуде қосымша жылу қорын беретін флюс-фосфор тотықтары, белгілі дәрежеде алюминий тотықтары осы рөлді атқарады. Алюминий араластыру ұнтақ флюс жануының термиялық әсерін өсіреді.

Кейбір жағдайларда, баяу балқитын тотықтарды кесу аумағынан шығаруға оттегі жалынымен ағындалған, түйіршіктердің абразивтік әрекеттері де орын алады. Осы мақсатта кварцты құм қолдану жоғары хромды болаттарды кесуде хром тотығын кесу аумағынан шығарады. Сонымен бірге, тотықтың флюстенуі де орын алады ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ т.б.).

Флюстің жану процесінде жоғары температураға қыздырылған FeO салыстырмалы жеңіл балқитын кешенді химиялық қосындылар $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$; $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ қалыптасады. Баяу балқитын тотықтар кожға ауысып, кесу аумағынан ағымдалып шығарылып металдың оттеппен әсерлесуіне мүмкіндік беріледі. Флюс құрамындағы ұнтақ темір жануында елеулі жылу қуаты шамамен 1380 кДж/кг бөлінеді. Сәйкесті кесу бетінде температура да өседі.

Кесу процесі ұнтақтың құрамына және гранулдар (түйіршіктер) мөлшеріне тәуелділікті. Темірұнтақ құрамында 0,4%-ға дейін көміртек және 0,6%-ға дейін оттек болса, онда таттанбайтын болатты кесу процесі тиянақты өтеді. Көміртек және оттек шамасы көрсетілген шамадан асса ұнтақ қарышталуы өседі және кесу сапасы төмендейді. Ұнтақ гранулдарының (түйіршіктерінің) мөлшеріне олардың тасымалдануы және қарышталуы оңтайлы болу талабы қойылады. Ең оң нәтижелі түйіршіктер мөлшері $0,07 \div 0,16$ мм. Таттанбайтын болаттарды кесуде темірұнтаққа 10-15% алюминий ұнтағын араластыру жақсы нәтижелі, мұнда балку температурасы 1300°C -тан аспайтын жақсы ағымдалатын сұйық (балкытылған) кож қалыптасады. 15-кестеде тотықпайтын болатты оттегі-флюсті кесуде қолданылатын флюстер құрамы келтірілді.

15-кесте

Тотықпайтын болаттарды кесуде қолданылатын флюстер

Кесу түрі	% массалық құрамы				
	Темір ұнтақ	Алюминий ұнтақ	Алюминий-магний ұнтақ	Силико-кальций	Ферро-силиций
Ажыратып кесу	100	-	-	-	-
	80-90	20-10	-	-	-
	-	-	60-80	-	40-20
Үстіңгі бетті жонып кесу	100	-	-	-	-
	-	-	25-30	75-70	-

16-кестеде шойын және мыс, мыс қорытпаларын оттегі-флюсті кесуде қолданылатын флюстер құрамы келтірілді. Шойынды кесуде флюс кесу аумағын темірмен байытады. Нәтижесінде көміртектің үлесті шамасы кемиді, балқытылған қождың ағымдылығы жақсарады.

16-кесте

Шойын және мыс қорытпаларын оттекті-флюсті кесуде қолданылатын флюстер құрамы

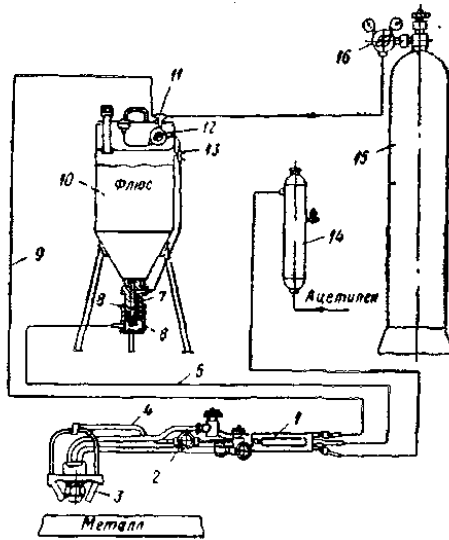
Кесілетін металл	Темір ұнтақ, %	Алюминий ұнтақ, %	Домналық феррофосфат, %	Кварцтық құм, %
Шойын	65-75 65-75	- 10-5	35-25 -	- 25-20
Мыс	70-80	30-20	-	-
Жез және қола	70-80 65-75	10-5 20-15	- 15-10	20-15 -

Оттекті-флюсті кесу арнайы қондырғыларда жүргізіледі. Қондырғы құрамына флюспен нәрлендіргіш, кескіш (қолдан немесе машинамен) және кескішке флюс келтіретін қосалқы кіреді.

Флюспен нәрлендіргіш құрылымына орай инжекторлы, циклонды және механикалық болып келеді. Оттегі-флюсті кесу қондырғысы құрылымына орай үш түрлі сұлбалы болады: флюсті шетінен (сырттай) келтіру; жоғары қысым әсерімен флюсті бір өсті келтіру; механикалық келтіру.

Оттегі-флюсті кесуде, әдетті оттегінде кесудегідей, металдың тотығуы және қожды кесу аумағынан ағымдатып шығарумен қатар, ұнтақ флюстің (темір, феррофосфор, алюминий) жануы нәтижесінде, реакция аумағында температураның қарқындалуы, сонымен қатар баяу балқитын тотықтардың флюстенуі және олардың абразивті шығарылуы (тотық, кварцты құм, алюминий тотығы) орын алады. Оттек-флюсті кесу арнайы аппаратурамен жүргізіледі.

РФ өнеркәсібінде қолданылатын оттек-флюсті УРХС-4 маркалы кесу қондырғысының сұлбасы 34-суретте келтірілді.



34-сурет. Қондырғы УРХС-4

Қондырғы УРХС-4 хромды, хромникельді болат, сондай-ақ шойын, мыс және мыс қорытпаларын кесуге арналған.

Қондырғы УРХС-4-тің жұмыс істеуі. Ацетилен су құлып (14) арқылы кескішке құбыршекпен келтіріледі. Оттек баллоннан (15) редуктор (16) арқылы құбыршекпен кескішке (1) келтіріледі. Оттектің бір бөлек ағымы үштік (11) арқылы қосымша редукторға (12) бағытталып, вентиль (13) арқылы флюсті нәрлендіргіштің (10) тұрқына беріледі және еңкішті қабырғалы циклон камера жалғастығына (6) келтіріледі. Бұл камераға арна (8) бойынша флюсті нәрлендіргіштен (10) ұнтақ флюс түседі. Оттек ағымы арна (7) арқылы өтіп флюсті сорып тартады да оны құбыршек (5) арқылы кескішке (1) келтіреді. Мұнда флюс вентиль (2) құбыр (4) арқылы кескіш бастиегінің шілтеріне (3) келтіреді де кесуші оттек ағымымен сорылып тартылып оттек-флюс араласы қалыптасады. Құбыршек (9)

арқылы оттек беріледі, ол кескіште қыздырушы жалынға және кесуші ағымға жіктеледі.

УРХС-5 типті оттек-флюсті құрылғы құрылымы УРХС-4 құрылғыға сәйкесті. Ерекшелігі флюс пен нәрлендіргіш бір мезетте екі кескішке флюс келтіруді іске асырады. Бұл машинамен кесуде қолданылатын мүмкіндік.

Машинамен кесуде де қолдан кесудегідей типті кескіштер қолданылады, қосымша флюс келтіретін қондырғы қолданылады.

Жоғарыдай айтылған құрылғылардан басқа да құрылғылар бар. Мысалы, ПМР-100 маркалы құрылғы қалыңдығы 300-1000 мм жоғары легирленген болатты оттек-флюсті кесуге арналған және мұнда кесу процесі оттек қысымы салыстырмалы төмен шамалы болғанда да жүргізіледі.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. *Г.Л. Петров, Н.Г. Буров, В.Р. Абрамович.* Технология и оборудование газопламенной обработки металлов. – Л.: Машиностроение, 1978.
2. *А.И. Акулов и др.* Технология и оборудование сварки плавлением и термической резкой. – М.: Машиностроение, 2003.
3. *Г.Л. Петров, А.С. Тумарев.* Теория сварочных процессов. – М.: Высш. шк., 1977.
4. Технология и оборудование сварки плавлением /Под ред. *Г.Д. Никифорова* – М.: Машиностроение, 1978.
5. *Ғ. Нысанбай.* Металдарды пісіру және кесу. – Алматы: БО ҚазҰТУ, 2001.
6. Сварка в машиностроении. Справочник. Т.4. /Под ред. *Ю.Н. Зорина.* – М.: Машиностроение, 1979.

Мазмұны

Алғысөз.....	3
I Газбен пісіру процесінің физика-химиялық мәні.....	5
II Газбен пісіру материалдары.....	14
III Газбен пісіру және кесу жабдық, аспаптары.....	25
IV Газбен пісіру технологиясы.....	45
4.1. Газбен пісірудегі металлургиялық процестер.....	62
4.2. Пісірудегі жылулық процестері.....	74
4.3. Металдар мен қорытпаларды пісіру технологиясы.....	87
4.4. Алюминий және оның қорытпаларын пісіру	103
4.5. Мыс және оның қорытпаларын пісіру.....	106
V Газжалынымен (оттекті) кесу процесі.....	118
5.1. Физика-химиялық негізі және технологиясы.....	118
5.2. Оттегі-флюсті кесу.....	139
Пайдаланылған әдебиеттер.....	145

Оқулық басылым

Ғабдулла Нысанбай

Металдарды газбен пісіру және кесу

Оқу құралы

РББ бастығы

З.А. Ғұбайдулина

Редакторы

А.И. Бейсебаева

Компьютерде беттеген

Л.Т. Қасжанова

Басуға 20.05. 2011 ж. қол қойылды.

Пішімі 60/84 1/16. №1 баспаханалық қағаз. Шартты 8,5 баспа табағы.

Көлемі 9,2 баспа табақ Таралымы 500 дана.

Тапсырыс № 166. Бағасы келісімді.

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,

Ғылыми-техникалық баспа орталығы.

Алматы қ., Ладыгин көшесі, 32

ISBN 978-601-228-271-9



9 786012 282719