

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева

Ш.Д. Ахметова

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в
качестве учебного пособия

Алматы 2013

УДК 629 (075.8)
ББК 39.33-08 я 73
А 95

А 95 Ахметова Ш.Д. Технология производства типовых деталей транспортной техники: Учебн. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2013. – 198 с.

Ил. 60. Табл. 6. Библиогр. – 8 назв.
ISBN 978-601-228-522-2

Учебное пособие состоит из пяти глав, в которые входят точность обработки деталей; базирование заготовок; шероховатость обрабатываемых поверхностей и ее параметры; назначение и конструктивные элементы станочных приспособлений. Рассмотрены вопросы проектирования технологических процессов обработки деталей транспортной техники. Изложены технологические процессы производства типовых деталей различных классов (корпусных деталей, зубчатых колес, рычагов и т. д.).

Учебное пособие предназначено для обучающихся специальности 5В071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии».

УДК 629 (075.8)
ББК 39.33-08 я 73

Рецензент:

Керимжанова М.Ф., канд. техн. наук, доцент.

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2013 г.

ISBN 978-601-228-522-2

© Ахметова Ш.Д., 2013
© КазНТУ, 2013

ВВЕДЕНИЕ

В технологии производства деталей машин основными является получение заготовки и механическая обработка деталей. Изменения в технологии механической обработки определяют соответствующие изменения в станочном парке этих цехов. Обновление станочного парка проводилось и проводится в основном за счет введения наиболее прогрессивных групп оборудования: агрегатных станков, алмазно-расточных, вертикально-расточных, хонинговальных, бесцентрово-шлифовальных автоматов и полуавтоматов и станков, встраиваемых в автоматические линии. Повышение точности обработки деталей должно обеспечиваться главным образом применением прецизионных станков, в связи, с чем резко возрастет удельный вес станков этой группы.

Внедрение новых автоматических линий значительно повысит производительность труда, поэтому дальнейшее распространение автоматических процессов является одной из важнейших задач. Получили распространение автоматические линии изготовления поршневых пальцев, колец, коленчатых и кулачковых валов, шатунов, типовые процессы обработки поршней, толкателей, корпусных деталей и др.

Основные задачи изучения технологии производства:

- выявление и анализ закономерностей, протекающих при изготовлении различных деталей; овладение методикой расчета первичных погрешностей;
- установление взаимосвязей между факторами, которые влияют на точность, шероховатость и свойства поверхностей обрабатываемых деталей;
- изучение методологии проектирования технологических процессов и операций и выбор рациональных схем их построения;
- повышение технического уровня действующего производства технологическими методами.

Одновременно на заводах промышленности совершенствуется технология и повышается технический уровень сборки изделий. Эти работы и в дальнейшем должны осуществляться на базе автоматизации и механизации сборочных операций и перехода на комплексные механизированные и автоматизированные процессы. Конвейеры сборки, оснащенные автоматическими механизмами для передачи собираемого объекта с одного на другой конвейер, автоматами для крепления буксирных устройств, высокопроизводительным механизированным пневматическим и электрическим инструментом, выполняющим трудоемкие операции сборки, используются для повышения производительности сборки.

1. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

При изготовлении деталей невозможно достичь абсолютно точных номинальных размеров.

Точность детали характеризуется:

допускаемыми отклонениями ее действительных размеров от номинальных; допускаемыми отклонениями от геометрической формы детали или ее отдельных элементов (овальность, огранка, некруглость, нецилиндричность, изогнутость, конусообразность, неплоскостность, непрямолинейность и др.);

допускаемыми отклонениями поверхностей и осей детали от их взаимного расположения или расположения относительно базы (например, отклонение межцентрового расстояния двух отверстий, непараллельность плоскостей, осей, несоосность, отклонение базового торца относительно оси отверстия и др.).

Под *точностью изготовления детали* понимается степень соответствия ее всем требованиям рабочего чертежа, технических условий и стандартов.

Действительные отклонения параметров реальной детали от заданных номинальных их значений называют *погрешностью изготовления*.

Разность предельных отклонений рассматриваемого параметра называется *допуском*. Допуски, проставляемые на рабочем чертеже, носят название *конструкторских*.

1.1. Погрешности обработки

Все погрешности обработки на металлорежущих станках делятся на следующие основные виды [7].

Теоретические погрешности, т. е. заранее допущенные отклонения геометрической формы деталей от теоретической. Например, при обтачивании заготовок дисковыми фасонными резцами, изготовленными без корректирования профиля, возникают искажения профиля обтачиваемой заготовки и ее размеров. Значения возникающих погрешностей можно рассчитать заранее, но обычно для неответственных деталей этими отклонениями пренебрегают из-за их малой величины.

Погрешности, возникающие от неточности работы стан-

ков, зависят от работы станков, их можно рассматривать при работе станка в ненагруженном состоянии и под нагрузкой (от неточностей при изготовлении деталей станка и при его сборке).

Погрешности, возникающие в процессе работы станков под нагрузкой, зависят от многих причин, не связанных между собой какой-либо зависимостью, и поддаются исследованию математической статистикой.

Отклонения, возникающие в нагруженном состоянии, оказывают существенное влияние как на точность получаемых размеров деталей, так и на искажение их геометрической формы.

Так, при отклонении от соосности центров станка в плоскости, параллельной направляющей станины, получается деталь с погрешностью геометрической формы – конусом (рис. 1.1, а), при отклонении от соосности центров станка в плоскости, перпендикулярной к направляющим станины, получается деталь вогнутой формы – гиперboloид вращения (рис. 1.1, б) [6].

Плохая балансировка частей станка, приспособления и обрабатываемой заготовки вызывает вибрацию станка, быстрый износ подшипников и, как следствие, возникновение огранки на обрабатываемой детали.

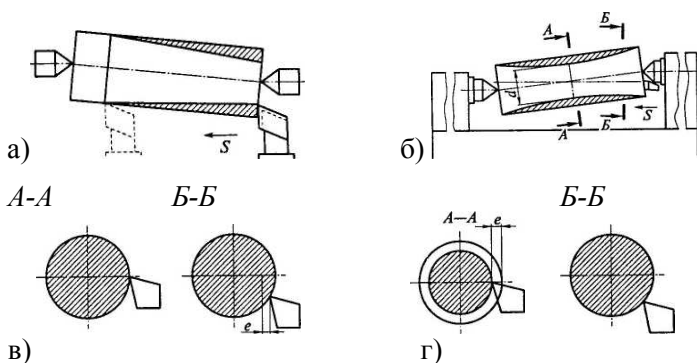


Рис. 1.1. Погрешности геометрической формы детали при отклонении от соосности центров станка: а – конусность; б – гиперboloид вращения; в – касание резца образующей цилиндра (сечение А-А), нахождение резца вне центра (сечение Б-Б); г – перемещение резца в радиальном направлении так, что он касается заготовки (сечение Б-Б), обтачивание поверхностей диаметром, уменьшенным на величину $2e$ (сечение А-А)

Отклонение от параллельности или от перпендикулярности стола по отношению к шпинделю, а также биение шпинделя чаще всего вызывают погрешности геометрической формы.

Погрешности, возникающие при обработке заготовки на металлорежущих станках вследствие деформации упругой технологической системы станок-приспособление-инструмент-заготовка, происходят под действием сил резания, сил зажима и ряда других факторов, в т. ч. наличия зазоров в стыковых соединениях частей станка, упругой деформации отдельных его частей, деформации приспособления, инструмента и детали.

Размер деформации зависит от способности узлов и деталей оказывать сопротивление действующим силам и определяется жесткостью.

Жесткость J_c , Н/м, упругой технологической системы есть отношение действующих сил резания, направленных по нормали к обрабатываемой поверхности, к величине смещения режущей кромки инструмента:

$$J_c = P_y / \varepsilon, \quad (1.1)$$

где P_y – радиальная составляющая сил резания, Н; ε – значение смещения режущего инструмента, деформация инструмента, м.

Величину, обратную жесткости, называют *податливостью* упругой системы:

$$\omega = 1/J_c = \varepsilon / P_y. \quad (1.2)$$

Значение деформации, мкм, можно определить по формуле

$$\varepsilon = P_y \cdot 1000 / J_c = P_y \omega. \quad (1.3)$$

Основной причиной возникновения погрешностей геометрической формы, вследствие действия сил резания, является недостаточная жесткость обрабатываемых деталей.

При обработке валов, установленных в центрах токарного или круглошлифовального станков, под действием радиальной составляющей силы резания P_y возникает деформация вала f , имеющая наибольшее значение в его середине (рис. 1.2, а). Таким образом, режущий инструмент, установленный на определенный размер, снимает больше металла в сечениях, близких к

центрам, и меньше – в середине вала (рис. 1.2, в), т. е. в сечении, обладающем наименьшей жесткостью. Вал в данном случае имеет бочкообразную форму с диаметром в наибольшем сечении, увеличенном на удвоенную величину деформации оси вала f (стрела прогиба).

При обработке вала с закреплением в патроне или цанге под действием силы резания также может возникнуть погрешность геометрической формы (рис. 1.2, б и г).

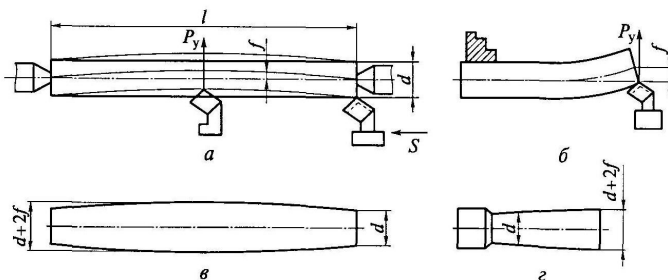


Рис. 1.2. Схема деформирования валов под действием сил резания: а, б – схемы установки заготовок; в, г – соответствующие им обработанные детали; d – заданный диаметр детали

Погрешности установки и базирования заготовок могут возникнуть в связи с несовпадением установочной и конструкторской (или измерительной) баз, а также из-за смещения или деформации заготовки под действием сил зажима. В этом случае большое значение имеет правильный выбор опорных поверхностей, точек приложения сил зажима и жесткости приспособления.

Погрешности от размерного износа инструмента. Причинами размерного износа режущих инструментов является трение стружки о переднюю поверхность инструмента и трение его задней поверхности об обрабатываемую поверхность детали.

Изнашивание происходит и по задней, и передней поверхности (реже). Это приводит к тому, что при обработке партии деталей выдерживаемый размер будет постепенно увеличиваться (размер первой детали будет меньше последней на величину размерного износа).

Износ определяет период стойкости режущего инструмента, а его величина зависит от характера технологической операции (черновой, получистовой или чистовой).

За критерий изнашивания принят износ по задней поверхности режущего инструмента.

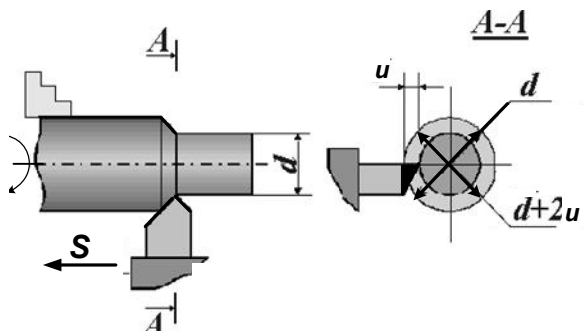


Рис. 1.3. Схема формирования погрешности от размерного износа

На точность обработки влияет износ лезвия инструмента в направлении перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, который и называют *размерным износом*.

Критические (предельные) значения размерного износа определяют период между переточками режущего инструмента или же его замены.

Температурные погрешности – изменения размеров и формы деталей, вызванные метеорологическими условиями (температура воздушной среды на производстве), нагревом обрабатываемой детали вследствие выделения теплоты при резании.

Температурная погрешность размеров деталей вследствие их нагрева при резании зависит от линейных размеров и коэффициента линейного расширения металла:

$$\Delta l = l\alpha(t - t_0), \quad (1.4)$$

где l – размер обрабатываемой заготовки; $t - t_0$ – изменение температуры нагрева заготовки за время обработки; α – температурный коэффициент линейного расширения.

Для уменьшения деформаций, вызванных влиянием темпе-

ратуры, рекомендуется подбор режимов резания, высокое качество заточки режущего инструмента, применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). При выполнении особо точных работ СОЖ необходимо охлаждать до 10 °С.

Погрешности, вызванные напряжениями, возникают под действием различных факторов: в литых и кованных заготовках – от неравномерного охлаждения, при механической обработке – вследствие перераспределения напряжений после удаления поверхностного слоя металла. Для уменьшения влияния напряжений на размеры и форму деталей механическую обработку обычно делят на черновую и чистовую, а точные детали подвергают искусственному или естественному старению.

При закреплении заготовок на станке или в приспособлении возникают *погрешности, вызванные силами зажима*. При этом происходит деформация как самой детали, так и поверхностного слоя металла. Особо большое значение это имеет при закреплении деталей сложной формы, тонкостенных втулок, длинных валов и т. д. [1].

Расчет суммарной погрешности обработки.

В общем случае наиболее значимыми погрешностями, возникающими в процессе механической обработки являются:

Δ_y – погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием силы резания, *мкм*;

Δ_n – погрешности, возникающие из-за неточной настройки станка, *мкм*;

Δ_u – погрешности, вызываемые размерным износом режущего инструмента, *мкм*;

Δ_T – погрешность обработки, вызываемая температурными деформациями технологической системы, *мкм*.

Δ_{cm} – погрешности, возникающие вследствие геометрических неточностей станка, *мкм*.

При обработке на станке ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы и отработки программ управления.

Расчет точности (определение суммарной погрешности обработки) целесообразен в основном для операций чистовой стадии обработки, т. е. при 6...11 квалитете точности.

Тогда суммарная погрешность обработки:

- для диаметральных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_T^2 + \varepsilon_y^2} + \Delta_{\phi}; \quad (1.5)$$

- для линейных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_T^2 + \varepsilon_y^2} + \Delta_{\phi}, \quad (1.6)$$

где ε_y – погрешности установки заготовки,

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{nz}};$$

Δ_u – износ инструмента;

Δ_y – упругие деформации;

Δ_{ϕ} – погрешности формы детали (например, кривизна) с предыдущей операции.

После определения суммарной погрешности проверяется возможность обработки без брака, для чего полученные значения сравнивают с допуском по чертежу.

В случае невозможности достижения требуемой точности – необходимо предложить конкретные мероприятия по снижению первичных погрешностей.

1.2. Методы расчета точности технологических процессов

Основным требованием, предъявляемым к технологическим процессам, является обеспечение заданной точности изготовления детали.

Существуют два метода расчета точности [6].

Аналитический метод требует сложного исследования всех первичных погрешностей обработки; его применяют лишь

в отдельных случаях.

Статистический метод основан на теории вероятности и математической статистике, позволяющих установить закономерность погрешностей.

Все погрешности, возникающие при механической обработке, делятся на две группы: систематические, т. е. погрешности, возникающие от действия вполне определенных факторов и имеющие закономерный характер (ошибки шага винта, неправильная наладка и др.); случайные погрешности, возникающие по многим причинам и не имеющие определенной закономерности (различная твердость заготовок, колебания припуска, неточности закрепления заготовки и т. п.).

Методами математической статистики устанавливают закономерность как случайных, так и систематических погрешностей, возникающих при обработке. При этом производят измерение фактических размеров деталей всей партии, по данным которых строят кривую распределения. Для крупных партий разность между наибольшим и наименьшим фактическими размерами измеренных деталей разбивают на равные интервалы и определяют число деталей, размеры которых находятся в пределах данного интервала.

При построении кривой распределения по оси абсцисс откладывают поле рассеяния размеров (поле допуска), разделенное на принятое число интервалов, а по оси ординат – абсолютную частоту. Для построения точек кривой определяют среднее арифметическое значение данного интервала и из найденной таким образом точки восстанавливают перпендикуляр. После соединения точек получают ломаную линию. При увеличении числа деталей в партии ломаная линия приближается к плавной кривой, которая называется *кривой распределения*.

При нормальном ходе технологического процесса полученная кривая рассеяния случайных погрешностей приближается к кривой нормального распределения (кривой Гаусса), уравнение которой имеет вид

$$y = \varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.7)$$

где y – частота появления погрешностей; σ – среднее квадратичное отклонение аргумента, равное квадратному корню из средней арифметической суммы квадратов всех отклонений; e – основание натурального логарифма, равное 2,718; x – отклонение действительных размеров от средних, равное разности размера каждой детали и среднего арифметического размера.

При дискретном (прерывном) значении полученных размеров деталей в зоне рассеяния средний арифметический размер детали L_{cp} в партии равен среднему арифметическому из размеров деталей всей партии:

$$L_{cp} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} L_i}{N} \quad (1.8)$$

где $L_1, L_2, L_3, \dots, L_N$ – размеры отдельных деталей; N – число деталей в партии.

Среднее квадратичное отклонение, являющееся единственным параметром, определяющим форму кривой нормального распределения, определяют по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{(L_1 - L_{cp})^2 + (L_2 - L_{cp})^2 + \dots + (L_N - L_{cp})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N} (L_i - L_{cp})^2}{N}} \quad (1.9)$$

Величина σ определяет рассеяние размеров и характеризует степень влияния случайных погрешностей. Чем меньше величина σ , тем меньше кривая растянута и, следовательно, меньше рассеяние размеров.

Исследования с помощью математической статистики позволяют:

определить точность технологических процессов (критерием точности δ является условие $\delta \geq 6\sigma$);

определить вероятность получения числа деталей с размерами в интервалах для допуска. Для этого определяют относительную частоту (вероятность) случаев y' путем деления абсолютной частоты y на число деталей в партии N , %:

$$y' = \frac{y}{N} \quad \text{или} \quad y' = \frac{y \cdot 100}{N}. \quad (1.10)$$

Следует отметить: на основании исследований установлено, что в интервале $x = \pm 0,36\sigma$ находится 35 % всех размеров обработанных деталей, при $x = \pm 0,76\sigma$ – 50 %, а при $x = \pm 3\sigma$ – 99,7 %. В последнем случае, кривая нормального распределения почти сливается с осью абсцисс, т. е. отклонения действительных размеров от среднего размера почти всех обработанных деталей находятся в пределах $\pm 3\sigma$ или по абсолютной величине более 6δ . Следовательно, если допуск δ на обработку заготовок равен не менее 6σ , то точность процесса соответствует требованиям, если менее 6σ , то часть деталей не соответствует требуемым размерам и принятый процесс обработки неприемлем.

На рис. 1.4 приведены результаты математической обработки измерения партии деталей из 100 шт. для определения меры рассеивания, среднего арифметического размера, среднего квадратичного отклонения, координат пяти характерных точек для построения кривой нормального распределения, данных для расчета процента возможного брака деталей.

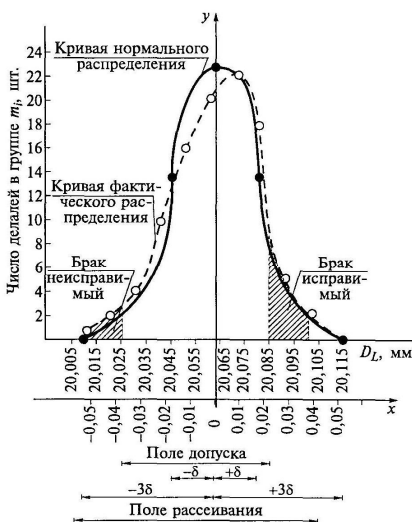


Рис. 1.4. Кривые нормального и фактического распределения вероятности годности деталей

Контролируемый размер детали – диаметр наружной поверхности $D_L = (20^{+0,085}_{+0,025})$ мм. Детали исследуемой партии обработаны при одной настройке станка без смены и наладки инструмента. Контролируемый размер измерялся микрометром, и результаты измерения были распределены на 10 размерных групп с интервалом в 0,01 мм.

Вероятность получения брака имеет место, т. к. поле рассеивания размеров детали ($M_p=0,1$ мм) больше допуска размера детали ($\delta=0,06$ мм).

Заштрихованные на рисунке участки характеризуют вероятность неисправимого и исправимого брака.

Итого: годных деталей 89 %; брак – 11 %.

1.3. Понятие о базах и базировании. Правило «шести точек»

При эксплуатации машин и механизмов необходимо обеспечивать определенное положение их элементов (детали и узлы).

При изготовлении деталей на станках они так же должны быть определенным образом сориентированы в пространстве относительно элементов станка или положения режущего инструмента. Поэтому для обеспечения точности обработки и сборки используют определенные правила в соответствии с теорией базирования.

В соответствии с ГОСТом под базированием понимают придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат [1].

Базами называют поверхности, линии или точки, используемые при базировании.

При механической обработке на станках базированием принято считать придание заготовке или детали требуемого положения относительно элементов станка, которые определяют траекторию движения подачи используемого инструмента.

При установке деталей на станках необходима не только правильная ориентация, но и закрепление – для обеспечения условия неподвижности.

Известно, что для полного исключения подвижности твердого тела в пространстве необходимо лишить его *шести степеней свободы*: трех поступательных перемещений вдоль осей координат и трех вращений вокруг указанных осей.

Поэтому многие задачи, связанные с расчетом точности при базировании и установке, можно решать теоретически *посредством наложения «связей»*.

Под связями подразумеваются ограничения позиционного (геометрического) или кинематического характера, накладываемые на движение точек рассматриваемого тела (заготовки или детали).

В технологии машиностроения позиционные связи предполагаются двухсторонними, т. е. лишаящими тело возможности перемещения в обе стороны в направлении действия связи.

Эти *связи* не зависят от времени, и поэтому их считают стационарными и позиционными.

При установке заготовки на опорные точки приспособлений каждая из них реализует только одну *одностороннюю связь*.

Под опорной точкой подразумевается идеальная точка контакта поверхностей заготовки и приспособления, лишаящая заготовку одной степени свободы, делая невозможным ее перемещение в направлении перпендикулярном опорной поверхности.

Правило шести точек.

Для полного базирования деталей (заготовок) приспособлений на металлорежущих станках необходимо и достаточно создать в нем 6 опорных точек, расположенных определенным образом относительно базовых поверхностей заготовок или деталей.

В зависимости от числа опорных точек, с которыми база находится в контакте различают:

установочную базу А, находящуюся в контакте с тремя опорными точками и лишаящую тело трех степеней свободы (точки $a1, a2, a3$);

направляющую базу В, находящуюся в контакте с двумя опорными точками и лишаящую тело двух степеней свободы (точки $b1, b2$);

опорную базу C , имеющую контакт с одной опорной точкой и лишаящую тело одной степени свободы.

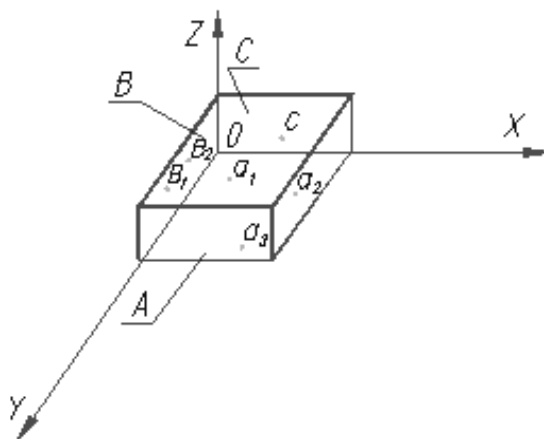


Рис. 1.5. Схема расположения призматической заготовки в пространстве

Каждая из названных баз определяет положение заготовки относительно одной из плоскостей системы координат в направлении перпендикулярном этой базе, т. е. в направлении одной из координатных осей.

Очевидно, что для полного ориентирования заготовки в приспособлении необходим комплект из трех баз.

В практике во многих случаях нет необходимости в полном ориентировании с использованием всего комплекта из трех баз («неполная схема базирования»).

Например, при обработке плоскости ориентирование заготовки на станке в направлении горизонтальных осей координат для получения требуемого размера a не имеет значения, поэтому боковые поверхности заготовки теряют значение баз (боковые поверхности используются только для закрепления и в процессе базирования не участвуют).

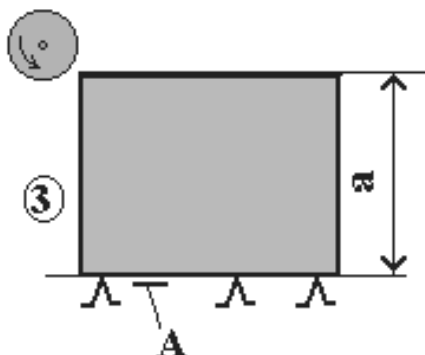


Рис. 1.6. Пример неполной схемы базирования призматической заготовки: a – выдерживаемый размер

Для получения у заготовки двух размеров, например, a и b возникает необходимость ее ориентирования с помощью установочной базы – A и с помощью направляющей базы – B .

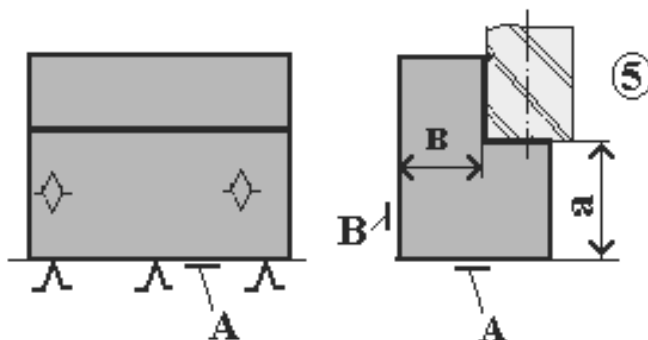


Рис. 1.7. Пример неполной схемы базирования призматической заготовки: a , b – выдерживаемые размеры

В случае, когда требуется обеспечить выполнение трех размеров a , b и c , для ориентирования заготовки необходимо использование всего комплекта из трех баз, т. е. поверхностей A , B , C .

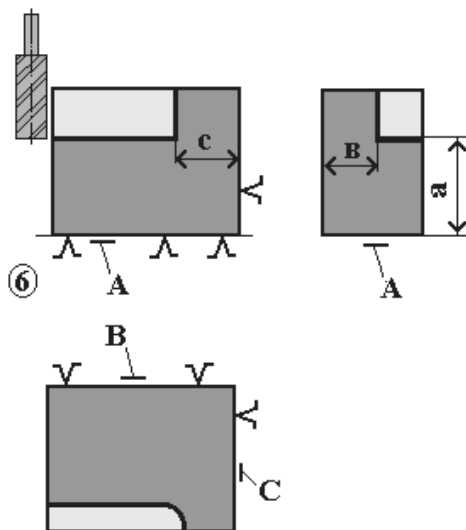


Рис. 1.8. Пример полной схемы базирования:
 a, b, c – выдерживаемые размеры

При обработке цилиндрических заготовок для их базирования во многих случаях тоже нет необходимости в использовании комплекта всех трех баз.

Так при установке валов в центрах (для обтачивания на токарных станках или наружного шлифования) они базируются по конусам центровых отверстий и лишаются пяти степеней свободы.

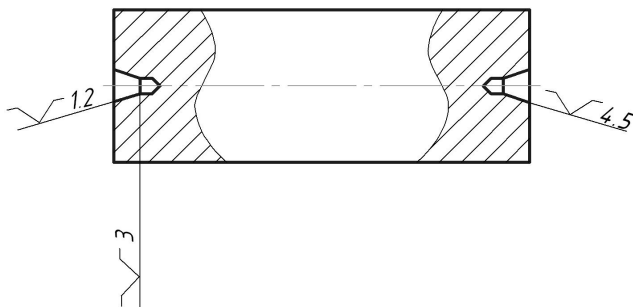


Рис. 1.9. Схема базирования: «короткий конус» (центра)

Таким образом, в зависимости от технологической задачи, решаемой при обработке заготовки, при ее базировании в приспособлении или на станке могут быть использованы одна или все три базы, содержащие *три, четыре, пять или шесть опорных точек*.

Существует понятия:

главная базирующая поверхность – это поверхность, при установке на которую деталь имеет наибольшую устойчивость. Она содержит 3 (или более) опорные точки, является наиболее протяженной в сравнении с другими поверхностями;

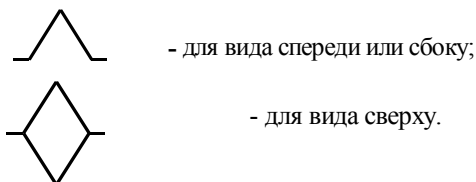
свободная (несопрягаемая) поверхность – не участвует ни в обработке, при сборке не контактирует с другими поверхностями;

исполнительная поверхность – которая в данный момент может обрабатываться.

1.4. Типовые схемы базирования деталей при обработке

Схема базирования – схема изображения детали с нанесенными на нее опорными точками.

Согласно ГОСТ 21495 – идеальная опорная точка обозначается символами:



Любую деталь при проектировании операций механообработки можно отобразить с помощью схемы базирования.

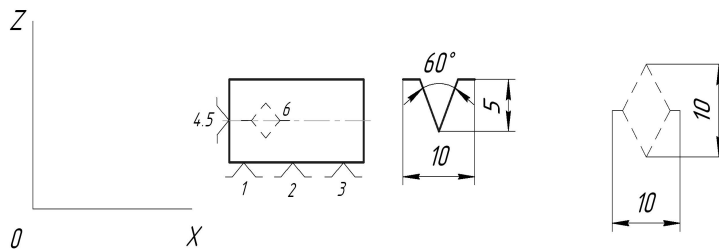


Рис. 1.10. Схема базирования призматической заготовки



Рис. 1.11. Схема базирования цилиндра на призме

Точки 1, 2, 3, 4 расположены на главной базирующей поверхности, которая называется *двойная направляющая база*; точка 5 – упорная база.

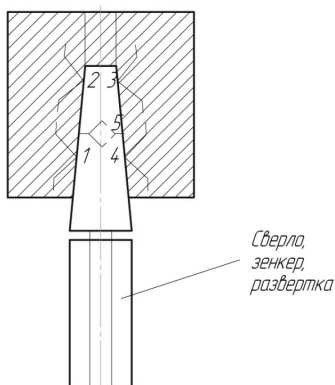


Рис. 1.12. Схема базирования «длинный конус» (Конус Морзе)

1.5. Классификация баз

По назначению и области применения базы подразделяются на сборочные, конструкторские, измерительные и технологические.

По месторасположению в выполняемом технологическом процессе их условно разделяют на: черновые, получистовые и чистовые.

Конструкторская база – это база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии (ГОСТ21495-76).



Рис. 1.13. Классификация баз

В практике *конструкторской базы* называется поверхность, линия или точка детали, по отношению к которой определяются на чертеже расчетные положения других деталей или сборочных единиц изделия, а также других поверхностей и геометрических элементов данной детали.

Конструкторские базы делятся на *основные и вспомогательные*.

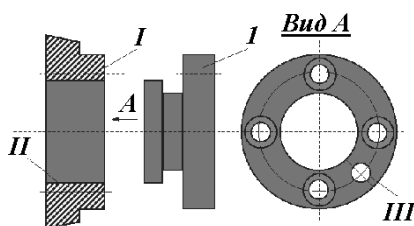


Рис. 1.14. Пример основной и вспомогательной баз

Основная конструкторская база принадлежит данной детали или сборочной единице и определяет ее положение в изделии.

Это поверхности – *I, II, III*.

Вспомогательной называется конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице, используемая для определения положения, присоединяемых к ней деталей или сборочных единиц.

1 – присоединяемая деталь; *I, II, III* – вспомогательные базы.

Измерительной базой называется поверхность, линия или точка, от которой производится отсчет выполняемых размеров при обработке или взаимного расположения поверхностей деталей или элементов изделия.

A – измерительная база.

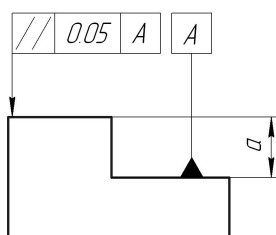


Рис. 1.15. Пример измерительной базы

При использовании в качестве измерительных баз материальных поверхностей изделия проверку производят обычными прямыми методами измерения; при использовании геометрических элементов (биссектрис углов, осевых линий и т. п.).

Измерительные базы материализуются с помощью вспомогательных деталей: штырей, пальцев, натянутых струн, отвесов, оптических установок (коллиматоров) и других устройств.

Технологическая база – это база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта (ГОСТ 21495-76).

Технологической базой, используемой при обработке заготовок на станках, называется поверхность, линия или точка заготовки, относительно которой ориентируются ее поверхности, обрабатываемые на данной установке. Обычно именно на эту поверхность деталь опирается при обработке.

Различают также *искусственные* и *естественные* технологические базы. Например, центровые отверстия на валах изготавливают лишь для удобства изготовления валов, т. к. конфигурация последних не позволяет их устойчиво и надежно сориентировать и закрепить при достижении точности по чертежу.

Скрытая база – база в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Явная база – база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Например, поверхность 1 является *скрытой технологической базой*.

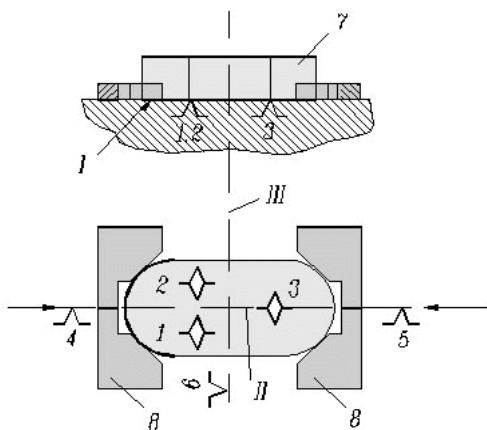


Рис. 1.16. Пример технологической базы

В этих случаях на схемах базирования изображается расположение опорных точек на скрытых базах (осях, плоскостях симметрии) символизирующих связи заготовки с выбранной системой координат.

Установочная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

Направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

Двойная направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей (поверхность 1).

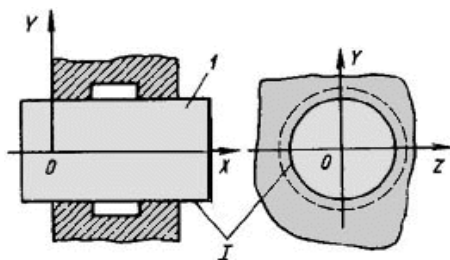


Рис. 1.17. Пример двойной направляющей технологической базы

Опорная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

Двойная опорная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей.

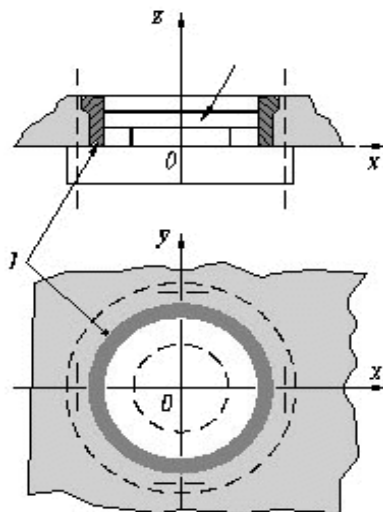


Рис. 1.18. Пример двойной опорной технологической базы

1.6. Принципы базирования

1. Принцип совмещения баз

При назначении технологических баз для обеспечения более точной обработки необходимо совмещать измерительные и технологические базы, в т. ч. использовать эти поверхности не только при обработке, но и при сборке.

2. Принцип постоянства баз

При разработке технологических процессов необходимо стремиться к тому, чтобы одна и та же поверхность (по возможности) была использована в качестве базы.

Исключение составляют черновые базы (например, изготовление центровых отверстий).

3. Принцип последовательной смены баз

Если не удастся разработать ТП (выполняемый при одной установке заготовки), тогда в качестве следующей базы необходимо использовать поверхность (ранее уже обработанную), точность которой должна быть выше.

2. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

2.1. Показатели качества поверхности

Качество поверхности характеризуется шероховатостью, волнистостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя [6].

Шероховатостью поверхности (микрогеометрией) называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине, образующих рельеф поверхности детали.

Волнистость поверхности – это такая совокупность периодически чередующихся возвышенностей и впадин, у которых расстояние между смежными возвышенностями или впадинами превышает базовую длину. Нормируемыми параметрами волнистости является ее высота (рис. 2.1, а) и средний шаг (рис. 2.1, б).

Высота волнистости W_z – среднее арифметическое из пяти ее значений, определенных на участке измерения длиной l_w равна не менее пяти действительным наибольшим шагам волнистости:

$$W_z = \frac{1}{5}(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \quad (2.1)$$

Предельные числовые значения высоты волнистости W_z необходимо выбирать из ряда, мкм: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200.

Средний шаг волнистости S_w – это совокупность неровностей профиля поверхности с относительно малыми шагами в пределах базовой длины l .

Базовая длина – длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. Граница между значениями волнистости и шероховатости условна, т. к. при изменении базовой длины l , которую назначают из эксплуатационных соображений, числовые значения параметров волнистости и шероховатости тоже будут изменяться.

В качестве критерия различия между волнистостью и шероховатостью и отклонения формы чаще всего используют от-

ношение среднего шага к высоте: $S_w/W_z < 40$ – шероховатость; $40 < S_w/W_z < 1000$ – волнистость; $100 < S_w/W_z$ – отклонение формы.

Предусмотрен ряд параметров для количественной оценки шероховатости, причем отсчет значений ведется от единой базы, за которую принята средняя линия профиля m_w .

Средней линией профиля m_w называется базовая линия, имеющая форму номинального профиля поверхности и делящая действительный профиль так, что в пределах базовой линии среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии минимально.

Систему отсчета значений шероховатости от средней линии профиля называют *системой средней линии*.

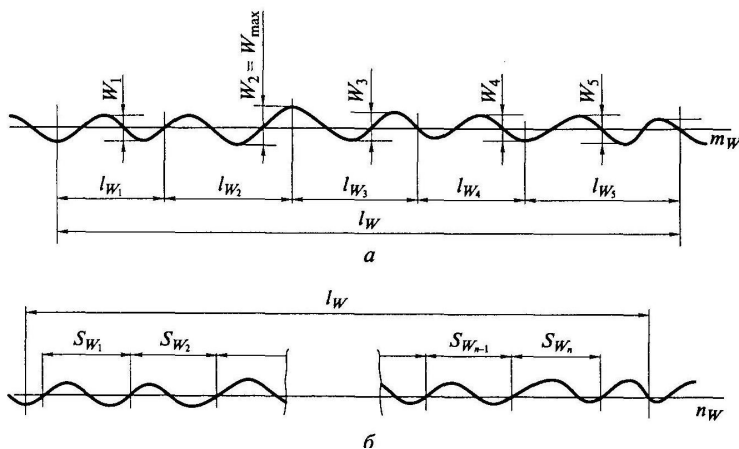


Рис. 2.1. Определение высоты (а) и шага (б) волнистости поверхности

На профилограмме (рис. 2.2) в пределах базовой линии l площади, расположенные по обеим сторонам от этой линии до контура профиля, должны быть равны между собой.

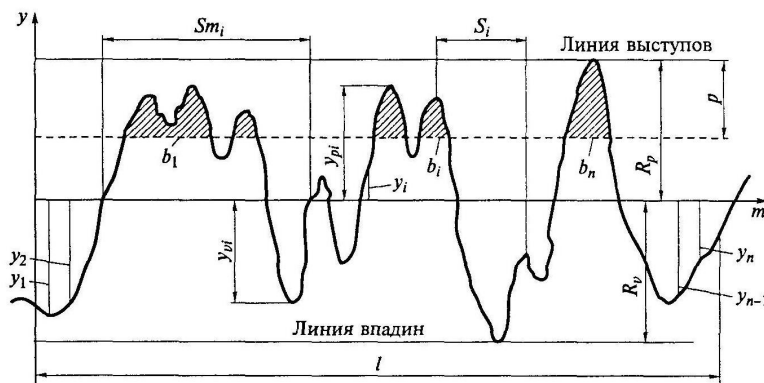


Рис. 2.2. Профилограмма к определению основных параметров шероховатости поверхности

Базовая длина при измерении шероховатости поверхности выбирается из ряда чисел, мм: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8,25. Чем больше размеры неровностей, тем больше должна быть базовая длина.

Количественную оценку шероховатости проводят по следующим параметрам:

Ra — среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz — высота неровностей профиля по десяти точкам;

R_{max} — наибольшая высота неровностей профиля;

S_m — средний шаг неровностей;

S — средний шаг неровностей по вершинам;

t_p — относительная опорная длина профиля (p — значение уровня сечения профиля).

Параметр Ra характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля,

Rz — среднюю высоту наибольших неровностей,

R_{max} — наибольшую высоту профиля.

Шаговые параметры S_m , S , t_p введены для учета формы и расположения характерных точек неровностей. Параметр Ra является предпочтительным.

Средним арифметическим отклонением профиля Ra называется среднее значение расстояний $y_1, y_2, \dots, y_a$ от точек изме-

рения профиля до средней линии, взятых по абсолютному значению:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l |y_i| \quad (2.2)$$

где l – базовая длина; n – число выбранных точек профиля на базовой длине.

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{1}{5} \left| \sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi} \right| \quad (2.3)$$

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины.

Наибольшая высота неровности профиля R_{max} – это расстояние между линией выступов профиля и линией впадин в пределах базовой длины l :

$$R_{max} = R_p + R_v. \quad (2.4)$$

Средний шаг неровностей S_m представляет собой среднее значение шага неровностей по средней линии m в пределах базовой линии, определяемое как расстояние между одноименными сторонами соседних неровностей:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} \quad (2.5)$$

где n – число шагов в пределах базовой линии l ; S_{mi} – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающей профиль в трех соседних точках и ограниченной двумя крайними точками.

Средний шаг неровностей по вершинам S представляет собой среднее значение расстояний между вершинами характерных неровностей в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2.6)$$

где n – число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины l ; S_i – шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на нее двух

наивысших точек соседних выступов профиля.

Относительная опорная длина профиля t_p равна отношению опорной длины профиля η_p к базовой, %:

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{l} = \frac{\eta_p}{l} 100, \quad (2.7)$$

где η_p – сумма длин отрезков b_i отсекаемых на выступах профиля заданной линии, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины (опорная длина профиля); n – число отсекаемых отрезков в пределах базовой длины; l – базовая длина.

Относительная опорная длина профиля t_p характеризует фактическую опорную площадь, от которой в значительной степени зависит износостойкость подвижных соединений, прочность посадок с натягом и пластическая деформация поверхностей при их контакте.

Опорная длина профиля η_p определяется на уровне сечения p , т. е. на заданном расстоянии между линией выступов и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов.

Шероховатость поверхности бывает продольная, измеряемая в направлении вектора скорости резания (рис. 2.3, *а*), и поперечная, измеряемая в направлении подачи (рис. 2.3, *б*).

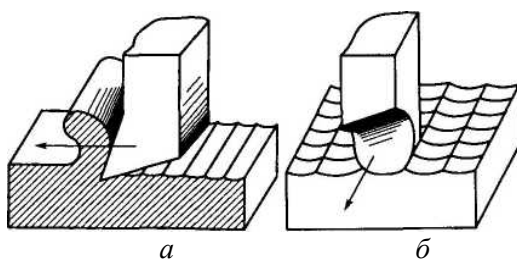


Рис. 2.3. Продольная (*а*) и поперечная (*б*) шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности оценивают параметрами R_z или R_a .

С 01.01.2005 г. введено изменение в обозначение шероховатости поверхности приложением № 3 к ГОСТ 2.309-71 (рис.

2.4): замена обозначений параметра $Ra: \sqrt[1,6]{\text{ на } \sqrt{Ra 1,6}; \sqrt[12,5]{\text{ на } \sqrt{Ra 12,5}; \sqrt[6,3]{\text{ на } \sqrt{Ra 6,3}; R_{\max} \sqrt[12,5]{\text{ на } \sqrt{R_{\max} 12,5}}$, замена обозначения параметра $Rz: \sqrt[25]{\text{ на } \sqrt{Rz 25}; \sqrt[50]{\text{ на } \sqrt{Rz 50(\sqrt{\text{ на } \sqrt{Rz 50(\sqrt{$

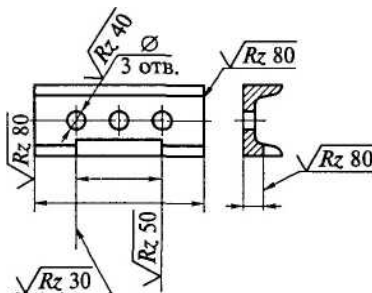


Рис. 2.4. Пример обозначения шероховатости поверхности для любых ее форм

2.2. Факторы, влияющие на качество поверхности

Шероховатость поверхности зависит от метода и режима обработки, качества применяемого режущего инструмента, жесткости технологической системы, физико-механических свойств обрабатываемого материала, вида применяемой смазочно-охлаждающей жидкости, вибраций технологической системы и др [1].

Скорость резания оказывает существенное влияние на образование шероховатостей поверхности. Шероховатость обработанной поверхности в значительной степени связана с процессом образования стружки, прежде всего, с возникновением нароста.

В зоне малых скоростей ($v < 5$ м/мин), когда нарост не образуется, размеры неровностей незначительны (рис. 2.5).

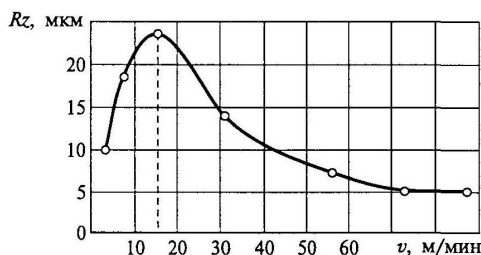


Рис. 2.5. Влияние скорости резания при точении на шероховатость поверхности

При увеличении скорости размеры неровностей поверхности возрастают, достигая при 20...40 м/мин (период образования нароста) наивысшего значения. Дальнейшее повышение скорости резания уменьшает величину нароста и понижает высоту неровностей обработанной поверхности.

В зоне скоростей, при которых наросты не образуются (выше 60 м/мин), шероховатость поверхности оказывается наименьшей.

Дальнейшее увеличение скорости резания, если не появляется вибрация, незначительно способствует уменьшению высоты неровностей.

В случае обработки хрупких материалов (например, чугуна) наряду со срезом отдельных частиц металла происходит их сдвиг и хрупкое откалывание от основной массы металла, увеличивающее шероховатость поверхности.

Для получения наиболее чистых и точных поверхностей обработку ведут в зоне скоростей от 75 м/мин и выше, при которых нароста на инструменте не образуется, а шероховатость поверхности получается наименьшей.

Подача также является фактором режима резания, имеющим значение для образования шероховатости. На рис. 2.6 приведена зависимость размеров неровностей от подачи при точении сталей. Как следует из этого графика, при работе с малыми подачами (0,01...0,15 мм/об), характерными при чистовой обработке (участок *AB*), изменение подачи мало влияет на чистоту поверхности.

При переходе в область крупных подач ($S > 0,15$ мм/об) размеры неровностей резко возрастают, и кривая шероховатостей круто поднимается вверх (участок BC).

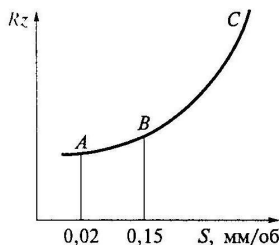


Рис. 2.6. Влияние подачи при точении стали на шероховатость поверхности

Наиболее целесообразной подачей при отделочном точении обыкновенными резцами из углеродистых и инструментальных сталей, обеспечивающей наименьшую шероховатость обработанной поверхности при получении высокой производительности, является $\delta = 0,05 \dots 0,12$ мм/об.

Глубина резания мало влияет на высоту неровностей. Наблюдается лишь слабо выраженная тенденция к росту величины неровностей с увеличением глубины резания, поэтому практически ее можно не учитывать.

Смазочно-охлаждающие жидкости оказывают существенное влияние на процесс механической обработки, отводя теплоту из зоны резания и уменьшая внешнее и внутреннее трение при резании металлов.

Связь между точностью и шероховатостью обработанной поверхности [6]. Чтобы обеспечить высокие эксплуатационные качества машины и взаимозаменяемость ее деталей, задают допусковые отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей. Излишняя точность обработки повышает стоимость, снижает производительность труда; недостаточная точность — снижает эксплуатационные качества машины и увеличивает трудоемкость ее сборки.

Длительность сохранения эксплуатационных качеств ма-

шин и механизмов, например, сохранения их точности, в значительной мере определяется видом посадок деталей и качеством их сопряжений.

Как известно, работоспособность или надежность заданной посадки непосредственно связана с шероховатостью обработанной поверхности.

Шероховатость поверхности уменьшает площадь фактического касания двух сопрягаемых поверхностей, поэтому в начальный период работы соединения возникают значительные удельные давления, которые ухудшают условия смазки и вызывают более интенсивное изнашивание поверхностей.

Это объясняется тем, что при сопряжении деталей машин их взаимное соприкосновение происходит по вершинам поверхности и фактическая площадь контакта всегда меньше номинальной поверхности соприкосновения. Например, при соединении двух деталей (рис. 2.7) их контакт происходит не по заданной длине l , а по меньшей длине l_{ϕ} , равной сумме длин отдельных участков соприкосновения $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$.

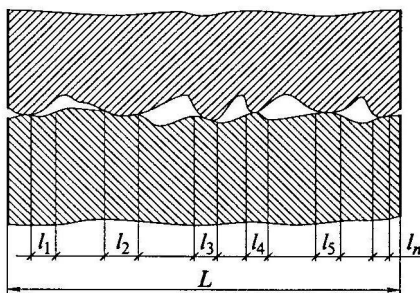


Рис. 2.7. Схема фактического контакта двух деталей

Уменьшение фактической опорной поверхности можно учесть в расчетах введением коэффициента κ , равного отношению фактической длины контакта l_{ϕ} к длине L : $\kappa = l_{\phi}/L$.

Для обычных методов обработки (точение, строгание, фрезерование, развертывание) коэффициент κ очень мал и находится в пределах 0,15...0,30. Даже с помощью тонкого шлифования,

применяемого для ответственных деталей, коэффициент не превышает 0,6. Только при использовании специальных методов доводки коэффициент k может составлять 0,9...0,95.

Более шероховатые поверхности из-за концентрации напряжений на их микронеровностях имеют меньшую усталостную прочность в условиях циклической нагрузки. Коэффициент концентрации напряжений для поверхностей, обработанных резанием, составляет 1,5...2,5. Установлено, что прочность стальных сталей, обработанных резанием, по сравнению с полированными деталями в условиях знакопеременной нагрузки составляет 30...50 %.

Грубо обработанные поверхности более подвержены коррозии, особенно в атмосферных условиях, т. к. коррозия наиболее интенсивно протекает на дне микронеровностей и мелких надрезов.

Влияние шероховатости R_z на скорость γ изнашивания детали показано на рис. 2.8. Слишком большое снижение шероховатости приводит к ухудшению условий смазки, так как на очень чистых поверхностях плохо удерживается смазочный слой.

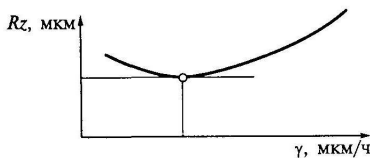


Рис. 2.8. Влияние шероховатости поверхности на скорость изнашивания

От шероховатости поверхности зависит и стабильность неподвижных посадок. Уменьшение прочности соединения деталей обнаруживается при более шероховатых поверхностях.

Шероховатость и волнистость поверхности сильно влияют на контактную жесткость стыков сопрягаемых деталей. Уменьшая шероховатость и волнистость тонким шлифованием, шабрением или тонкой притиркой, удастся повысить несущую поверхность детали до 90 % и тем самым повысить контактную

жесткость.

Состояние поверхностного слоя детали отражается на ее эксплуатационных свойствах. Установлено, что создание в поверхностном слое наклепа и остаточных напряжений сжатия в большинстве случаев повышает усталостную прочность и износостойкость, но одновременно в 1,5–2 раза уменьшает коррозионную стойкость деталей в связи с тем, что первичная защитная пленка на сильно деформированном металле легче разрушается под влиянием внутренних напряжений, что ускоряет процесс коррозии.

Стандарты единой системы допусков и посадок (ЕСДП) распространяются на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10000 мм (ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82, ГОСТ 25348-82).

Степень точности по ЕСДП называют **квалитетами**. Установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17. Точность убывает от квалитета 01 к квалитету 17.

Допуск квалитета условно обозначается сочетанием прописных букв и номера квалитета, например IT1, IT2, IT5, IT12 и т.д.

Термины и определения, относящиеся к основным видам отклонений допусков формы и расположения, установлены ГОСТ 24642-81. В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих поверхностей, прямых и профилей.

2.3. Методы измерения и оценки качества поверхности

Приборы для оценки шероховатости поверхности [6]. Для определения шероховатости поверхности широкое применение получили следующие методы:

- измерения микронеровностей поверхности с помощью профилографов и профилографов-профилометров;

- оптический – измерения профиля поверхности с помощью микроскопа и микроинтерферометра;

- сравнения поверхности контролируемой стальной или чу-

гунной детали с образцами чистоты поверхности. Каждый из образцов содержит набор из 4 пластин, обработанных по смежным классам шероховатости.

Приборы, основанные на методе ощупывания поверхности, имеют алмазную иглу с небольшим радиусом закругления вершины (до 12 мкм).

На рис. 2.9, *а* показана принципиальная схема профилометра, в конструкции которого игла, проводник и магнит *1* помещены в специальной головке (датчик прибора). Датчик вручную проводят по поверхности детали, и прибор регистрирует высоту шероховатости поверхности.

В приборе, схема конструкции которого приведена на рис. 2.9, *б*, на детали закреплено большое зеркало, которое колеблется от его движения. Если на поверхность этого зеркала *4* направить луч света из небольшого отверстия, то зеркало при колебании будет отклонять «зайчик». На пути отраженного «зайчика» устанавливают фоточувствительную бумагу или пленку, на которой записываются все отклонения зайчика *5*. Полученная линия при движении является профилограммой поверхности.

Влияние качества обработанной поверхности на эксплуатационные свойства деталей машин. Факторы, связанные с обработкой деталей резанием, оказывают существенное влияние на прочность, износостойчивость и долговечность деталей машин.

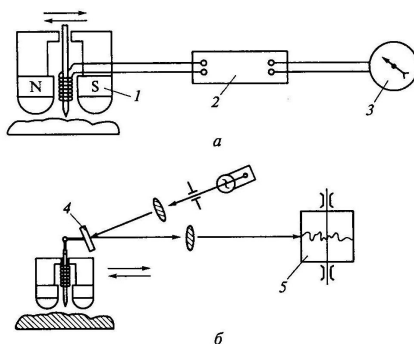


Рис. 2.9. Схема работы профилометра (*а*) и профилографа (*б*):
1 – магнит; *2* – усилитель; *3* – регистрирующий прибор;
4 – зеркало; *5* – «зайчик»

Шероховатость поверхности препятствует взаимному перемещению деталей и является одной из главных причин возникновения сил трения, на преодоление сил которого в машинах расходуется значительная энергия. Например, в металлорежущих станках на трение расходуется до 25 % затраченной энергии. Кроме того, чем чище поверхность, тем более устойчивы детали против коррозии и разрушения при знакопеременной и циклической нагрузках.

Согласно многочисленным исследованиям отечественных и зарубежных ученых снижение прочности деталей с различной шероховатостью по сравнению с полированными в условиях знакопеременной нагрузки составляет для стальных деталей в среднем 40... 50 %.

Особенно важное значение в машиностроении имеют показатели, относящиеся к пределу выносливости и износостойкости деталей машин.

В значительной мере влияет на увеличение предела выносливости повышение чистоты поверхности в местах концентрации напряжений. Поверхностные риски, полученные в результате обработки, играют роль очагов возникновения усталостных трещин и разрушения деталей машин.

Изменение методов и режимов механической обработки вызывает соответствующее изменение отдельных характеристик качества поверхности, что в свою очередь изменяет эксплуатационные свойства деталей.

Поэтому при изготовлении особо ответственных деталей машин и при их восстановлении необходимо учитывать качество поверхностного слоя металла и его влияние в данных условиях работы на работоспособность детали и машины в целом.

3. СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1. Назначение и классификация станочных приспособлений

В машиностроении используют три способа установки детали на станке:

- 1) индивидуальной выверкой по поверхности;
- 2) выверкой по рискам разметки;
- 3) в приспособлении.

Первые два способа трудоемки и характерны для единичного и мелкосерийного производства. Установка деталей в приспособлении наиболее совершенна и применяется в крупносерийном и массовом производстве.

Приспособления представляют собой дополнительные устройства к металлорежущим станкам, применяемые для установки и закрепления обрабатываемых деталей или режущего инструмента [5]. В последнем случае они называются вспомогательными инструментами.

Применение станочных приспособлений обеспечивает:

а) устранение разметки деталей перед обработкой и их выверки на станке;

б) повышение производительности труда за счет сокращения вспомогательного времени, связанного с установкой детали и выверкой ее положения на станке, а также за счет увеличения числа одновременно обрабатываемых деталей или одновременно работающих режущих инструментов или повышения параметров резания;

в) повышение точности обработки в результате автоматического придания необходимого положения обрабатываемой детали и за счет правильного расположения режущего инструмента;

г) частичную или полную автоматизацию станка и, следовательно, организацию многостаночного обслуживания;

д) снижение затрат на контроль;

е) облегчение труда рабочих-станочников и возможность использования рабочих более низкой квалификации;

ж) расширение технологических возможностей оборудования и снижение себестоимости обработки деталей.

Приспособление выбирается в зависимости от вида и масштаба производства, формы деталей, точности их размеров и технических условий на изготовление деталей. В единичном и мелкосерийном производстве применяются нормальные или простые и дешевые специальные приспособления. Специальные приспособления используются в том случае, когда без них невозможно обеспечить заданную точность.

В массовом производстве специальные приспособления обеспечивают не только заданную точность, но также и быструю установку деталей.

Станочные приспособления в первом приближении можно разделить на следующие виды: универсальные, универсально-сборные (УСП), универсально-наладочные (УНП) и специальные.

Универсальные приспособления применяются на металло-режущих станках общего назначения в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. К этим приспособлениям следует отнести принадлежности к станкам (кулачковые патроны, станочные тиски и т. п.).

Универсально-сборные приспособления собираются из нормализованных деталей и узлов, входящих в комплект УСП (корпусные детали, установочные, направляющие, крепежные и другие детали).

УСП применяются в условиях опытного и серийного производства. При использовании УСП работа конструкторов по проектированию приспособлений резко сокращается. Однако значительный эффект от УСП получают при хорошей организации сборки и наладки приспособлений на станках.

Универсально-наладочные приспособления используют для установки и закрепления конструктивно схожих деталей на токарных, фрезерных, сверлильных, револьверных и других станках. УНП состоит из двух частей: универсальной (постоянной) и наладочной (сменной). Наладочная часть изготавливается для конкретной детали согласно ее форме и габаритным размерам.

По сравнению с трудоемкостью специального приспособ-

ления для обработки таких же деталей трудоемкость УНП ниже на 60–70 %.

Специальные приспособления применяются для выполнения определенных операций обработки данной детали и изготавливаются в единичных экземплярах.

Особое место занимают приспособления для автоматических линий, называемые спутниками. Применение спутников нежелательно (снижается точность обработки, усложняется и удорожается устройство линий), однако они используются вместо стационарных приспособлений на рабочих позициях линии из-за конструктивных особенностей обрабатываемых деталей.

Приспособления могут быть подразделены и по степени механизации и автоматизации на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

3.2. Конструктивные элементы станочных приспособлений

Станочные приспособления состоят из:

- 1) установочных (опорных) элементов;
- 2) зажимных устройств;
- 3) корпусов, вспомогательных деталей и делительных устройств;
- 4) силовых приводов;
- 5) элементов для направления режущего инструмента;
- 6) крепежных деталей.

Установочные (опорные) элементы. Установочные элементы служат для установки на них обрабатываемых деталей и правильного размещения в приспособлении обрабатываемой детали.

Основными установочными элементами являются неподвижные опоры, жестко связанные с корпусом приспособления. Неподвижные установочные опоры (рис. 3.1) выполняются в виде опорных штырей (рис. 3.1, *а*), пластин (рис. 3.1, *б*) и призм (рис. 3.1, *в*).

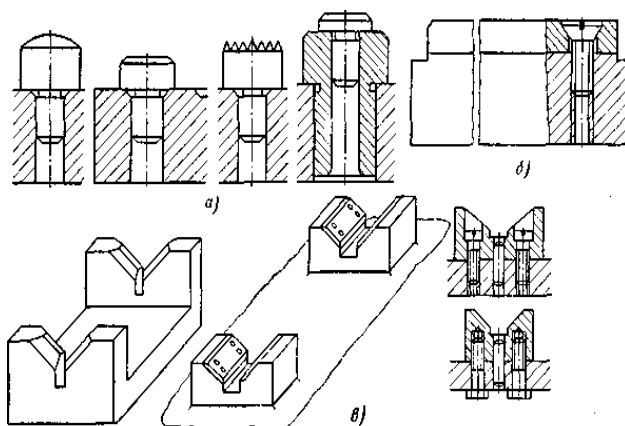


Рис. 3.1. Виды установочных неподвижных опор:
а – штыри; б – пластины; в – призмы

Опорные штыри со сферической и насеченной головками используются при установке деталей в приспособлении необработанными поверхностями. Это делает контакт опоры с установочной поверхностью детали близким к точечному, создает устойчивость установки детали. При установке обрабатываемой детали в приспособлении обработанными поверхностями применяют опорные штыри с плоской головкой. В этом случае использование опорных штырей со сферической головкой не рекомендуется, т. к. точечный контакт опоры с поверхностью детали приводит к быстрому износу головки штыря, что снижает точность установки, а, кроме того, в результате точечного контакта может остаться вмятина на установочной поверхности детали.

В некоторых случаях штыри устанавливают в закаленные втулки, запрессованные в корпус приспособления, что обеспечивает смену только износившегося штыря (корпус приспособления остается).

Опорные пластины применяют при установке относительно крупных и тяжёлых деталей или при обработке со значительны-

ми усилиями резания. Детали устанавливаются на пластины чисто обработанными поверхностями.

Крепятся пластины к корпусу приспособления винтами с утопленной головкой.

Опорные призмы используют для установки деталей в приспособление по их наружным цилиндрическим поверхностям.

При установке деталей в приспособлении по необработанным поверхностям применяются также регулируемые винтовые опоры (рис. 3.2) в качестве основных.

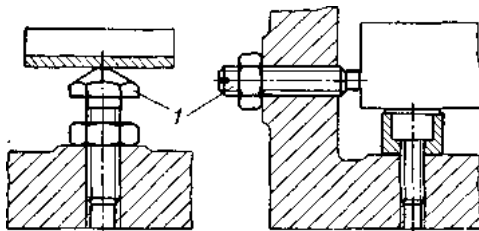


Рис. 3.2. Регулируемые винтовые опоры

Для придания большей жесткости и устойчивости обрабатываемой детали в приспособлении вместе с основными размещают дополнительные (вспомогательные) самоустанавливающиеся и подводимые опоры (рис. 3.3). На рис. 3.3, *а* показана самоустанавливающаяся опора. Установочная поверхность обрабатываемой детали *1* контактирует с опорой *2* плунжера *3* под действием пружины *4*. Плунжер *3* закрепляется винтом *б* при помощи пальца *5*. Вырез на плунжере *3* ограничивает подъем его. На рис. 3.3, *б* показана подводимая опора. При нажатии на рукоятку *б* клин *4* перемещается влево, поднимая плунжер *2* с регулируемой по высоте опорой *1*. Плунжер с опорой закрепляется клином *4* при помощи винта *5* вращением рукоятки *б*. Перемещаясь влево, винт *5* конусным концом раздвигает шпонки *3*, стопоря клин *4*.

При обработке корпусных деталей, деталей типа рычагов и др. часто устанавливают их в приспособлении плоскостью и

двумя базовыми отверстиями на два установочных пальца его. Если устанавливают тяжелые детали, то пальцы делают выдвижными. Их вводят в базовые отверстия обрабатываемой детали после установки ее на плоскость (например, балка передней оси грузового автомобиля).

Два установочных пальца, один из которых делают цилиндрическим, а другой – ромбическим (срезанным), и плоскость достаточны для придания обрабатываемой детали нужного положения в приспособлении. Таким образом, срезанный палец уменьшает влияние колебаний в расстоянии между осями отверстий обрабатываемых деталей на точность их установки в приспособлении.

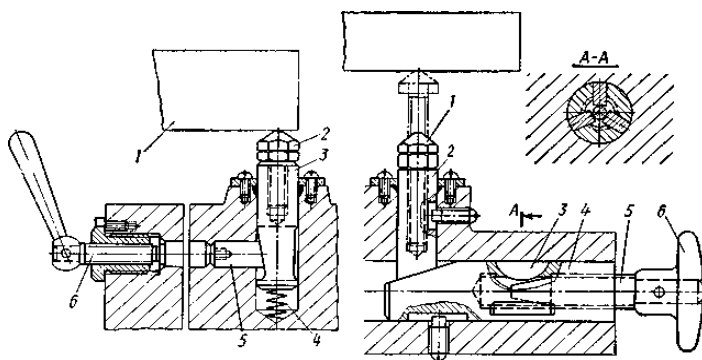


Рис. 3.3. Вспомогательные опоры:
а – самоустанавливающаяся; *б* – подводимая

Зажимные устройства приспособлений. Зажимные устройства приспособлений служат для зажима и разжима деталей. Эти устройства должны обеспечивать при зажиме заданное положение детали, приданное ей при установке в приспособлении, и не должны допускать ее сдвига, поворота или вибрации при резании.

Определение сил зажима и их направления производится по усилиям резания и их моментам, действующим на обрабатываемую деталь. Точки приложения сил зажима должны исключать возможность появления опрокидывающих сил и изгибаю-

щих моментов. Это обуславливается жесткостью детали. Например, при закреплении нежестких деталей, точки приложения сил зажима располагают под опорами или близко к ним, а при закреплении жестких деталей эти точки могут быть расположены между опорами.

Силы зажима детали в приспособлении определяются из условий равновесия свободного твердого тела.

Для решения этой задачи составляют и совместно решают шесть уравнений, необходимых и достаточных для равновесия (сумма проекций всех внешних сил на три координатные оси равна нулю, сумма моментов тех же сил относительно трех координатных осей тоже равна нулю).

Зажимные устройства бывают простые и сложные. Простые зажимные устройства, называемые обычно зажимами, состоят из одного элементарного механизма. К этим зажимам относят винтовые, клиновые, эксцентриковые и др. Сложные (комбинированные) зажимные устройства состоят из нескольких простых устройств, соединенных вместе.

Корпусы, вспомогательные детали и делительные устройства. На корпусе монтируются все остальные элементы приспособления, поэтому он является основной базовой деталью любого приспособления. Расположение этих элементов в корпусе и их конструкция предопределяются формой и габаритными размерами обрабатываемых деталей и выполняемой обработкой. Как и другие элементы приспособления, корпус должен быть простым и дешевым в изготовлении. Кроме того, корпус приспособления должен быть жестким, прочным и устойчивым. Силы зажима и резания через обрабатываемую деталь передаются корпусу, и он не должен деформироваться и вибрировать при ее обработке. Он должен обеспечивать быструю установку и снятие обрабатываемых деталей, иметь хороший доступ для очистки от стружки, должен быть удобным для установки на станке и обслуживания. Заготовки для корпусов приспособлений могут быть: 1) литыми из серого чугуна; 2) сварными из стальных плит, листов и сортовых профильных материалов (угольников, швеллеров и др.); 3) коваными из стали; 4) сварно-литыми и 5) сборными из отдельных стандартизованных или

нормализованных деталей, собранных при помощи винтов.

Корпусы приспособлений средних и крупных размеров изготавливают обычно литыми или сварными. Литьем можно получить сложные корпуса с большей жесткостью. К сварным корпусам для повышения жесткости приваривают ребра жесткости.

В приспособлениях для обработки небольших деталей простой формы используют стальные кованные корпуса.

Наиболее распространенными вспомогательными деталями приспособлений являются ручки, опорные ножки корпусов, шпонки для ускорения установки приспособления на станке, выталкиватели обработанных деталей, установы (упоры), применяемые при наладке станка. На эти вспомогательные детали имеются стандарты и нормали, согласно которым они должны конструироваться.

Для фиксации в определенном положении поворотной части приспособления, в которой закреплена обрабатываемая деталь, используются делительные устройства, состоящие из делительного диска, закрепленного на поворотной части приспособления, и фиксатора.

Конструкция фиксаторов различны, но наиболее распространенными являются быстродействующие фиксаторы, заскакивающие в гнездо под действием пружины. На рис. 3.4 дана конструкция вытяжного конусного фиксатора делительного устройства. При фиксировании детали поворотом головки 1 вводят штифт 2 в пазы направляющей втулки 3. Конический фиксатор 4 при этом под действием пружины 6 переместится влево во втулке 3, которая установлена в неподвижной части приспособления, и заскочит в одну из втулок 5 (гнездо) поворотной части приспособления.

При выводе фиксатора из втулки 5 штифт фиксатора перемещается вправо по направляющей втулке 3. При выходе из втулки 5 фиксатор поворачивается на 90° и удерживается штифтом 2 в натянутом положении.

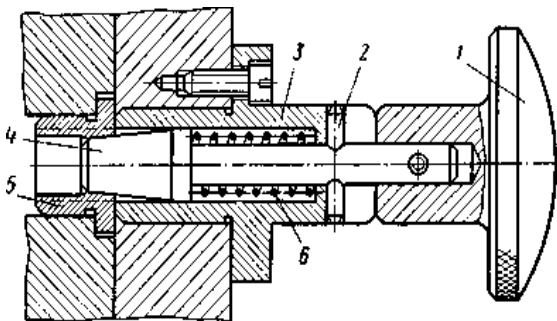


Рис. 3.4. Вытяжной конусный фиксатор

Силовые приводы для зажима детали в приспособлении. В станочных приспособлениях ручные зажимы все более часто заменяются механизированными (силовыми), которые повышают производительность труда за счет сокращения времени установки и снятия детали, а также облегчают условия труда. Кроме того, применение механизированных (силовых) приводов устраняет еще ряд недостатков, присущих ручным зажимам: нестабильность величины силы зажима деталей; относительно небольшая величина силы зажима, развиваемая рукой рабочего; субъективность оценки необходимой величины силы зажима для надежного закрепления детали, приводящая к пережиму детали.

Наибольшее распространение получили пневмо-, гидро- и пневмогидроприводы.

Пневматические силовые приводы. Пневмоприводы широко применяются на заводах, т. к. на этих заводах имеются мощные компрессорные установки. Эти приводы подразделяются на поршневые и диафрагменные. Они монтируются или в корпусе приспособления, составляя с ним одно целое, или прикрепляются к корпусу. При универсальной (агрегатированной) компоновке пневмопривод перемещает зажимные элементы различных станочных приспособлений.

Поршневые приводы бывают одно- или двустороннего действия. В первом случае воздух подается с одной стороны поршня, а возврат поршня в исходное положение происходит под

действием пружины. Односторонние приводы используют в тех случаях, когда разжим обработанной детали не требует больших усилий. В пневмоприводах двустороннего действия сжатый воздух поочередно подается в две полости цилиндра. Такие пневмоприводы применяются в приспособлениях, вращающихся при обработке (например, токарные и револьверные станки); в стационарных приспособлениях, устанавливаемых на столах станков; в приспособлениях на вращающихся столах и т. д.

Для увеличения силы на штоке применяют пневмоцилиндры с несколькими поршнями (2–3), закрепленными на одном штоке. Они используются и для стационарных и для вращающихся приспособлений.

В специальных приспособлениях в качестве механизированных приводов находят применение плавающие пневмоцилиндры. Конструктивная особенность их состоит в том, что на конце вертикального штока и в серье нижней крышки цилиндра закреплены на осях шарнирно-рычажные механизмы, связанные с прихватами для зажима детали. При поступлении сжатого воздуха в нижнюю полость цилиндра деталь зажимается, а при поступлении воздуха в верхнюю полость – деталь разжимается.

Диафрагменные приводы с упругими диафрагмами также бывают одно- и двустороннего действия. Они разделяются на универсальные, встраиваемые и прикрепляемые и применяются при небольших зажимных усилиях.

Диафрагменный привод состоит из штампованного стального или литого чугунного корпуса, разделенного на две половины, между которыми размещены плоские, в форме тарелок, диафрагмы из прорезиненной ткани толщиной 2 мм.

По сравнению с пневмоцилиндрами пневмокамеры имеют ряд преимуществ: они проще и дешевле, не требуют такой точности и чистоты обработки поверхности, как пневмоцилиндры, исключают утечку сжатого воздуха до полного износа диафрагмы, выдерживают очень большое число включений (до 500 тыс.), тогда как манжеты пневмоцилиндров выдерживают не более 50 тыс. включений.

К недостаткам пневмокамер следует отнести небольшую величину хода штока и нестабильность усилия на штоке при

перемещении штока.

Основные размеры пневмокамер нормализованы.

Гидравлические силовые приводы. Преимущества гидравлических силовых приводов по сравнению с пневмоприводами: 1) высокое давление рабочей жидкости, что создает большую силу зажима; 2) обеспечение смазки трущихся деталей гидроцилиндра; 3) меньший вес и габариты.

Из недостатков следует указать сложность установки и большую стоимость гидроприводов.

Гидравлический силовой привод является самостоятельной установкой, состоящей из электродвигателя, рабочего гидроцилиндра, насоса, бака, аппаратуры управления и регулирования и трубопроводов. Он может быть индивидуальным (для одного станка) или групповым (для нескольких станков). Гидравлические силовые приводы для индивидуального и группового обслуживания различаются только мощностью.

Собственно гидравлический силовой привод, как и пневматический, представляет собой цилиндр и поршень со штоком, который перемещается под давлением, но не сжатого воздуха, а масла.

Сила Q на штоке гидроцилиндра предопределяется давлением масла и площадью поршня гидроцилиндра.

Пневмогидравлические силовые приводы. Пневмогидравлические силовые приводы применяют в тех случаях, когда нужно развить большие усилия зажима, не создавая громоздких силовых устройств. Иногда их называют пневмоприводами с гидроусилителем.

Принцип действия пневмогидравлических силовых приво-

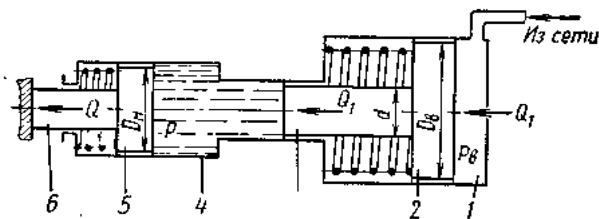


Рис. 3.5. Пневмогидравлический привод

дов следующий (рис. 3.5). Из воздушной сети цеха воздух выпускается в бесштоковую полость пневмоцилиндра 1, и поршень 2 со штоком-плунжером 3 перемещается влево. Шток-плунжер давит на масло в гидроцилиндре 4. С увеличением давления масла в гидроцилиндре поршень 5 его со штоком 6 перемещается влево, и шток посредством промежуточных звеньев оказывает воздействие на зажимные устройства приспособления. Давление масла в гидроцилиндре во столько раз превышает давление воздуха в пневмоцилиндре, во сколько раз площадь поршня пневмоцилиндра больше площади штока-плунжера.

Пневмогидравлические силовые приводы применяются в стационарных и вращающихся приспособлениях.

Элементы для направления режущего инструмента. При обработке отверстий сверлами, развертками, зенкерами, а также при растачивании отверстий резцами, установленными в борштанге, или резцовыми головками применяют приспособления с направляющими, называемые кондукторами. Втулки кондукторов бывают постоянными, сменными, быстросменными и специальными. Постоянные кондукторные втулки запрессовывают в корпус приспособления-кондуктора и применяют обычно для направления сверл и зенкеров.

Сменные втулки вставляются (посадка движения) в запрессованные в корпус приспособления постоянные втулки и закрепляются винтом.

При обработке одного и того же отверстия в детали при одном ее закреплении иногда применяют разные инструменты (например, зенкер и развертку). В этом случае используют быстросменные кондукторные втулки.

Расстояние от нижнего торца втулок по поверхности обрабатываемой детали принимают равным 0,3–1,0 диаметра отверстия втулки. При обработке хрупких материалов принимается меньшее расстояние, при обработке вязких – большее.

3.3. Методика конструирования специальных приспособлений

При проектировании технологического процесса технолог намечает принципиальные схемы конструкций специальных приспособлений.

В чертеже наладки на операцию деталь размещается соответственно ее положению в приспособлении при обработке на станке. Конструирование станочного приспособления целесообразно начинать с изучения рабочих чертежей детали и заготовки, технологического процесса и чертежа наладки на операцию, для которой проектируется приспособление станка, после чего конструктор определяет тип и размер установочных элементов, их количество и взаимное положение. Затем конструктор устанавливает место приложения сил зажима и определяет величину их по силам резания, которые известны из технологического процесса. Исходя из времени на зажим и разжим заготовки, ее конфигурации и точности, а также места приложения и величины силы зажима, устанавливаются тип зажимного устройства и его основные размеры. После этого выбираются тип и размеры деталей для направления и контроля положения режущего инструмента, а также выявляются необходимые вспомогательные устройства.

При конструировании приспособления и выборе отдельных его элементов максимально используют имеющиеся нормали и стандарты.

Проектирование приспособления начинается с нанесения на лист контуров заготовки, которые показываются условными линиями. В зависимости от сложности схемы приспособления вычерчивается несколько проекций заготовки.

Проектирование общего вида приспособления осуществляется методом последовательного нанесения отдельных его элементов вокруг контура заготовки: установочные элементы (опоры), зажимные устройства, детали для направления инструмента и вспомогательные устройства. Затем определяют контуры корпуса приспособления.

Общий вид приспособлений вычерчивают в масштабе 1:1 с

проставлением нумерации деталей, а в спецификации указываются ГОСТы, нормали, материал, количество деталей и термообработка.

При конструировании приспособления рассчитывают силы зажима (в зависимости от силы резания), погрешность установки, а для механизированных приводов – основные размеры силового привода.

На общем виде спроектированного приспособления проставляют его габаритные размеры и размеры, определяющие точность приспособления и являющиеся основными (контрольными) при его сборке и контроле.

Для кондукторов основными размерами будут диаметры кондукторных втулок и расстояния между их осями, расстояния от этих осей до базовых поверхностей обрабатываемой детали, посадки основных сопрягаемых деталей кондуктора.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

4.1. Информация, необходимая для проектирования ТП

Различают два основных вида ТП: *единичный* и *унифицированный* (типовой или групповой) [5].

Каждый из них разрабатывается после того, как конструкции отработаны на технологичность в соответствии с ГОСТ 14.301-83.

ТП разрабатывается: либо для нового изделия, либо в целях усовершенствования уже выпускаемого (например, в случае замены оборудования или изменении программы выпуска).

В основе проектирования ТП всегда лежат два принципа:

- 1) *технический* – обуславливающий безусловное выполнение всех требований рабочего чертежа и ТУ;
- 2) *экономический* – обуславливающий изготовление изделий с минимальными возможными затратами и издержками производства.

Разрабатываемый ТП должен предусматривать повышение производительности труда и (или) качества изделий.

Исходные данные, необходимые для проектирования ТП:

1. Рабочий чертеж детали, определяющий материал, конструктивные формы и размеры детали.
2. Производственная программа. Сведения об объеме выпуска деталей (за год, за квартал).
3. Технические условия на изготовление детали, дополнительные данные, характеризующие точность и качество обработанных поверхностей.

Дополнительные данные:

Руководящие материалы по разработке технологического процесса (ЕСТД): общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках, общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках, ГОСТы и нормали на ре-

жуший и мерительный инструмент, каталоги и паспорта оборудования и другие сведения.

4.2. Последовательность проектирования единичного ТП механической обработки

А) Стадия проектирования маршрутной технологии

1. Анализ исходных данных и технологичности.
2. Расчет типа производства и выбор организационной формы выполнения ТП
3. Выбор метода получения исходных заготовок.
4. Выбор технологических баз и составление планов обработки отдельных поверхностей.
5. Составление предварительного маршрута обработки (на основе типового ТП или базового варианта); определение предварительного состава и последовательности операций, а также оборудования и техоснастки.

Б) Стадия проектирования операций

6. Проектирование структуры и содержания каждой операции.
7. Расчеты припусков и межоперационных размеров.
8. Расчеты режимов резания и норм времени.
9. Разработка планировок оборудования и средств автоматизации.
10. Технико-экономическое обоснование ТП.
11. Оформление необходимой ТД.

4.3. Отработка конструкции на технологичность

Технологичным называется изделие, отвечающее современному уровню развития техники и технологии, а также требованиям экономичности и удобству эксплуатации. При этом, с позиций изготовления и сборки должны быть использованы наиболее экономичные и производительные методы, которые одновременно не нарушают требуемых показателей качества и точности.

Основные показатели технологичности – трудоемкость, себестоимость, материалоемкость.

Дополнительными показателями является степень унификации и стандартизации, взаимозаменяемость элементов конструкции и т. д.

Технологичность конструкции одного и того же изделия может быть различной для разных заводов и даже цехов в пределах одного предприятия, так как последние имеют различные производственные возможности (например, парк станков и технологической оснастки, а также другие специфические показатели).

Поэтому, *технологичность* следует рассматривать во взаимосвязи всех этапов изготовления изделий: проектирование, подготовка производства, изготовление, сборка и контроль.

Технологическим контролем называется инженерная проверка конструкторской документации на соответствие требованиям технологичности.

Взаимная увязка и согласование конструкторской и технологической документации необходимы и обязательны, так как конструкторская документация не регламентирует методы и способы изготовления. Это задача технологов.

Содержание конструкторской документации, в значительной степени обуславливает выбор и применение методов обработки, оборудования и т. д.

Разработчик должен учитывать технологические требования в конструкторской документации на всех стадиях проектирования изделия, т. е. до начала разработки ТП. Проверка учета конструктором этих требований в полном объеме и составляет главную задачу технологического контроля.

Сущность технологического контроля на всех этапах разработки рабочей КД сводится к сравнению (сопоставлению) контролируемого конструкторского решения с решением, принятым за эталон.

При технологическом контроле чертежей необходимо стремиться к следующему:

1) уменьшать размеры обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоемкость изготовления; применять многоинструменталь-

ную обработку, многолезвийные инструменты и повышенные режимы резания;

3) обеспечить удобный подвод и отвод режущих инструментов для уменьшения вспомогательного времени;

4) унифицировать или свести к минимуму типоразмеры пазов, канавок, переходных поверхностей (например, галтелей, фасок на цилиндрических поверхностях) и отверстий для сокращения номенклатуры режущих инструментов;

5) обеспечить надежное и удобное базирование заготовки с возможностью совмещения технологических и измерительных баз.

Выполнение этих и многих других требований по обеспечению технологичности детали должен проверить технолог при технологическом контроле конструкторской документации.

В результате улучшения технологичности конструкции может быть получено снижение себестоимости и трудоемкости выполнения процессов механообработки.

В общем случае, *анализ детали на технологичность* проводится в следующем порядке:

1. Проверить достаточность проекций, правильность постановки размеров;

2. Определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, и шероховатостью, чтобы не допустить применения дополнительных технологических операций для получения высокой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей;

3. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки и ее конфигурации, допускающего возможность использования в конструкции детали необработанных поверхностей и минимальных припусков на обработку, что позволит уменьшить количество операций, переходов и используемого оборудования;

4. Определить, насколько правильно проставлены размеры, обеспечивающие возможность совмещения технологических и измерительных баз;

5. Установить возможность применения многоинструментальной обработки, применения многолезвийных инструментов

и высокопроизводительных режимов резания, а также удобство осуществления многоместной обработки заготовок.

А) для изделия в целом целесообразно, чтобы:

1. Количество звеньев (отдельных деталей) было наименьшим, т. к. в этом случае, как правило, снижается трудоемкость сборки.

2. Исходные заготовки были максимально приближены по форме и размерам к готовой детали, т. к. в этом случае уменьшается объем механообработки (например: литье под давлением, в кокиль, штамповка и т. д.).

3. Простановка размеров на чертежах должна быть выполнена с учетом особенностей механообработки и сборки (в зависимости от метода обеспечения точности, с учетом правил базирования и т. п.);

4. Конфигурация отдельных деталей должна быть максимально упрощена, поля допусков расширены и требования шероховатости максимально снижены (но без нарушения эксплуатационных характеристик изделия);

5. Конструкция деталей и изделия в целом должна быть такой чтобы при ее механической обработке, можно было бы применять наиболее совершенные и производительные методы (например, обработку многолезцовым инструментом, фасонным, многолезвийным и т. д.);

6. Изделие или его составные части (в т. ч. детали) должны быть нормализованы и унифицированы: это создает предпосылки типизации, снижает потребность в режущем и мерительном инструменте, позволяет использовать групповые методы обработки и т. д.;

7. Конструкция изделия должна удовлетворять принципам полной, неполной или групповой взаимозаменяемости (для снижения трудоемкости сборки).

Б) для стадии механической обработки целесообразно:

1. Сокращать объем механообработки, уменьшать протяженность обрабатываемых поверхностей (например, за счет использования двух резцов при обработке одной поверхности), а жесткие допуски назначать только на сопрягаемые поверхности;

2. Повышать точность исходных заготовок, и подбирать материалы с лучшей обрабатываемостью;

3. Предусматривать возможность быстрого, удобного и надежного базирования и закрепления, повышать жесткость технологической системы при обработке;

4. Предусматривать возможность удобного подвода инструмента, использовать многоместную обработку;

5. Использовать удобные базисующие поверхности.

Примечания:

Ступенчатые поверхности должны иметь (по возможности) минимальный перепад диаметров, не рекомендуется выполнять кольцевые канавки на торцах и выступы, не вписывающиеся в контур поперечного сечения детали.

Рекомендуется на переходах поверхностей предусматривать фаски, а в местах сопряжения точных поверхностей – канавки для выхода инструмента.

Отверстия желательно выполнять сквозными. Конфигурация же глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого инструмента.

В *корпусных деталях* ось отверстия желательно располагать с учётом галтели между стенкой и плоскостью (или с учётом шайбы для крепёжных отверстий).

Расстояния между отверстиями назначаются с учётом применения многошпиндельного инструмента, ось отверстия должна быть перпендикулярна к поверхностям на входе и выходе сверла.

Для одновременной обработки нескольких отверстий, расположенных на одной оси, но в разных стенках, рекомендуется последовательно уменьшать размеры отверстий на величину, превышающую припуск на обработку предшествующего перехода.

Следует избегать отверстий, расположенных неперпендикулярно, с непараллельными осями, пересекающихся с внутренними полостями.

4.4. Порядок определения типа производства

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 *тип производства* определяется исходя из программного задания, сроков его выполнения и средней трудоемкости основных технологических операций.

Тип производства необходимо определять по коэффициенту закрепления операций, который показывает отношение всех различных операций, выполняемых подразделением в течение месяца на данном оборудовании к числу рабочих мест.

$$K_{з.о.} = \frac{P_o}{P_я} \quad (4.1)$$

где P_o – суммарное число различных операций;

$P_я$ – явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции.

Если $K_{з.о.} \leq 1$ – массовое производство;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – крупносерийное производство;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – среднесерийное производство;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – мелкосерийное производство;

$K_{з.о.} > 40$ – единичное производство.

Порядок расчета (рекомендуемый).

1) Уточнение исходных данных для расчёта:

$N_в$ – годовая программа выпуска изделий (предварительно заданная);

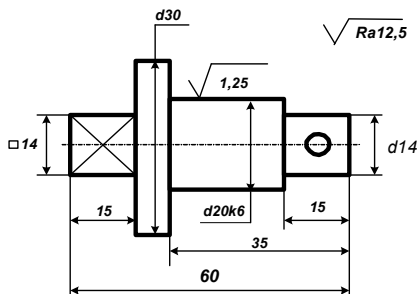
m – количество деталей данного наименования на одно изделие (необходимо знать и массу детали).

2) Скорректированная годовая программа:

$$N = N_в \cdot m \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) \quad (4.2)$$

β – коэффициент учёта брака и запаса на складе (принимать 2–8 %).

3) Определение состава основных операций (ориентировочно).



Например:

1. Токарно-винторезная операция;
2. Вертикально-фрезерная операция;
3. Вертикально-сверлильная операция

4) Определение $T_{\text{шт}}$ (укрупнённым нормированием) по каждой из основных операций.

Укрупненное нормирование основных операций необходимо для установления основного и штучно-калькуляционного времени:

1. Токарно-винторезная операция:

Черновая подрезка двух торцов $T_o \approx 0,74 \text{ мин}$;

черновое точение (7 проходов) $T_o = 0,78 \times 7 \approx 5,46 \text{ мин}$;

чистовое точение ступеней $T_o = 0,68 \times 4 \approx 2,72 \text{ мин}$;

чистовая подрезка торцов $T_o = 0,74 \text{ мин}$;

$$\Sigma T_o = 0,74 + 5,46 + 2,72 + 0,74 \approx 9,66 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время (суммарное):

$$\Sigma T_{\text{шт}} = 12,56 \text{ мин.}$$

2. Вертикально-фрезерная операция;

Фрезерование квадрата и паза $T_o = 2,77 \times 4 \approx 11,08 \text{ мин}$;

$$T_{\text{шт}} = 14,68 \text{ мин.}$$

3. Вертикально-сверлильная операция:

Сверление 4 отверстий $T_o = 1,27 \times 4 = 5,08 \text{ мин}$; $T_{\text{шт}} =$

$$6,6 \text{ мин.}$$

5) Расчетное число (количество) станков для выполнения каждой из основных операций:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{уми}}{60 \cdot F_{оп} \cdot \eta_{зн}}; \quad (4.3)$$

где $T_{уми}$ – штучное время обработки детали на данной операции, мин;

$F_{оп}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $F_{оп} \cong 2000$ ч.

$\eta_{зн}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования ($\eta_{зн} = 0,8$).

$\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (зависит от типа производства) – (предварительно принимают 0,75–0,8).

б) Дробное количество станков округляют до большего (заносят в таблицу) и затем определяют фактический коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (4.4)$$

где P – принятое число рабочих мест.

7) Расчётные данные заносят в таблицу:

№ п/п	Наименование операции	$T_{умт}$, мин	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	Q
1	Токарно-винторезная					
2	Вертикально-фрезерная					
3	Вертикально-сверлильная					
				$\sum P =$		$\sum Q =$

Нормативные коэффициенты загрузки оборудования

$\eta_{з.н.} = 0,8 \dots 0,9$ (мелкосерийное производство);

$\eta_{з.н.} = 0,75 \dots 0,85$ (серийное производство);

$\eta_{з.н.} = 0,65 \dots 0,75$ (крупносерийное и массовое).

8) Если $\eta_{з.ф.}$ выше нормативного, то следует увеличить количество станков;

если $\eta_{з.ф.}$ ниже нормативного, тогда – анализируют возможность дозагрузки.

В графу «Q» записать скорректированное значение:

$$Q = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.}$$

Отношение $\frac{\sum Q}{\sum P}$, взятое по таблице и есть коэффициент закрепления операций.

Далее принимается решение о форме организации ТП: групповая или поточная.

Целесообразность *поточного производства* устанавливают сравнением заданного суточного выпуска изделий и расчётной суточной производительности поточной линии при двухсменной работе и её загрузке не ниже 60 %.

На этапе *предварительного анализа* исходных данных тип производства может быть *ориентировочно определен* с помощью таблиц.

Таблица 4.1
Зависимость типа производства от объёма выпуска (*шт.*)
и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичный	Мелкосерийный	Среднесерийный	Крупносерийный	Массовый
1,0	10	10-2000	1500-100000	75000-200000	Св.200000
1-2,5	10	10-1000	1000-50000	50000-100000	Св.100000
2,5-5	10	10-500	500-35000	35000-75000	Св.75000
5-10	10	10-300	300-25000	25000-50000	Св.50000
10	10	10-200	200-10000	10000-25000	Св.25000

Таблица 4.2

Значения коэффициентов загрузки оборудования

<i>Тип производства</i>	<i>Мех.обработка</i>	<i>Сборка</i>
Единичный	0,01	0,02
Мелкосерийный	0,06-0,01	0,06-0,02
Среднесерийный	0,2-0,06	0,3-0,07
Крупносерийный	0,8-0,2	0,85-0,3
Массовый	0,85-0,96	0,90-0,98

Таблица 4.3

Ориентировочная (годовая) программа выпуска деталей (шт.)
при различных типах производства

Макс.масса обработ. детали, кг	Среднемесячный выпуск изделий, шт.				
	Единичный	Мелкосерийный	Среднесерийный	Крупносерийный	Массовый
До 200	До 1000	1000-5000	5000-10000	10000-100000	Св.100000
До 2000	До 20	20-500	500-1000	1000-5000	Св.5000
До 3000	До 5	5-100	100-300	300-1000	Св.1000
Св.3000	До 3	3-10	10-50	-	-

В серийном и массовом производстве возможно дополнительно установить *такт* τ_B или *ритм* R выпуска продукции.

Такт выпуска – интервал времени, через который периодически производится выпуск деталей (изделий) определенного наименования, типоразмера и исполнения.

$$\tau_B = \frac{F_o \cdot 60}{N_z}, \quad \text{мин/шт.} \quad (4.5)$$

где F_o – действительный (годовой) фонд работы оборудования с учетом простоев (при односменной работе $\approx 2000 \text{ час}$),

N_z – годовая программа выпуска, шт.

Ритм выпуска – количество деталей (изделий) определенного наименования, типоразмера и исполнения, выпускаемых в единицу времени.

$$R = \frac{1}{\tau_B} \text{ шт./мин} \quad (4.6)$$

В общем случае, при проектировании ТП желательно добиться такого построения операций, чтобы их продолжительность была равна или кратна *такту выпуска*, т. к. в этом случае возможна поточная форма организации работ.

4.5. Выбор методов получения исходных заготовок

Критерии выбора *метода получения исходных заготовок* чаще всего определяются производственной программой.

При больших объемах выпуска следует стремиться к максимальному приближению конфигурации и размеров исходной заготовки к размерам готовой детали (коэффициент использования металла).

При малых объемах выпуска рациональным выбором следует считать минимальные затраты.

Основными факторами, влияющими на выбор исходных заготовок, являются также (кроме производственной программы):

1. Вид обрабатываемого материала;
2. Конфигурация и размеры, масса;
3. Условия эксплуатации;
4. Экономичность самого метода получения исходных заготовок.

Основные методы получения исходных заготовок.

В машиностроении основную массу заготовок изготавливают в литейных цехах заливкой металла в формы, в кузнечно-прессовых цехах – обработкой на ковочных и штамповочных молотах и прессах.

Главными факторами, влияющими на выбор метода получения исходных заготовок, являются себестоимость и годовая производственная программа.

Производство заготовок литьем

Масса отливок – до 300 т, а длина – до 20 м.

Наиболее распространенными материалами литейных форм являются: песчано-глинистые и песчано-смоляные смеси, сталь, чугун, сплавы, керамика и др.

Серый и высокопрочный чугун имеет высокую жидкотекучесть, что позволяет получить толщину стенки 3...4 мм. Ковкий чугун обладает склонностью к образованию трещин и значительных внутренних напряжений. Легированные стали с увеличенным содержанием марганца имеют хорошую жидкотекучесть, что затрудняет получение отливок с тонкими стенками.

Литье в песчано-глинистые формы подразделяют на три группы:

- *Разовые*, изготавливаемые из песчано-глинистых смесей (для черных и цветных металлов любого размера и веса);
- *Полупостоянные* – из огнеупорных материалов (шамот, магнезит и др.) – для получения нескольких десятков отливок;
- *Постоянные*, изготавливаемые из металлов и сплавов.

Для отливок применяют чугун, сталь, сплавы меди, алюминий и др.

Литье в оболочковые формы – обеспечивает точность размеров 13... 14 квалитета и величину параметра шероховатости $R_a = 6,3 \text{ мкм}$.

Литейной формой является оболочка, состоящая из формовочных смесей с термопластичными и термореактивными связующими смолами, которые помещают в ящик с песком или дробью перед заливкой ее металлом.

Требуется дорогостоящая оснастка, а сама форма используется один раз, поэтому данный метод целесообразен в массовом, крупносерийном и среднесерийном производстве, массой до 100 кг.

Литье в кокиль. Отливки (из чугуна и стали) с толщиной стенки 5 мм, 12–14 квалитета точности, шероховатость $R_a = 12,5...3,2 \text{ мкм}$ и массой до 200 кг. Применяют в серийном и массовом производстве, производительность выше в 2–5 раз, себестоимость меньше. К недостаткам литья относится невысокая стойкость форм при литье чугуна и стали, образование отбела чугунных отливок, что вызывает необходимость проведения

дополнительной операции (отжига); возможно образование трещин в сложных отливках.

Кокили изготавливают литыми из чугуна, стали, меди и алюминия; разъемными. Распространены многоместные кокили.

Литье по выплавляемым моделям – отливки из сплавов цветных металлов, стали и чугуна массой от нескольких грамм до 300 кг. Применяют в массовом, крупно- и среднесерийном производстве при изготовлении мелкой и сложной формы.

Сущность процесса литья по выплавляемым моделям заключается в использовании точной неразъемной разовой модели, по которой изготавливается неразъемная керамическая оболочковая форма, куда и заливается расплавленный металл после удаления модели из формы путем выжигания, испарения или растворения.

Этим способом можно изготавливать точные отливки из различных сплавов толщиной от 0,8 мм и более с небольшими припусками на обработку.

Точность размеров отливок соответствует 8–11 квалитетам, $Ra=2,5$ мкм, припуски на обработку резанием для отливок размером до 50 мм составляют 1,4 мм, а размером до 500 мм – около 3,5 мм.

Коэффициент точности отливок по массе может достигать 0,85–0,95, что резко сокращает объемы обработки резанием и отходы металла в стружку.

Использование для изготовления моделей легко удаляемых материалов (на основе парафина, канифоли, полистирола, карбамида или полистирола), не прибегая к разборке формы, дает возможность нагреть расплавленный перед разливкой металл до высоких температур, что значительно улучшает заполнение формы и позволяет получать отливки очень сложной формы практически из любых сплавов.

К недостаткам можно отнести высокую трудоемкость и повышенный расход материала на литниковую систему при небольшом выходе продукции.

Литье под давлением. Расплав металла заполняет форму с большой скоростью (до 35 м/с), что обеспечивает высокую плотность материала, точность и качество поверхности.

Получают отливки из стали, цветных металлов и чугуна. Масса отливок может быть от нескольких граммов до 50 кг, толщина стенки 1,0...0,8 мм; 8–12 квалитет точности $Ra=12,5...3,2$ мкм; применяют в массовом и крупносерийном производстве.

Высокая производительность и возможность получения заготовок сложной формы с мелкозернистой структурой, но высокая стоимость пресс-форм и низка их стойкость. В основном применяют для цветных металлов и сплавов.

Литьем вакуумным всасыванием получают отливки в основном из цветных металлов и сплавов, в меньшей степени из стали и чугуна. Отливки имеют толщину стенки до 1 мм. Этот метод применяют в массовом и серийном производстве обычно для получения отливок из дорогостоящих сплавов.

Центробежное и другие виды литья – отливки из чугуна, стали, цветных металлов и сплавов. Применяют в массовом и серийном производстве для пустотелых и тонкостенных отливок (типа тел вращения) сложной конфигурации, например, гильз, втулок, вкладышей и т. д.

Процесс осуществляют путем заливки металла во вращающуюся металлическую форму. Под действием центробежных сил частицы расплавленного металла отбрасываются к поверхности формы и, затвердевая, принимают ее очертания.

Отливка охлаждается наружной стороной (от изложницы) и изнутри (со стороны свободной поверхности) за счет излучения и конвекции воздуха.

Затвердевание металла под давлением приводит к уплотнению металла и повышению механических свойств, в то же время происходит отделение газов, неметаллических примесей и вытеснение их на внутреннюю поверхность отливки, что следует учитывать в расчете припусков для изделий, имеющих внутреннюю рабочую поверхность.

Применяют и другие методы литья: непрерывное, электрошлаковое, выжиганием, штамповкой из расплава и др.

Непрерывным и полунепрерывным литьем получают отливки из чугуна, стали, алюминиевых и магниевых сплавов; в массовом и серийном производстве для обеспечения поперечного

сечения неограниченной длины (станины металлорежущих станков, корпуса гидро- и пневмоаппаратуры, трубы) и т. д.

Электрошлаковым литьем получают отливки из сталей и сплавов с повышенными механическими свойствами массой до 300 т; в серийном производстве для получения заготовок ответственных деталей судовых двигателей, прокатные валки, турбины и т. д.

Литьем выжиманием получают отливки из алюминиевых и магниевых сплавов; в массовом и серийном производстве для тонкостенных (до 2 мм) и значительных по габаритам (1000×3000 мм) заготовок.

Штамповкой из расплава получают отливки из цветных металлов и сплавов, стали и чугуна в массовом и серийном производстве. Для изготовления фасонных отливок с толщиной стенки до 8 мм несложной конфигурации с высокими механическими свойствами.

Производство исходных заготовок пластическим деформированием

Машинную ковку производят *на молотах и гидромпрессах*. В единичном и мелкосерийном производстве – наиболее экономичный способ получения высококачественных заготовок; может оказаться единственно возможным способом для заготовки большой массы.

Возможности: заготовки массой до 250 т простой формы; на молотах в подкладных кольцах и штампах до 10 кг, при этом толщина стенок заготовки достигает 3...2,5 мм, точность 14–16 квалитет, а величина параметра шероховатости поверхности составляет $Ra=25...12,5$ мкм; для стали, иногда цветных металлов и сплавов.

Штамповка – в условиях массового и крупносерийного производства горячая объемная штамповка рентабельнеековки. Ограничения: до 100 кг, хотя возможно получать поковки до 3 т и выше, но чаще массой до 30 кг.

Применяют для получения поволоков из стали, цветных металлов и сплавов. Обычно исходной заготовкой для штамповки является сортовой прокат. Горячую штамповку проводят на мо-

лотах, горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), кривошипных горячее – штамповочных прессах (КГШП) и винтовых прессах.

К операциям листовой формовки относят правку, фасонную (рельефную) штамповку, отбортовку, формовку, обжим, раздачу.

Листовая штамповка – размеры заготовок колеблются от нескольких сантиметров до 7 м с толщиной стенки 0,1...100 мм; точность – 11–12 квалитет, а при дополнительной калибровке – 9–10 квалитет.

Фасонную (рельефную) штамповку применяют для получения на плоских заготовках различных углублений и выступов, ребер жесткости и т. п.

Штамповка перераспределяет объемы металла в локальной зоне. При отбортовке отверстия толщина материала у края бортов значительно уменьшается.

Высадка – частичное изменение формы детали типа прутка на специальных холодновысадочных автоматах, например, высадка головок болтов, винтов, заклепок и т. п.

Методами штамповки изготавливают металлические сплавы (сталь различных марок, сплавы цветных металлов, а также биметаллические) и неметаллические материалы (текстолит, прессшпан, резина, войлок). Металлические материалы по виду заготовок можно разделить на рулонный (шириной свыше 300 мм), ленты, листы, полосы, проволоку и круглый прокат (в бухтах), прутки и прокат различного сечения. Неметаллические материалы, как правило, поставляются в виде листов или полос.

Исходные заготовки из калиброванной стали

Изготавливают круглой, шестигранной, квадратной и прямоугольной толщиной (диаметром) 3...100 мм. Можно протягивать прокат со скоростью до 100 м/мин после дробеметной и иглофрезерной зачистки без смазочного слоя; кривизна – не более 0,5 мм на 1 м длины. Прутки покрывают консервирующей смазкой.

Применяют стальные фасонные профили, получаемые волочением; в качестве исходной заготовки используют горячекатаный прокат простой формы (круг, квадрат и т. д.).

Исходные заготовки из пластических масс.

Это – полимеры, в которые введены наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители и другие добавки.

Распространены композиционные пластмассы, в состав которых, кроме полимеров, входят наполнители (порошковые, волокнистые, слоистые) для обеспечения требуемых механических, физических и эксплуатационных свойств.

Наполнители бывают минерального происхождения (слюда, кварц, асбест и др.) и органического (древесная мука, бумага, ткань и др.).

В машиностроении применяют фенопласты – сложные пластмассы, основу которых составляет термоактивная фенольно-формальдегидная смола и различные наполнители: пресспорошки, стекловолокниты и текстолиты.

Механическая обработка детали минимальна или отсутствует.

Термопластичные материалы.

Полимеры, у которых при нагревании не образуется поперечных химических связей и которые при некоторой характерной для каждого полимера температуре могут многократно (повторно) размягчаться и переходить из твердого в пластическое состояние, называются термопластическими *полимерами* или *термопластами*.

Это: *полиамиды*, работающие в диапазоне температур – 60+150 °С (кратковременно до +180 °С);

поликарбонаты, сочетающие прозрачность стекла и прочность металла (температура эксплуатации до 150 °С), размерную ультрафиолетовую стабильность и высокую сопротивляемость ползучести;

полифениленоксиды с уникальным комплексом механических и диэлектрических свойств, хорошей термостойкостью, стойкостью к агрессивным средам и радиоактивному излучению, выдерживающие все виды холодной обработки: штамповку, резание, фрезеровку. Они склеиваются с другими пластмассами и материалами;

полисульфоны, не изменяющие своих свойств в диапазоне температур от –100+150 °С. Электроизоляционные свойства полисульфона сохраняются в широком диапазоне частот и температур,

а также после пребывания в воде и в условиях повышенной влажности; отличается стойкостью к окислению и способностью к самозатуханию, при высокой температуре не выделяет токсичных продуктов; хорошо окрашивается с помощью красителей, добавляемых непосредственно в бункер литьевой машины;

полибутилентерефталаты, обладающие прекрасными тепловыми свойствами; меньшим влагопоглощением, по сравнению с поликарбонатом –высокой химической стойкостью, механическими и антифрикционными свойствами, теплостойкостью, низким влагопоглощением и, в результате этого, высокой стабильностью размеров, хорошими диэлектрическими свойствами, стойкостью к усталостному разрушению, к воздействию факторов окружающей среды и к действию химических веществ.

Детали из него имеют гладкую глянцевую поверхность и их можно длительно эксплуатировать при температуре 120... 140 °С;

полиэтилентерефталаты, термопластичные материалы, получаемые путем модификации полиэтилентерефталатной смолы полиэтиленом; применяется для изготовления деталей конструкционного назначения методом литья под давлением, устойчив к действию разбавленных кислот, растворов минеральных солей, органических растворителей; отличается низким коэффициентом трения, незначительным влагопоглощением и стабильностью формы изделий; можно эксплуатировать в интервале температур –60...+150 °С.

Все перечисленные полимеры могут выдерживать температуру 160...180 °С, но с учетом срока службы: после выдержки в течение 20 000 ч при температуре 100... 150 °С они теряют половину своих свойств.

Термореактивные полимеры (реактопласты) под действием теплоты и давления подвергаются коренным необратимым изменениям. Изделия, изготовленные из термореактивных материалов, не могут быть вновь размягчены и переработаны заново.

Пресс-материалы представляют собой смеси термореактивных смол с наполнителями и специальными добавками. Составные части пресс-материалов находятся в тонкоизмельченном состоянии, поэтому такие смеси названы пресс-порошками.

Изделия, получаемые из пресс-материала, связующим веществом в котором является термореактивный полимер, осаждаются в пресс-форме при нагревании и извлекаются из формы без охлаждения. Процесс переработки пресс-материалов на их основе необратим. Отходы переработки нельзя использовать. Термореактивные смолы (полимеры) и пластмассы на их основе можно разделить на несколько групп. Наиболее распространены – фенопласты, эпоксипласты, эфиропласты.

Фенопласты обладают хорошими механическими свойствами, водостойкостью, стойкостью к растворителям, нефти, бензину, кислотам (но малостойки к действию щелочей) и хорошими диэлектрическими характеристиками.

Фенопласты представляют собой композиции на основе новолачных и резольных смол с органическими и неорганическими наполнителями. Из органических наполнителей в основном используют древесную муку, из неорганических – асбест, каолин, слюду, стекловолокно и т. д. Качество изготовленных из фенопластов изделий зависит от свойств смолы и наполнителя, от смачиваемости наполнителя смолой.

Формообразование пластических масс

В процессе формования можно получить различные структуры формуемого материала, которым соответствуют разные эксплуатационные свойства изделий. Поэтому при оценке конструкционных свойств пластмасс необходимо учитывать их зависимость от технологии изготовления изделия.

Предварительный отжиг пластмасс повышает их стойкость к растрескиванию. Вследствие образования множества мельчайших трещин, отражающих и рассеивающих свет, происходит помутнение и так называемое серебрение поверхности.

Особенности обработки изделий из пластических масс

Обработка заключается в снятии стружки тем или иным способом на станках для получения требуемой конфигурации изделия (невыполнимой по каким-либо причинам при формовании, например, в результате чрезмерной сложности формируемого инструмента) и обеспечении определенной точности размеров обрабатываемых изделий, которая во многих случаях оказы-

вается более высокой (второй и третий классы точности), чем при формовании.

Обработка изделий должна быть минимальной.

Зачистка – обязательная операция, которую можно совмещать с обработкой.

Механическая обработка изделий из пластмасс обусловлена свойствами пластмасс. Незначительное сопротивление сжатию и срезу облегчает механическую обработку пластмасс и для этого необходимы небольшие усилия резания. В режущем инструменте аккумулируется большое количество теплоты, выделяющейся при обработке (чем выше скорость обработки, тем больше теплоты), что способствует не только быстрому износу инструментов, но и быстрому размягчению пластической массы.

Все это служит причиной образования задиров и даже прижогов на обрабатываемых поверхностях изделия, т. е. термомеханической деструкции (разложение) пластической массы.

Установлено, что при повышенных требованиях к стойкости инструмента, качеству обрабатываемой поверхности и точности размеров изделий из пластмасс целесообразно применять инструмент, режущей частью которого является алмазная крошка. К недостаткам алмазного инструмента при зачистке пластмассовых изделий относят высокую первоначальную стоимость инструмента и возможность его повреждения вследствие небрежной работы. Угол заострения режущей части алмаза рекомендуется принимать равным 98 или 85°; подача – не более 0,05 мм/об., глубина резания – до 1 мм при скорости резания до 1300 м/мин.

Для зачистки изделий из пластмасс шлифовальными кругами рекомендуют следующие скорости резания: при черновой обработке – 25...30 м/с, при чистовой – 35 м/с. При использовании шлифовальных шкурочек для зачистки изделий из пластмасс скорости шлифования равны: при черновой обработке – 20...25 м/с; при чистовой – 25...30 м/с; при особо чистой – 130...40 м/с.

Исходные заготовки, получаемые методом порошковой металлургии

Основными исходными материалами являются порошки железных, никелевых кобальтовых, молибденовых, вольфрамовых и других металлов.

Формирование изделий осуществляют холодным прессованием в закрытых пресс-формах с последующим спеканием. Например, спеченный из порошка распределительный вал двигателя длиной 447 мм и массой 2,5 кг, позволяет не только экономить 75 % по массе по сравнению с чугунным литьем, но и повысить износостойкость вала в 7 раз.

Металлокерамические материалы. Например, бронзографит (85...88 % меди, 8...10 % олова, 3...5 % графита) можно применять при изготовлении подшипников, в которых практически отсутствует дополнительный смазочный материал. Различают антифрикционные металлокерамические материалы на медной и железной основе.

Свойства готовых металлокерамических изделий в значительной степени зависят от плотности спрессованных из порошка брикетов и распределения плотности по объему. Брикеты прессуют под давлением 2500...4000 Па для бронзографита и 4000...5000 Па – для железосульфидного материала.

Спекание бронзографита проводят в течение 2...3 ч при температуре 760...780 °С, а железосульфидированного материала – 1...1,5 ч при температуре 1130...1150 °С.

От сложности формы деталей зависит возможность их прессования в конечном виде или необходимость проведения после спекания дополнительной механической обработки, что в значительной степени влияет на производительность и себестоимость.

В условиях массового и крупносерийного производства экономически целесообразно получение заготовок, наиболее близко приближающихся по форме и размерам к готовым деталям. В этом случае себестоимость заготовок увеличивается, но объем механической обработки значительно сокращается.

В условиях единичного и мелкосерийного производства заготовки далеки по размерам и форме от готовой детали, т. е.

имеют значительные припуски для механической обработки. Из многих возможных способов получения заготовки необходимо выбрать экономически целесообразный.

Окончательный выбор метода устанавливают на основе расчетов:

- А) себестоимости метода получения исходных заготовок;
- Б) себестоимости самого процесса механообработки.

4.6. Выбор технологических баз для установки заготовок

Выбор технологических баз для установки обрабатываемых заготовок при выполнении операций производится в соответствии с правилами базирования (т. е. принципами *единства и постоянства баз, совмещения баз и последовательной смены баз*).

Возможны следующие случаи базирования:

- 1. На необработанные поверхности;
- 2. На предварительно обработанные, но несменяемые поверхности;
- 3. С повторной обработкой баз;
- 4. Базирование на различные последовательно сменяемые поверхности.

На первой операции во всех случаях планируется обработка главных технологических (установочных) баз; а если их несколько, то желательно всех сразу – без переустановов.

1. Корпусные и коробчатые детали:

а) базирование по плоскости и двум установочным отверстиям (один палец приспособления цилиндрический, второй – ромбовидный);

б) базирование по трем базовым поверхностям.

2. Диски, втулки, шестерни и фланцы.

Базирование преимущественно выполняется на центральное отверстие с упором в один из торцов.

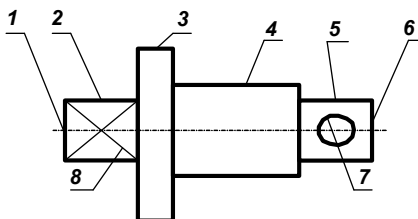
3. Вали.

Главными технологическими базами являются – центровые отверстия.

4.7. Составление планов обработки отдельных поверхностей (определение состава технологических переходов)

Исходными данными для составления плана являются:

1. Чертеж (с него выполняют эскиз с номерами поверхностей), на котором указаны качества, шероховатость и масса;
2. Внешний вид исходной заготовки.



1) Исходя из качества точности и шероховатости конкретной поверхности по таблицам точности составляют примерный план ее обработки (данные удобно представлять в виде таблицы).

1,6	2,8	3	4	5,7
Черновое точение h12	Черновое точение h12 И черн.фрезе- рование	Черновое точение h12	<u>0. Заготовка (h14)</u> 1. Черновое точение h12 (5кл) 2. Чистовое точение h10 (4кл) 3. Предварительное шлифование h8 4. Чистовое шлифо- вание h6 (2кл)	Черновое точение h12 и сверление
			1. Черновое точение h12 2. Получистовое точ. h9 3. Чистовое точение h6	

Далее сравнивают ориентировочный вариант (составленный) с типовым ТП и вносятся необходимые коррективы.

2) Аналогичные действия выполняются при планировании обработки всех других поверхностей.

3) Расчлняют операции и переходы на черновые, получистовые и чистовые, а затем формируют примерный маршрут обработки.

4) Внедряют передовые методы механической обработки (ППД, РСО, ЭЗО и т.п.) и принципы *концентрации* и *дифференциации* операций.

Примечание:

1. Необходимо стремиться к построению самого короткого маршрута;

2. Учитывать тип производства, наличие инструментов и оснастки;

3. Желательна многолезвийная обработка (развертывание вместо растачивания).

При построении маршрута необходимо учитывать, что:

1. Каждому методу окончательной обработки предшествует один или несколько предварительных методов;

2. Каждый последующий метод обработки должен быть точнее предыдущего;

3. Выбор оптимального варианта маршрута обработки *отдельных поверхностей* производится по суммарному основному времени T_o обработки с использованием для расчета нормативных данных.

Зная метод получения исходной заготовки и ее вид, подбирают начальный метод обработки. Если точность невысокая, то вначале назначают черновую обработку. Если точность высокая, тогда возможно сразу назначить чистовые и даже отделочные методы обработки. При этом необходимо помнить, что отделочной обработке предшествует один или несколько предварительных (т. е. менее точных) методов.

Например:

1. Чистовому шлифованию предшествуют черновое шлифование и, как правило, (черновое + чистовое) точение.

2. Развертыванию отверстий – сверление и зенкерование.

При построении маршрута обработки поверхностей исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего. Число возможных вариантов – может быть весьма разнообразным, но требуется выбрать оптимальный для конкретных условий производства.

Показателем оптимальности, как правило, является наименьшее суммарное штучное время.

При выборе маршрутов обработки *отдельных поверхностей* заготовок необходимо:

1. Стремиться к использованию самого краткого маршрута.
2. Учитывать тип производства.
3. Иметь информацию о наличии и возможности использования различных инструментов и оснастки.
4. Желательно применять многолезвийную обработку (развертывание и зенкерование вместо растачивания).
5. Предусматривать возможность совмещения обработки нескольких поверхностей (при одинаковых способах их обработки: два резца на одном суппорте – вместо одного).
6. Во всех случаях учитывать обеспечение заданной точности взаимного расположения поверхностей и допускаемую погрешность формы, а также шероховатость.

В общем случае, маршруты обработки отдельных поверхностей выбираются приближенно, оценивая варианты по трудоемкости. Более точно маршрут подбирают при сравнении суммарных себестоимостей обработки основных поверхностей.

4.8. Рекомендации к построению общего маршрута обработки

Составление общего маршрута обработки заготовки многовариантная задача, целью которой является построение общего плана обработки заготовок (т. е. определение последовательности операций).

При этом необходимо наметить и содержание операций ТП, подобрать тип оборудования, а также оснастку.

Задача значительно упрощается при использовании типовых маршрутов обработки аналогичных заводских деталей (т. е. подбором *базового варианта* ТП).

Во внимание целесообразно принимать следующее:

1. При определении общей последовательности обработки, вначале (т. е. на первых операциях) необходимо планировать обработку установочных технологических баз: как правило, поверхность, относительно которой скоординировано наибольшее число размеров.

2. Затем обрабатывать остальные поверхности в последовательности, обратной точности (т. е. чем точнее поверхность, тем позже обрабатывается).

3. Последней обрабатывается наиболее точная поверхность, т. е. имеющая наибольшее влияние на работоспособность узла или изделия, в которое входит обрабатываемая заготовка.

4. В конец маршрута необходимо выносить легкоповреждаемые поверхности: например, наружную резьбу.

5. Для своевременного выявления внутренних дефектов (раковины, закалочные трещины и т. п.), после черновых операций (при необходимости) необходимо предусматривать контрольные операции для отбраковки и недопущения дефектов на чистовые операции.

При производстве ответственных изделий маршрут обработки делят на стадии: черновую, чистовую и отделочную. При этом на первой снимаются большие припуски (напуски), вторая – промежуточная, а на третьей достигается требуемая точность и шероховатость.

Группируя обработку по стадиям (т. е. увеличивая разрыв по времени) появляется возможность проявления скрытых дефектов, а внесение отделочной обработки в конец маршрута способствует уменьшению вероятности повреждения при межоперационном транспортировании.

Кроме того, черновую обработку могут выполнять менее квалифицированные рабочие и на менее точном оборудовании.

Изложенные положения не являются обязательными при достаточной жесткости системы и малых размерах обрабаты-

ваемых поверхностей, когда возможно совмещение черновых и чистовых операций (переходов).

Например, при использовании автоматов для изготовления заготовок из прутка.

При наличии термообработки ТП расчленяют на две части с возможностью, при необходимости, правки от коробления или же повторной обработки отдельных поверхностей (в частности базовых).

Термообработка усложняет ТП, особенно как цементация отдельных поверхностей, которые не должны упрочняться (неснятый припуск или защитное омеднение). Тогда необходимо вводить гальванические операции и дополнительные операции по снятию оставленного защитного припуска после цементации, но до закалки.

Обработка вторичных поверхностей (поверхностей положения) таких, как, радиальные и торцевые отверстия, шпоночных пазов, лысок, производится обычно после чистовой обработки основных поверхностей в последовательности, удобной для существующей расстановки оборудования, чтобы транспортные пути были кратчайшими и неперекрестными или петлеобразными.

Обработка точных пазов, лысок и других элементов (если базами являются наружные поверхности) производится после отделочной обработки баз.

Точение канавок, фасок, галтелей и т. п. производят на чистовой стадии обработки.

После сверлильных, фрезерных, строгальных операций часто назначают слесарные операции для снятия заусенцев.

Предварительное содержание операций устанавливают объединением тех переходов на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке.

Устанавливают тип станка и техническое оснащение. В дальнейшем, при разработке операционной технологии, «наметки маршрута» уточняются и корректируются (при необходимости).

4.9. Технический контроль

Технический контроль при механической обработке можно выполнять на рабочих местах (рабочие, наладчики, мастера) в составе выполнения технологических операций, а также на стационарных местах (стол ОТК).

Контрольные операции (для службы ОТК) вставляют между обрабатывающих операций (чаще всего после ответственных).

Различают *сплошной* и *выборочный* контроль.

Первый – после технологических операций, где велика вероятность брака, *второй* – при высокой устойчивости ТП, больших объемах и после второстепенных операций.

Задача проектирования ТП связана с выбором *объективно необходимой* формы контроля и его средств: *активный* или *пассивный*.

В единичном производстве – выполняют *пооперационный пассивный контроль* с использованием универсальных измерительных средств.

При изготовлении сложных деталей делают тщательную выверку положения детали, тщательные измерения при обработке (в присутствии ОТК) и другие мероприятия.

В *серийном производстве* – контроль осуществляют после нескольких операций и при окончательной приемке обработанных заготовок (используют: универсальные средства и специальные контрольные приспособления, калибры, шаблоны и т. п.).

В *массовом производстве* – применяют контрольно-измерительные приборы, контрольные многопараметрические устройства, устройства активного контроля.

Пассивный контроль (выборочный) применяют при устойчивых ТП, а при малоустойчивых ТП – активные методы контроля (точечные диаграммы и встраиваемые подналадчики, в т. ч. блокировочные устройства).

Средства контроля выбирают с учетом их метрологических характеристик (пределы измерения, цены деления и точности измерения), конструктивных особенностей деталей (габариты, масса, жесткость, шероховатость), экономических соображений и других факторов.

Допустимая погрешность контроля – не более 20 % допуска на размер.

Технолог должен устанавливать объект, метод и средства контроля.

Он формирует техническое задание на их конструирование, выбирает схему контроля, устанавливает периодичность выборок при предупредительном контроле (статистический метод), разрабатывает план регулировки ТП.

Перед контрольными операциями необходимо предусмотреть (при необходимости) очистку и промывку, удаление заусенцев.

Актуальность и важность контроля ТП подтверждается наличием на предприятиях служб приемки, необходимость введения которой была обусловлена длительной недооценкой значения контрольных операций.

После определения маршрута обработки отдельных поверхностей, составления общего маршрута и средств контроля, уточняется тип оборудования и оснастки (затем корректируется).

4.10. Типизация технологических процессов

Применение различных технологических процессов изготовления одинаковых или близких по конфигурации и размерам деталей на разных автомобильных и тракторных заводах приводит к тому, что трудоемкость этих деталей существенно различна [4].

Применение на заводах различного оборудования и оснастки для изготовления одинаковых деталей, а также неодинаковый выпуск приводят к большому различию в трудоемкости изготовления деталей.

Разработка и обоснование общих принципов проектирования технологических процессов, а также типовых технологических процессов на базе технологической классификации деталей позволят сократить разнообразие технологических процессов. Этим создается возможность разработки оптимальных технологических процессов для различных условий производства.

Типизация технологических процессов базируется на клас-

сификации деталей и на общих принципах разработки технологических процессов.

Классификация представляет собой объединение в группы и классы деталей, близких по конструкции, размерам и общности технологического процесса их изготовления.

Под типизацией технологических процессов понимают создание принципиальных технологических процессов, охватывающих изготовление всех деталей данного класса и служащих базой для разработки в различных производственных условиях оптимального технологического процесса изготовления любой детали внутри класса.

На технологический процесс обработки детали влияет ряд факторов: конструктивная особенность детали (размеры, форма, точность обработки), величина выпуска и метод получения заготовки.

Размеры детали существенно влияют на характеристику оборудования для ее изготовления и на характер самого технологического процесса. Детали одинаковой формы, но имеющие значительную разницу в размерах, изготавливают по несходным технологическим процессам (например, коленчатый вал двигателя и коленчатый вал компрессора). Коренные и шатунные шейки коленчатого вала двигателя обрабатывают на крупных специальных или специализированных токарных станках. Обработка тех же поверхностей коленчатого вала компрессора производится на простых токарных или многолезцовых станках, оснащенных приспособлениями.

Корпусные детали (например, блок цилиндров и корпус водяного насоса) также изготавливают на разном оборудовании.

В условиях поточного производства различные поточные линии (индивидуальные, спаренные, групповые) должны создаваться для деталей одинаковых размеров и одного класса, имеющих сходные технологические процессы обработки.

Форма детали во многом предопределяет процесс ее изготовления. Однако в некоторых случаях детали различной формы изготавливают по сходным технологическим процессам. Например, ступенчатый вал и крестовина (рис. 4.1) различаются по внешней форме, но имеют сходные технологические процессы

обработки: одни и те же установочные базы и одинаковую последовательность операций. После фрезерования и центрования торцов у ступенчатого вала, а у крестовин – цапф производится черновое и чистовое обтачивание двух сторон вала, а у крестовин – цапф 1, 2 и 3, 4. Отделочной операцией в процессах обработки ступенчатого вала и крестовины является шлифование шеек вала в центрах и бесцентровое – цапф 1, 2 и 3, 4 крестовины.

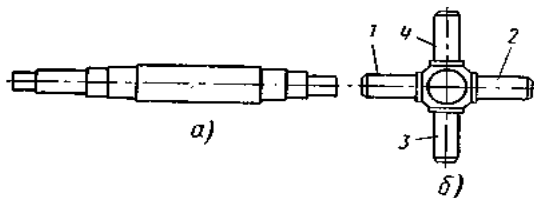


Рис. 4.1. Вали: а – ступенчатый; б – крестовина

Сходные технологические процессы имеют корпусные детали, кронштейны, стойки, хотя все эти детали отличаются друг от друга внешней формой.

Точность обработки оказывает влияние на технологический процесс изготовления детали. Высокая точность и чистота обработки поверхностей детали обеспечиваются введением в технологический процесс без изменения последовательности основных операций дополнительных отделочных операций. Это, в свою очередь, вызывает необходимость добавления станков высокой точности. В результате повышается трудоемкость механической обработки.

Величина выпуска деталей предопределяет выбор оборудования и в определенной степени влияет на технологический процесс. Большой выпуск деталей обеспечивается за счет применения высокопроизводительного оборудования, специальных автоматизированных приспособлений и устройств и специального режущего и измерительного инструмента.

Метод получения заготовки зависит от конструкции детали, размера выпуска и оказывает решающее влияние на механическую обработку. При разработке типовых технологических

процессов для массового и крупносерийного производства нужно отказаться от методов получения грубых заготовок (из куска металла, свободная ковка, ручная формовка и т. д.). Механическая обработка заготовок с большими припусками резко повышает трудоемкость и стоимость изготовления детали. Расход металла на деталь увеличивается в 2–3 раза.

В процессе классификации деталей к одному классу и группе отнесены детали, имеющие подобные формы и аналогичные процессы изготовления [5]. Детали разбиты на шесть классов: корпусные детали (I класс), круглые стержни (II класс), полые цилиндры (III класс), диски (IV класс), некруглые стержни (V класс) и крепежные детали (VI класс). Каждый из первых пяти классов имеет четыре группы деталей (к – крупные, с – средние, н – небольшие, м – мелкие), а шестой – одну группу.

Корпусные детали (I класс) входят почти во все машины и механизмы и являются распространенными, а потому введены в отдельный класс. Особо следует выделить из этого класса детали группы «к», отличительной особенностью обработки которых является применение крупногабаритных станков и грузочно-разгрузочных устройств.

Несмотря на большое разнообразие конструктивных форм корпусных деталей (блоки цилиндров, картеры, крышки, стойки, кронштейны, плиты, угольники и др.), их можно изготавливать по сходным технологическим процессам.

Круглые стержни (II класс) охватывают детали, имеющие цилиндрическую форму и длину, значительно превышающую основной диаметр вала. К ним относятся: обыкновенные валы, коленчатые и кулачковые валы, валы с зубчатыми венцами, круглые стойки, крестовины, трубы, клапаны, толкатели и др. Все эти детали имеют сходные технологические процессы, хотя внешняя форма их различна. Типовые процессы обработки деталей данных типов имеют некоторое отличие, что должно найти отражение в вариантах процессов их изготовления; например, в технологическом процессе изготовления коленчатого вала – обработка шатунных шеек, а в технологическом процессе изготовления распределительного вала – обработка кулачков.

Полые цилиндры (III класс) охватывают детали, близкие к

форме полого цилиндра, и детали вращения со сложной наружной или внутренней формой. К ним относятся барабаны, поршни, чашки сателлитов дифференциала, ступицы колес, стаканы и др. Характерной конструктивной особенностью деталей этого класса являются несколько концентрически расположенных полых цилиндров, а также отношение наружного наибольшего диаметра D цилиндра к высоте h детали, равное 0,5–2,4. К главным обрабатываемым поверхностям у этих деталей относятся наружные и внутренние поверхности.

В типовых процессах изготовления сложных деталей предусматривается дополнительная обработка сложных поверхностей, а в процессах изготовления тонкостенных – операции, обусловленные тонкой стенкой детали (например, обработка вкладышей подшипников).

Диски (IV класс) охватывают тела вращения, у которых высота h меньше половины диаметра D наружного диска, т. е. $h < 0,5D$. Все детали этого класса разделены на четыре типа: 1) шкивы, маховики, тормозные барабаны, диски и фланцы, корпуса муфт, диски турбин и др.; 2) цилиндрические и конические шестерни; 3) кольца подшипников; 4) поршневые кольца двигателей. Принципиальные схемы технологического процесса изготовления этих деталей аналогичны. Типовые процессы обработки имеют некоторое различие, определяемое конструктивной особенностью деталей этого класса (например, обработка зубьев шестерен, обточка наружного диаметра поршневых колец и т. п.).

Некруглые стержни (V класс) – поперечины рам, балки переднего моста, шатуны двигателей, разные рычаги, тормозные колодки, всасывающие и выхлопные коллекторы и т. д. Детали этого класса разделены на четыре типа: 1) простые и коробчатые балки; 2) прямые рычаги; 3) кривые рычаги; 4) простые бруски. В силу конструктивных особенностей стержней каждый тип имеет некоторую особенность в технологическом процессе. В типовых процессах их изготовления эти особенности должны быть отражены.

Крепежные детали (VI класс) охватывают болты, гайки, шпильки, винты, сегментные шпонки и т. д., изготавливаемые из прутка или из бунтового материала. Крепежные детали разно-

образны, но все они входят в группу «м» (мелкие детали). Характерная особенность их: малый вес (менее 0,8 кг); наружный диаметр менее 50 мм и длина менее 150 мм. Детали данного класса подразделяются по принципиально различным процессам их изготовления (пруток или бунтовый материал круглого сечения). Типовой технологический процесс отражает последовательность операций механической обработки, тип оборудования, принцип базирования и приближенную трудоемкость при определенном выпуске деталей. На основе типового процесса разрабатывается конкретный (оптимальный) технологический процесс обработки определенной детали данной классификационной группы для заданных производственных условий.

5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

5.1. Изготовление корпусных деталей

Корпусные детали транспортной техники служат для размещения в них отдельных узлов и деталей. Конструктивной особенностью корпусных деталей является коробчатая форма [5].

Этот класс деталей имеет большой удельный вес в машинах не только в количественном отношении, но также по трудоемкости и себестоимости изготовления. Они имеют сложную форму, у них нет простых и надежных поверхностей, которые могли бы служить базами при установке их в станочных приспособлениях для обработки и транспортирования от станка к станку. По этой причине обработка и транспортирование корпусных деталей от станка к станку происходит, как правило, в специальном приспособлении-спутнике.

Установочными базами при обработке часто являются плоскость и два точных отверстия (технологических). Базы остаются неизменными на протяжении всего технологического процесса обработки детали, что обеспечивает высокую точность обработки и позволяет использовать на всех операциях приспособления однообразной конструкции.

Если базовые поверхности корпусной детали не имеют достаточной протяженности или на ней отсутствуют базовые отверстия, то в этом случае создают дополнительные технологические базы с отверстиями на них, и деталь обрабатывают от этих баз.

Для обработки корпусных деталей широко используют автоматические линии, на которых выполняют разнообразные механические операции – фрезерование, протягивание, сверление, нарезание резьбы, растачивание, хонингование и др. Кроме механической обработки, на автоматических линиях выполняют отдельные сборочные операции (запрессовку втулок, затягивание болтов), промывку, испытание и контроль.

Корпусные детали изготавливают главным образом в виде отливок из серого и ковкого чугунов и из алюминиевых сплавов. Габарит и вес литых корпусных деталей, материал и способ получения отливки являются важными характеристиками, определяющими толщину стенок деталей. Например, для деталей из серого чугуна, отлитых в земляные формы, допускается толщина стенок 3–4 мм для мелких и небольших, 6–8 мм для средних и 15–20 мм для крупных деталей. В корпусных деталях из ковкого чугуна толщина стенок 3–6 мм. Детали, полученные литьем в оболочковые формы, имеют толщину стенок до 2 мм.

Литые корпусные детали из алюминиевых сплавов имеют следующую толщину стенок: при литье в землю – 3–5 мм для мелких и небольших и 5–8 мм для средних деталей. При литье под давлением толщина стенок может быть 1,5 мм.

Несмотря на большое разнообразие конструктивных форм и размеров корпусных деталей транспортной техники, технологические процессы изготовления таких деталей во многом сходны.

5.1.1. Изготовление крышки коробки передач

Назначение детали. В крышке коробки передач (рис. 5.1) размещается механизм переключения передач, состоящий из скользящих стержней, рычага и вилки переключения передач. Крышка коробки передач не является нагруженной деталью, поэтому к материалу для изготовления крышки не предъявляются особых требований, и она изготавливается из серого чугуна СЧ 15-32.

Конструкция крышки сложна, но все поверхности, подвергающиеся обработке на станках, доступны, имеют небольшой диаметр или незначительную длину обработки. Поэтому крышка обрабатывается на автоматической линии.

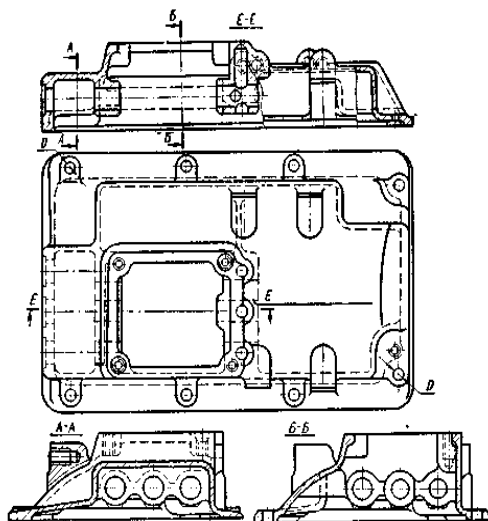


Рис. 5.1. Крышка коробки передач

Получение заготовки. Крышка коробки передач имеет полости сложной конфигурации, относительно малые толщины стенок и ребер, что создает определенные трудности литья и, в частности, сложность изготовления стержней и формовки крышки.

Заготовку крышки отливают в земляные формы, полученные по металлическим моделям машинной формовкой. Особенностью литья крышки является возможность использования вместо одного двух стержней.

Один из них представляет собой как бы зеркальное отражение другого стержня, однако конфигурация их несколько различна. Разъем стержней осуществляется по плоскости, поэтому они сушатся на простой плоской плите.

При использовании двух стержней промежутки между ними заполняют земляным болваном. Затем зачищают на наждачном станке приливы, литейные швы и остатки литников, а в недоступных местах для наждачного станка их обрубают пневматическим молотком. При необходимости заваривают дефектные

места, и в этом случае отливка вновь поступает в очистное отделение для повторной очистки в дробеметном барабане. Затем внутренние стенки отливки красят маслостойкой краской и проверяют качество окраски внешним осмотром (выборочно 2–3 %), после чего заготовки поступают в механический цех на обработку.

Механическая обработка. Механическая обработка крышки сводится к фрезерованию плоскостей, к сверлению, зенкерованию и цекованию многочисленных отверстий, а также к нарезанию резьбы в некоторых из них.

Сначала выполняют операции, связанные со снятием наибольших слоев металла. Такими операциями являются фрезерование плоскостей и сверление отверстий.

При обработке на автоматической линии используют постоянные базы – плоскость прилегания крышки к картеру коробки передач и два установочных отверстия.

Базы обрабатываются вне автоматической линии на агрегатных станках: вертикально-фрезерном и вертикально-сверлильном. На агрегатном фрезерном станке фрезеруется плоскость прилегания крышки к картеру коробки передач, а на вертикально-сверлильном сверлятся шесть отверстий для крепления крышки к картеру и сверлятся и развертываются два установочных отверстия. Базирование заготовки при этом осуществляется по необработанным поверхностям бобышек. Поэтому в технических условиях на заготовку крышки к поверхностям бобышек предъявляются повышенные требования; они должны быть чистыми, гладкими и без литейных уклонов.

Автоматическая линия состоит из агрегатных станков, связанных транспортным автоматическим механизмом. Агрегатные станки линии оснащены нормализованными силовыми головками, что значительно снижает их стоимость по сравнению со стоимостью специальных станков.

Силовые головки снабжены встроенными в них гидроприводами подачи и, таким образом, являются полностью независимыми узлами, осуществляющими как главное движение, так и движение подачи.

Автоматическая линия имеет 12 позиций: девять позиций – для обработки крышек, две позиции – для контроля и одну позицию – для очистки детали.

Надежность фиксации заготовки и сохранение ориентировки при транспортировании и обработке на автоматической линии обеспечивается приспособлением-спутником (в дальнейшем для краткости будем называть его спутником).

Заготовка устанавливается поверхностью прилегания к картеру коробки передач на пять опор (пластин), фиксируется по двум установочным отверстиям штифтами и закрепляется четырьмя накладными прихватами путем завинчивания гаек специальным гайковертом.

Спутник смонтирован на центральной станине, к которой с двух сторон пристроены станины для установки силовых головок. Фиксация спутника осуществляется по гнездам-отверстиям, имеющимся в основании спутника, специальными выдвижными снизу пальцами центральной станины.

Спутник транспортируется на следующую позицию автоматическим транспортным механизмом, показанным на рис. 5.2.

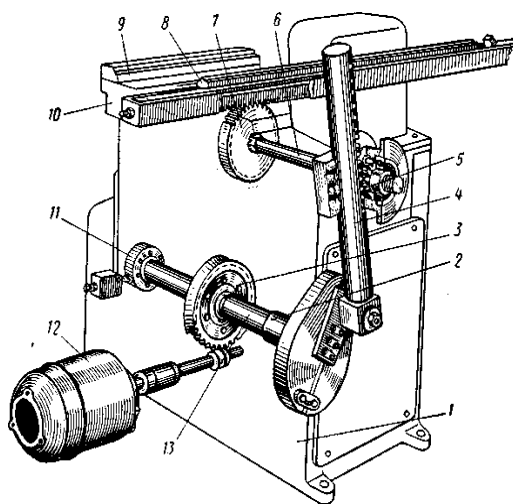


Рис. 5.2. Автоматический транспортный механизм

На нижней станине 1 закреплена верхняя станина 10, на которой установлены и закреплены две направляющие 9 для спутников и две направляющие 8 для толкающей штанги. Электродвигатель 12 при помощи редуктора 3 приводит в действие коленчатый вал 2 и шатун 4. Зубчатая рейка шатуна находится в зацеплении с шестерней 5, закрепленной на валу 6, на котором установлена также шестерня 7.

Возвратно-поступательное движение шатуна 4 приводит в реверсивное вращение шестерню 5, а, следовательно, и шестерню 7. Последняя сообщает транспортной штанге возвратно-поступательное движение.

Между закрепленной шестерней на валу 13 и коленчатым валом 2 находится силовой предохранитель, разъединяющий эти валы при аварии линий. Для этой цели служат кулачки 11, закрепленные на валу 13.

Поворот спутника на линии производится пневматическим поворотным устройством вильчатого типа.

5.1.2. Изготовление блоков цилиндров автомобильных и тракторных двигателей

Конструктивные и технологические особенности блоков цилиндров. Блок цилиндров автомобильного или тракторного двигателя является наиболее крупной и сложной корпусной деталью. В блоке размещаются отдельные механизмы и узлы двигателя, точность взаимного расположения которых достаточно высока (кривошипно-шатунный механизм, газораспределительный механизм, масляный насос и др.). К блоку цилиндров крепятся головка блока, картер сцепления, поддон картера, крышка распределительных шестерен, водяной насос и т. д.

По расположению цилиндров блоки бывают рядными (рис. 5.3, а) и V-образными (рис. 5.3, б); по расположению клапанов – с нижним и верхним расположением клапанов.

Автомобильные V-образные двигатели среднего литража изготавливают из алюминиевых сплавов с мокрыми чугунными гильзами и верхним расположением клапанов; малолитражные

(обычно рядные) – из чугуна или алюминиевого сплава с сухими полугильзами.

Блоки цилиндров для тракторных двигателей делают из чугуна с мокрыми гильзами и верхним расположением клапанов. Для придания блоку большей жесткости его отливают с верхней частью картера (блок-картер).

Толщина стенок водяных рубашек в чугунных блоках 4–7 мм, колебание толщины стенки в пределах 1,5–2 мм.

В алюминиевых блоках толщина стенок обычно больше, чем в чугунных на 1,5–2 мм.

Сложная конструктивная форма блоков цилиндров, а также относительно тонкие стенки и ребра различной толщины являются причиной деформации литой заготовки при ее остывании. Поэтому с целью выявления дефектов литья и обеспечения наименьшей деформации детали при чистовой обработке на первых операциях технологического процесса механической обработки удаляют припуск с поверхностей большой площади и протяженности. Для рядного блока (рис. 5.3, *a*) к ним относятся: верхняя и нижняя, передняя и задняя плоскости, обрабатываемые обычно как вне, так и на автоматической линии. Верхняя (прилегание к головке блока) и нижняя (прилегание к поддону) плоскости обрабатываются на барабанно-фрезерных или протяжных станках. Передняя (прилегание к крышке распределительных шестерен) и задняя (прилегание к картеру сцепления) плоскости фрезеруются на продольно- или барабанно-фрезерных станках.

При обработке верхней и нижней плоскостей заготовка блока цилиндра устанавливается по четырем вспомогательным платикам – боковым приливам *a* и *b*, попарно лежащим в одной плоскости.

Пластики перед этим фрезеруются; блоки базируются по двум крайним черновым отверстиям цилиндров и полуотверстиям гнезд под коренные подшипники. Ориентирование блока вдоль оси коленчатого вала осуществляется коническими ловителями.

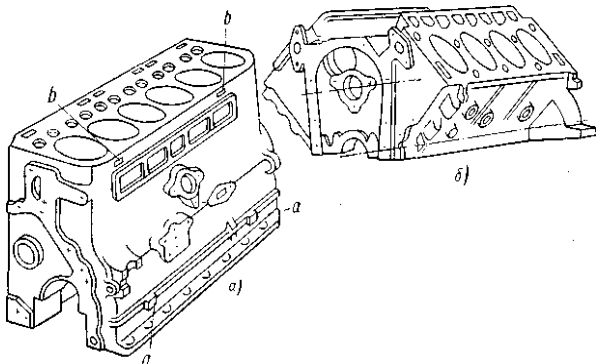


Рис. 5.3. Блоки цилиндров: *а* – рядный, *б* – V-образный

Два установочных отверстия сверлят и развертывают при базировании блока по двум нижним пластикам и нижней плоскости. Также базируется блок и при фрезеровании передней и задней плоскостей.

На автоматической линии обрабатывают посадочные поверхности, крепежные и другие мелкие (до 25 мм) отверстия. При этом используют постоянные чистовые базы – нижнюю плоскость блока с двумя установочными отверстиями.

Блок с V-образным расположением цилиндров (рис. 5.4) базируется по плоскости *а* и двум установочным отверстиям *д*. Эти поверхности обрабатываются на автоматической линии; в качестве баз используются вспомогательные плоскости *б* на пластиках и поверхности *в* и *г* гнезд коренных подшипников. Предварительное ориентирование блока на автоматической линии производится по плоскостям *е* пластиков.

Технологической особенностью блока цилиндров (как и других корпусных деталей) является обеспечение высокой точности и взаимного расположения плоскостей и посадочных отверстий, обрабатываемых с двух сторон при одном его положении. Особо следует указать на обеспечение точности размеров и формы зеркала цилиндров и гнезд (постелей) под вкладыши коренных подшипников, расположения плоскости под головку блока к оси коренных подшипников, а для гильзованных двигателей – посадочных поясков.

При растачивании отверстий цилиндров негильзуемых блоков или блоков с сухими гильзами необходимо обеспечивать равномерное снятие припуска.

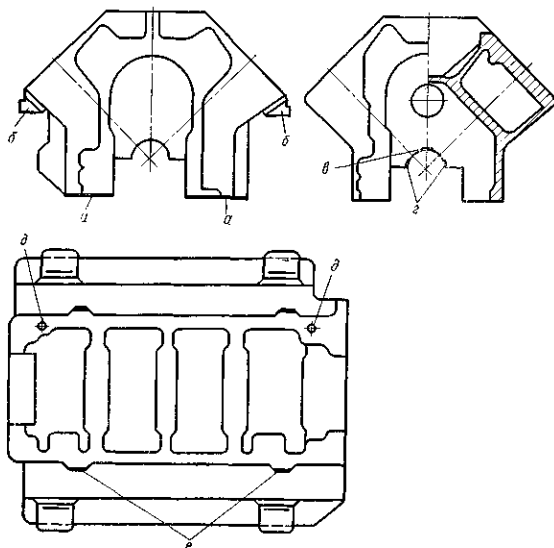


Рис. 5.4. V-образный блок цилиндров

Получение заготовок блоков цилиндров. Блок цилиндров является сложной и трудоемкой отливкой. Большое число полостей сложной конфигурации, относительно тонкие наружные и внутренние стенки, ребра жесткости и высокие требования к качеству отливки предопределяют сложность технологии изготовления стержней и увязки их, а также сложность формовки блока.

Для обеспечения точности размеров и формы сложных стержней их склеивают в специальных приспособлениях. Также при помощи приспособлений монтируют стержни в верхней и нижней полуформах.

Заготовки блоков из чугуна получают литьем в сырые земляные формы; формовку осуществляют машиной по металлическим моделям. Учитывая сложность заготовки блока, чугунную

отливку выбивают из опоки при температуре не выше 600°, а стержни при температуре около 400 °С.

Допуск на толщину стенок цилиндров, водяной рубашки и газовых каналов не более 2 мм.

Отливка должна иметь мелкозернистую и плотную структуру. Не допускаются раковины, шлаковые засоры, трещины и другие литейные дефекты. Основные поверхности и боковые площадки должны быть ровными и чистыми.

Следы удаленных литников, выпоров, прибылей и заусенцев зачищаются в дробеметных камерах. В них же тщательно очищаются от земли и песка внутренние полости блока. Необработанные поверхности окрашивают.

Не оговоренные в чертеже литейные радиусы принимаются равными 5 мм, а литейные уклоны – не более 2°.

Твердость чугуновых заготовок HB 163–241, в зависимости от марки серого чугуна.

Блоки цилиндров автомобильных двигателей из легких сплавов получают двумя способами: литьем в металлические формы (кокильное литье) или литьем под давлением (металлические пресс-формы). Блоки получают более легкими и требуют меньшей механической обработки по сравнению с чугунной заготовкой блока. В заготовке блока из алюминиевого сплава обрабатываются поверхности точных соединений и привалочные плоскости.

Технические условия на механическую обработку. При механической обработке блока цилиндров основные поверхности должны быть изготовлены с высокой степенью точности размеров, взаимного расположения и малой шероховатостью:

- неплоскостность верхней и нижней поверхностей не более 0,08 мм на длине 100 мм; неплоскостность передней и задней поверхностей (торцов) до 0,05 мм на длине 50 мм;

- точность диаметра цилиндров по 2-му и 2а классам, конусность и овальность по всей длине зеркала цилиндра 0,01–0,02 мм, шероховатость поверхности по 10–11-му классам чистоты;

- точность диаметра отверстий под вкладыши коренных подшипников по 1-му классу; конусность и овальность их до 70

% от допуска на диаметр; шероховатость поверхности по 9–10-му классам чистоты;

- перпендикулярность осей цилиндров к оси коленчатого вала 0,03–0,05 мм на длине 200 мм и до 0,07 мм на всей длине цилиндра;

- перпендикулярность заднего торца блока к оси коленчатого вала 0,07 мм на длине 100 мм торца;

- точность диаметра отверстий под кулачковый вал по 2-му классу; шероховатость поверхности по 7-му классу чистоты, непараллельность осей отверстий под коленчатый и кулачковый валы 0,05–0,08 мм на всей длине блока;

- точность диаметра отверстий направляющих втулок клапанов, запрессованных в блок, по 2-му–2а классам;

- шероховатость цилиндрических поверхностей направляющих втулок под толкатели по 7–8-му классам чистоты;

- биение конических поверхностей седел клапанов по отношению к оси втулок 0,04 мм, шероховатость этих поверхностей по 9–10-му классам чистоты;

- неплоскостность боковых поверхностей блока до 0,03 мм на всей длине.

Контроль блоков цилиндров. Контроль блоков цилиндров является трудоемким процессом, автоматизация которого в отдельных случаях затруднительна.

Помимо внешнего осмотра блока, проверяется точность взаимного расположения плоскостей и соосность поверхностей.

При обработке блока на автоматических линиях для контроля отверстий под все коренные подшипники и под подшипники распределительного вала наибольшее распространение получили контрольные устройства с пневмоэлектрическими датчиками. Эти устройства обеспечивают получение диаметра отверстия в заданных пределах, а также сигнализируют об условном браке, когда отклонение от наименьшего диаметра отверстия находится в заданном пределе.

Если диаметр отверстия вышел за установленные пределы, то дается соответствующий световой сигнал; при повторении сигнала автоматическая линия останавливается.

Для контроля отверстий под гильзы цилиндров и глубины выточки в них используется специальное контрольное устройство с электроконтактными датчиками светофорного типа. Сигнализация о невхождении пробок в контролируемое отверстие осуществляется при помощи микропереключателей, при этом дается сигнал на остановку линии и включается светофор на измерительном устройстве. Пробки, диаметры которых на 0,1 мм меньше номинального диаметра отверстий, имеют пазы для размещения измерительных контактов.

Для проверки параллельности осей гнезд коренных подшипников и подшипников распределительного вала используется индикаторное приспособление. В подшипники распределительного вала и в гнезда коренных подшипников вводят скалки и выбирают зазоры. Затем на конце скалки гнезд коренных подшипников навешивают кронштейн с двумя индикаторами, расположенными перпендикулярно. Мерные лапки индикаторов контактируют со скалкой распределительного вала и фиксируют показание индикаторов. После этого кронштейн переставляют на противоположные концы скалок и фиксируют вновь показание индикаторов. По разности показаний двух измерений определяют смещение осей отверстий от заданного их положения.

Индикаторные приспособления со скалками используют для контроля положения осей толкателей относительно оси подшипников распределительного вала и для проверки расстояния от оси распределительного вала до плоскости крепления масляного насоса. В первом случае скалка вводится в подшипник распределительного вала, а плунжер – в отверстие под толкатель. После устранения зазоров между отверстиями и вставленными в них скалкой и плунжером по индикатору, контактирующему со скалкой и установленному на съемном кронштейне, навешенном на плунжере, проверяется перпендикулярность отверстий под толкатель к оси подшипников распределительного вала. Во втором случае одна скалка вставляется также в подшипники распределительного вала, а другая, в которой эксцентрично расположен шток с индикатором, – в отверстие под масляный насос. На конце штока имеется стакан с двумя конусами, обращенными друг к другу вершинами. При проворачивании

скалки в отверстии под масляный насос стакан с конусами контактирует со скалкой распределительного вала и по показанию индикатора определяют точность выполнения расстояния от оси распределительного вала до плоскости крепления масляного насоса.

5.2. Изготовление деталей класса «круглые стержни»

5.2.1. Конструктивные и технологические особенности деталей класса «круглые стержни»

Общая схема построения технологического процесса обработки деталей этого класса может быть представлена следующим образом:

- а) изготовление заготовки из прутка или трубы, горячая штамповка или литье;
- б) базирование деталей при механической обработке по центровым отверстиям или по поверхностям шеек;
- в) токарная обработка с поворотом детали;
- г) при обработке длинных валов предварительная обточка или шлифование шеек под люнеты;
- д) обработка фасонных поверхностей;
- е) обработка второстепенных поверхностей;
- ж) при необходимости – термообработка;
- з) шлифование после термообработки;
- и) балансировка;
- к) доводочная обработка.

Рассмотрим технологические процессы изготовления коленчатого, распределительного и ступенчатого валов.

На рис. 5.5 показана конструкция коленчатого вала автомобильного двигателя.

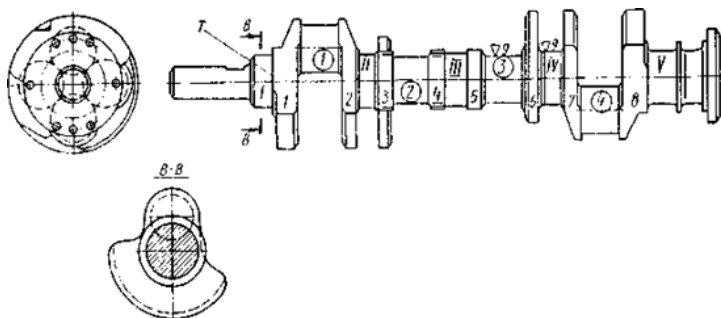


Рис. 5.5. Коленчатый вал автомобильного двигателя

Коленчатый вал автомобильного или тракторного двигателя воспринимает усилия, действующие на шатунно-поршневую группу при взрывах рабочей смеси в цилиндрах двигателя, и передает крутящий момент на трансмиссию машины. В работе он испытывает сложные нагрузки, подвергаясь скручиванию и изгибу. Конструктивные особенности и размеры коленчатого вала зависят от типа двигателя, числа цилиндров и расположения их в двигателе. По количеству опор коленчатые валы автомобильных и тракторных двигателей бывают двух- и девятиопорными. Кривошипные шейки коленчатых валов располагаются в одной плоскости, под углом 90 или 120°. В некоторых конструкциях коленчатых валов предусматриваются противовесы. Передняя часть коленчатого вала, как правило, передает крутящий момент на механизм распределения и систему охлаждения. Поэтому на передней части его находятся посадочные шейки и шпоночные пазы. Задний конец коленчатого вала служит для передачи крутящего момента от двигателя на трансмиссию. Часто он выполняется с фланцем для крепления маховика, но имеются конструкции коленчатых валов и без фланцев. Для обеспечения надлежащей смазки поверхностей трения шатунных шеек в теле коленчатого вала сверлятся масляные каналы или вставляются специальные трубки в отливках для нагнетания масла из зоны коренных подшипников к шатунным шейкам.

Ориентировочно автомобильные и тракторные коленчатые валы имеют следующие размеры: длина 500–1200 мм; диаметр коренных шеек 40–95 мм, длина их 30–90 мм; диаметр шатунных

шеек 40–90 мм, длина их 40–90 мм; радиус кривошипа 35–105 мм; диаметр масляных каналов 6–10 мм. Точность изготовления коленчатых валов характеризуется следующими данными:

- допуск на диаметр коренных и шатунных шеек 0,01–0,025 мм;
- допускаемое относительное биение коренных шеек 0,01 – 0,05 мм;
- допускаемое биение торца фланца 0,02–0,05 мм;
- овальность и конусность шеек вала 0,006–0,02 мм.

Наряду с цельными коленчатыми валами иногда применяются составные валы. Обработка коренных и шатунных шеек коленчатых валов должна обеспечить высокую точность их углового расположения. Шейки валов упрочняют поверхностной закалкой, в т. ч. на глубину 3–5 мм до твердости HRC 48–62. Поверхностная закалка повышает механическую прочность, сопротивление истиранию и усталостную прочность шеек коленчатых валов. Усталостная прочность повышается за счет остаточных напряжений сжатия на поверхности шеек.

Часто дополнительно обкатывают роликами галтели шеек коленчатых валов, что способствует возникновению напряжений сжатия, а, следовательно, повышению усталостной прочности участков перехода от цилиндрической части шеек к щекам валов.

При изготовлении коленчатых валов особое внимание обращается на погрешности формы коренных и шатунных шеек (овальность, конусность, гранность), наличие которых приводит к уменьшению поверхности действительного контакта трущихся пар и повышает их износ. Несоосность, непараллельность шеек, а также погрешность углового расположения шеек строго регламентируются для обеспечения надежной работы двигателя. Поэтому шейки коленчатых валов изготавливаются по 1 и 2-му классам точности, по 8–10-му классам чистоты.

Обработанные коленчатые валы подвергаются динамической балансировке, чем обеспечивается надежность работы двигателя на различных режимах за счет снижения циклических нагрузок на опоры вала. После сборки двигателя вал повторно балансируется вместе с шатунно-поршневой группой и сцеплением.

Исходя из служебного назначения коленчатых валов, применяют следующие материалы для их изготовления: сталь 45, 45Х, 45Г2, 50Г, 18ХНМА, 18ХНВА, 40ХНМА, модифицированный чугун.

5.2.2. Технологический процесс изготовления коленчатого вала

Получение заготовки. Заготовки коленчатых валов получают горячей штамповкой и литьем. Кованые коленчатые валы изготавливаются из углеродистых и легированных сталей, а литые валы – из высокопрочных глобулярных чугунов, из ковких перлитных чугунов и легированных сталей. Литье выполняется в земляные и оболочковые формы. Последний метод является более прогрессивным, так как он обеспечивает более высокую точность заготовки, снижает припуски на механическую обработку, а в некоторых случаях полностью ее устраняет.

Изготовление заготовок коленчатых валов горячей штамповкой отвечает требованиям поточно-массового производства, т. к. этот метод приближает форму и размеры заготовки к форме и размерам готовой детали за счет применения специальной технологической оснастки и специального оборудования, что снижает отход металла в стружку при механической обработке. При этом обеспечивается выгодное расположение волокон в металле, что повышает прочностные показатели детали. Исходным материалом для заготовки служит сталь 45, имеющая твердость в нормализованном виде НВ 163–197. Заготовка коленчатого вала изготавливается из штанги квадратного сечения 120х120 мм, длиной 875 мм, весом 96,95 кг. Отход на угар, заусенцы и клещевину составляет 40 %. Поковка коленчатого вала весит 58 кг. Требования, предъявляемые к качеству поковки: штамповочные уклоны максимум 5°; неоговоренные радиусы – не более 3 мм; поверхности вала, не подлежащие обработке, должны быть чистыми (без окалины, закатов, плен, расслоений и трещин); не допускается устранение дефектов зачеканкой и заваркой; твердость поковки НВ 163–197.

Заготовка подвергается термообработке (нормализации), это регламентирует твердость, снимает внутренние напряжения, что обеспечивает более производительную и качественную механическую обработку. При изготовлении горячештампованных заготовок коленчатых валов требуется обеспечить особенно высокое уплотнение металла в местах наибольших напряжений (по коренным и шатунным шейкам) за счет качественной проковки.

Технологические процессы изготовления горячештампованных заготовок коленчатых валов обеспечивают кривизну вала 1,0–1,3 мм, овальность шеек 1,5–2,0 мм, продольный и поперечный перекосы 1,0–2,0 мм, неперпендикулярность торца фланца 0,5–0,8 мм, припуски по диаметру шеек 5,0–6,5 мм, припуски по торцам щек 3,0–4,0 мм.

В условиях крупносерийного и массового производства заготовки стальных коленчатых валов штампуются на ковочных прессах, это обеспечивает более высокую производительность (до двух раз) по сравнению со штамповкой на молотах. Кроме того, штамповка на прессах повышает точность заготовки за счет уменьшения штамповочных уклонов и позволяет снизить припуски на механическую обработку (на 30–40 %) за счет лучшего обжатия металла в штампах и повышения точности формы заготовки. Лучшие результаты получаются, когда сочетаются штамповка на ковочных прессах с высадкой фланца на ГKM. Горячештампованные заготовки коленчатых валов изготавливаются по 8–9-му классам точности.

Заготовки чугунных коленчатых валов получают литьем в земляную или оболочковую форму. При литье валов коренные и шатунные шейки изготавливают полыми за счет установки литейных стержней. У крупных литых валов делают полыми и щеки, что снижает вес вала. У литых валов исключается трудоемкая обработка масляных каналов, так как при отливке вала ставятся специальные трубки. Структура литого вала способствует лучшему гашению вибраций при работе двигателя. При отливке в земляную форму в качестве связующего используют жидкое стекло, которое скрепляет форму при продувке ее углекислым газом.

Более прогрессивным методом изготовления заготовки коленчатых валов является литье высокопрочного глобулярного чугуна в оболочковые формы. Литье в оболочковые формы обеспечивает высокий коэффициент использования металла, высокое качество отливки, точность до 5-го класса и чистоту до 4-го класса. Высокая точность отливки позволяет сократить трудоемкость механической обработки (на 20–25 %) за счет уменьшения припусков. Литые валы лучше обрабатываются, менее чувствительны к концентрации внутренних напряжений и имеют меньшую начальную неуравновешенность, что облегчает условия эксплуатации станков и инструментов.

В условиях крупносерийного и массового производства изготовление оболочковых форм на основе термореактивных смол может быть организовано по полуавтоматическому или автоматическому циклу, а литье деталей в оболочковые формы производится на конвейере. Эти особенности оболочкового литья позволяют сократить технологический цикл изготовления заготовок коленчатых валов, потребность в площадях заготовительных цехов, а также потребность в формовочных материалах в 10–15 раз. Литые заготовки коленчатых валов подвергают термообработке (нормализация, отжиг) с целью снятия внутренних напряжений и выравнивания структуры. После термообработки литой вал правят в горячем состоянии. Отливки коленчатых валов характеризуются следующими данными: припуски по диаметру шеек 3,0–3,5 мм; смещение отливки по линии разъема формы 0,2–0,4 мм; припуски по торцам со стороны шеек 1,5–2,0 мм; овальность шеек 0,5–1,0 мм; кривизна вала 1,0–1,5 мм.

Механическая обработка автомобильных и тракторных коленчатых валов. Технологический процесс механической обработки коленчатых валов усложняется в связи с тем, что они имеют сложную конструкцию недостаточной жесткости и сравнительно легко деформируются под действием сил резания, в то время, как высокие требования к точности обрабатываемых поверхностей вызывают особые требования к выбору методов базирования, закрепления и обработки вала, а также к последовательности, сочетанию операций и выбору оборудования. Как правило, базами коленчатого вала принимаются поверхности

его опорных шеек. Однако не на всех операциях механической обработки можно использовать эти базы. В некоторых случаях на отдельных операциях за технологическую базу принимают поверхности центровых отверстий. Как правило, после обработки технологической базы в виде центровых отверстий обработку вала ведут с дополнительной опорой в средней его части. Кроме того, снятие припуска при механической обработке разбивается на ряд операций (черновая, получистовая, чистовая, доводочная), что позволяет снижать усилия резания, а, следовательно, и упругие отжатия по мере приближения размеров заготовки к заданным размерам по чертежу вала. Существенное влияние на конечный результат обработки коленчатого вала оказывает установление надлежащего порядка обработки поверхностей. Более ответственные и точные поверхности должны обрабатываться последними со снятием минимальных припусков. Точность механической обработки повышается за счет холодной правки вала в процессе механической обработки. При обработке шатунных шеек они устанавливаются со смещением от оси коренных шеек на величину радиуса криво шипа вала, а в угловом положении ориентируются по обработанным площадкам на щеках. На точность обработки влияют усилия закрепления вала на отдельных операциях, поэтому следует регламентировать их (величину и место приложения).

Сложность конструкций коленчатых валов и большое количество разнообразных технологических операций являются значительным затруднением в направлении полной автоматизации процессов механической обработки. В связи с этим автоматизация изготовления коленчатых валов осуществляется за счет создания отдельных автоматических участков и высокопроизводительных автоматических станков для отдельных видов обработки: подрезка торцов и центровка, токарная обработка коренных и шатунных шеек, сверление отверстий, шлифование, суперфиниширование, динамическое балансирование.

При автоматизации технологических процессов обработки коленчатых валов синхронизацию работы оборудования осуществляют за счет разделения лимитирующих операций, примене-

ния взаимозаменяемой инструментальной оснастки с принудительной сменой инструмента.

Воздействие сил резания на отдельных операциях вызывает деформацию обрабатываемого коленчатого вала, что вынуждает включать в технологический процесс его обработки многократные правки на прессах. В зависимости от конструкции коленчатого вала и типа производства количество правок может достигать 6–10. В то же время правка вызывает внутренние напряжения, которые могут привести к деформации вала при последующей обработке. С этих позиций правки следовало бы избегать, но сокращение или полное устранение правок вызовет увеличение припуска на обработку, что ведет к повышению трудоемкости механической обработки.

Из приведенного ниже процесса механической обработки видно, что фрезерование торцов, центровка вала и обработка базовых площадок на щеках вала выполняются на автоматических линиях. На линию обработки заготовки подаются подвесным транспортером, а на рабочую позицию – кран-балкой с тельфером. При этом вал устанавливается по поверхностям коренных шеек в самоцентрирующие призматические зажимные губки приспособления. Фиксация в осевом направлении осуществляется по щекам, а угловая ориентация – по шатунной шейке.

Токарная обработка коренных шеек, переднего и заднего концов вала производится на специальном многорезцовом полуавтомате с центральным приводом. При этом деталь устанавливается по центровым отверстиям, осевая фиксация производится по центральному отверстию во фланце, а в угловом положении – с помощью фрезерованных базовых площадок на щеках. В этом случае вращающий момент передается от центрального привода через щеки вала.

Таблица 5.1

Схема автоматизированного технологического процесса
обработки коленчатого вала автомобиля

Операция	Оборудование
Фрезерование торцов вала	Две автоматические линии:
Обработка центровых отверстий	двусторонний фрезерный автомат
	двухсторонний трёхшпиндель- ный сверлильный автомат
Фрезерование базовых площадок на щеках вала	Двухшпиндельный фрезерный автомат
Предварительное обтачивание всех коренных шеек, шейки под саль- ник, шейки под шкив и под шес- терню	Специальный многолезцовый полуавтомат с центральным при- водом
Окончательное обтачивание тех же поверхностей	То же
Правка коренных шеек с точно- стью 0,15 мм относительно оси центровых отверстий	Гидравлический пресс с усилите- лем 35 Т
Предварительное шлифование ко- ренных шеек и шейки под сальник	Специальный шлифовальный полуавтомат
Предварительное шлифование шейки под шкив и шестерню	То же
Протачивание маслосгонной ка- навки	Специальный автомат
Подрезка щеки и противовесов, прилегающих к шатунным шей- кам, предварительное протачива- ние шатунных шеек	Специальный четырёхшпиндель- ный полуавтомат
Окончательное протачивание ша- тунных шеек под шлифование (выдержать радиус кривошипа 47,7 – 47,3 мм и расстояние от осей ша- тунных шеек до базовых площадок 0,2 мм)	То же
Промывка вала водным раствором при температуре 80 °С	Моечная машина
Обтачивание шести противовесов	Специальный токарный полуав- томат
Сверление смазочных каналов,	Две автоматические линии:

Операция	Оборудование
отверстия под пробки и нарезание резьбы	специальный сверлильный автомат
Фрезерование шпоночного паза на хвостовике вала	специальный фрезерный автомат
Снятие фаски на выходе смазочных каналов, зачистка заусенцев в грязесборниках	—
Промывка вала и продувка каналов	Установка для промывки и продувки
Закалка т. в. ч. коренных и шатунных шеек и шейки под шкив (глубина закаленного слоя 6,7–3,3 мм, твердость HRC 62–52)	Две автоматические линии из закалочных машин т.в.ч.
Промывка и охлаждение вала водным раствором	Моечная машина
Правка коренных шеек с точностью 0,15 мм относительно оси центров	Правильный пресс с усилителем 35Т
Предварительное шлифование всех –коренных шеек и шейки под сальник (непараллельность шеек 0,006 мм, чистота поверхности по 7-му классу)	Специальные шлифовальные полуавтоматы с многокаменными наладками
Окончательное шлифование всех коренных шеек (чистота поверхности по 8-му классу)	То же
Шлифование шейки под шкив и шейки под шестерню (чистота поверхности по 7-му классу)	Круглошлифовальный полуавтомат с бабкой, расположенной под углом
Шлифование цилиндрической поверхности и торца фланца вала	Круглошлифовальный полуавтомат
Шлифование шатунных шеек (чистота поверхности по 7-му классу)	Специальный шлифовальный полуавтомат
Сверление отверстий во фланце (точность расположения отверстий 0,15 мм между осями)	Специальный трёхсторонний сверлильно - фрезерный полуавтомат
Сверление отверстия с другой стороны под храповик	
Зенкерование отверстия во фланце	
Сверление в два перехода отверстия со стороны фланца по оси	

Операция	Оборудование
коренных шеек	То же
Нарезание резьбы под храповик	
Цекование отверстия со стороны фланца с формированием фасок 0,3 мм X 120° и 2,3 мм X 60°	То же
Цекование отверстия под храповик с формированием фаски 3,1 мм X 60°	То же То же
Правка коренных шеек с точностью 0,03 мм относительно оси центров	То же
Растачивание отверстия под подшипник со стороны фланца и базирующих фасок с двух сторон вала	Правильный пресс
Динамическая балансировка	Специальный алмазно-расточной полуавтомат
Окончательная правка коренных шеек с точностью 0,03 мм	
Предварительное и окончательное полирование всех коренных и шатунных шеек и шейки под сальник (чистота поверхности по 9-му классу)	Две автоматические линии из специальных балансировочных и сверлильных автоматов
Промывка вала	Правильный пресс
Окончательный контроль качества	Специальный полировальный суперфинишный станок
	Моечная машина
	—

Обработка ведется широкими и фасонными резцами с переднего и заднего суппортов по методу врезания, с гидравлической бесступенчатой подачей суппортов.

В других условиях обработки обтачивание коренных шеек может производиться по другому варианту, т. е. сначала обтачивают и шлифуют среднюю шейку, которая используется в качестве дополнительной центральной опоры при токарной обработке остальных коренных шеек и концов вала.

При предварительном шлифовании коренных шеек и концов коленчатый вал устанавливается по центровым отверстиям, а в осевом направлении – с помощью торца со стороны конца вала. Крутящий момент передается поводком через отверстие во фланце. Овальность и конусность всех шеек при указанной обработке 0,03 мм, а чистота поверхности – по 7-му классу.

При предварительном шлифовании шеек под шкив и шестерню шлифовальные круги устанавливаются под углом к оси детали, что позволяет одновременно шлифовать цилиндрические поверхности и подрезать торцы. При шлифовании коренных шеек применяется поддерживающий гидравлический люнет. В корпусе люнета установлен поршень, на шток которого надета тарированная пружина. Через вилку к штоку прикреплен рабочий вкладыш, который служит опорой для обрабатываемой шейки коленчатого вала. Гайка ограничивает крайнее левое положение вкладыша, соответствующее заданному размеру шлифуемой шейки. Давление масла, передаваемое на поршень, преодолевает усилие пружины, перемещает поршень влево и передает через вкладыш нагрузку, уравнивающую усилие шлифования, на обрабатываемую шейку вала. При уменьшении размера шейки вала за счет снятия припуска поршень перемещается влево, при достижении требуемого размера шлифуемой шейки торец гайки дойдет до опоры, и силовое воздействие на шейку коленчатого вала прекратится.

Обточка четырех шатунных шеек производится на четырехшпиндельном полуавтомате высокопроизводительным методом. Базирование детали в этом случае производится по коренным шейкам, в осевом направлении по торцу, а в угловом положении по фрезерованным площадкам на щеках. Люнет устанавливается у третьей коренной шейки.

При этой схеме обработки вал вращается вокруг оси коренных шеек, а суппорты с закрепленными в них резцами перемещаются вместе с обрабатываемыми шейками подобно шатунам, закрепленным на этих шейках. В каждом из суппортов устанавливается по три резца: один широкий прямой для обработки цилиндрической поверхности шейки и два фасонных, расположенных по краям шеек для обточки галтелей и подрезки тор-

цов у шек. Радиальная подача резцов производится гидравлическим устройством. Применение многошпиндельных станков этого типа позволяет вести одновременно обработку всех шатунных шеек у нескольких валов с последовательным или параллельным совмещением переходов.

На этой операции обеспечивается радиус кривошипа для вала в пределах 47,7–47,3 мм, а осевое положение шатунных шеек определяется по установочным размерам до базовых площадок на щеках с точностью 0,2 мм. При других объемах производства применяется иной метод обработки шатунных шеек, при котором вал устанавливается по крайним коренным шейкам, вращается вокруг оси обрабатываемых шатунных шеек, лежащих в одной плоскости.

При этом смещается ось вращения вала на величину радиуса кривошипа. Это смещение обеспечивается конструкцией приспособления. Угловое положение фиксируется с помощью специальных установочных упоров приспособления. После обработки шатунных шеек, лежащих в одной плоскости, вал устанавливается для обработки шеек, лежащих в другой плоскости. Этот метод применяется при серийном производстве.

Сверление смазочных каналов вызывает значительные затруднения в виду малого диаметра отверстий и большой их глубины. Сечение каналов имеет переходы по диаметру, и каналы должны быть строго координированы. При сверлении таких отверстий трудно отводить стружку: часто ломаются сверла. Смазочные каналы у коренных и шатунных шеек и отверстия под резьбовые пробки у шатунных шеек коленчатого вала обрабатывают на двух автоматических линиях с автоматическим поворотом детали. Эта операция выполняется на специальных многошпиндельных многосторонних сверлильных автоматизированных станках с автоматическим многократным выводом сверл с целью удаления стружки из обрабатываемых отверстий, что исключает возможное заклинивание и поломку сверл. Эти станки, как правило, имеют предохранительное устройство для отвода сверл при перегрузках. При сверлении смазочных каналов замена сверл производится без подналадки их на станке, т. к. сверла настраивают на размер по приборам вне линии обработ-

ки. Деталь устанавливается по центровым отверстиям или по поверхностям коренных шеек, фиксирование в угловом положении осуществляется по площадкам шатунных шеек, а в осевом направлении – по левому торцу буртика коренной шейки. В условиях серийного производства обработку смазочных каналов, отверстий под пробки и нарезание резьбы в этих отверстиях выполняют на специализированных станках.

Шпоночные пазы также обрабатываются отдельно на специализированных горизонтально-фрезерных станках. После сверления смазочных каналов вал тщательно промывается, в особенности тщательно промываются смазочные каналы для полного удаления стружки после механической обработки. Ширина фрезерованного шпоночного паза должна быть в пределах 5,99–5,945 мм, точность его расположения относительно оси $\pm 30'$.

Коренные шейки вала шлифуются на специальных полуавтоматах с многокаменной наладкой. Деталь устанавливается по центровым отверстиям, в осевом положении она фиксируется по предварительно шлифованному торцу, а крутящий момент передается поводком через отверстие во фланце. На указанном шлифовальном полуавтомате шлифуются одновременно пять коренных шеек вала. При этом обеспечивается переход от цилиндрической поверхности шейки до буртика на щеке. При шлифовании фланца крутящий момент передается через первую щеку вала. При чистовом шлифовании коренных шеек точность формы (овальность, конусность) 0,01 мм, диаметр шеек 75,005–74,992 мм, а неперпендикулярность торцов шеек к оси вала – в пределах 0,012 мм на крайних точках. Чистота поверхности при окончательном шлифовании – до 8-го класса.

Экономичность многокаменного шлифования зависит от однородности характеристик шлифовальных кругов в комплекте, что вызывает необходимость изготовления для этих станков специальных шлифовальных кругов более высокого качества по сравнению со стандартными.

После шлифования диаметр шатунных шеек должен быть равен 65,505–65,492 мм и расстояние между буртами 58,12–58,00 мм. Чистота поверхности шатунных шеек при шлифова-

нии – не ниже 7-го класса. Точность взаимного расположения шатунных шеек по углу 0,2 мм. Допуск на радиус кривошипа $\pm 0,08$ мм. Некруглость шеек 0,01 мм. Непараллельность шатунных шеек относительно коренных шеек 0,01 мм. Окончательное шлифование шатунных шеек выполняется последовательно. При шлифовании шатунных шеек целесообразно использовать станки с двусторонним приводом. В условиях массового производства шлифование шатунных и коренных шеек коленчатых валов иногда выполняют на автоматических линиях.

Обработка отверстий во фланце, отверстия со стороны переднего хвостовика, нарезание резьбы под храповик выполняются при обработке коленчатого вала на полуавтоматических станках. При обработке отверстий во фланце требуется точно выдержать радиус расположения осей отверстий относительно оси коренных шеек, а также точно выдержать взаимное расположение этих отверстий. Из шести отверстий во фланце два отверстия контрольные, с допуском 0,05 мм на диаметр. Ширина фрезерованной шпоночной канавки 5,990–5,945 мм, а ее смещение относительно оси вала $\pm 0,2$ мм. Нарезание резьбы в переднем конце вала выполняется по 3-му классу точности. После обработки переднего и заднего концов вала контролируют качество обработки, и в т. ч. проверяют отсутствие трещин магнитным дефектоскопом.

Растачивание отверстий под подшипник со стороны фланца выполняется с допуском 0,037 мм, затем перецентрируют вал – растачивают базирующие фаски $3,5 \times 60^\circ$. Биение отверстия под подшипник не должно превышать 0,06 мм, а биение базирующих фасок относительно коренных шеек – 0,10 мм. Чистота поверхности отверстия должна быть не ниже 6-го класса.

Динамическая балансировка выполняется на двух автоматических линиях. Сущность динамической балансировки коленчатого вала заключается в совмещении оси инерции с осью вращения вала. Неуравновешенная масса вызывает центробежную силу, которая сообщает опорам циклические нагрузки. При вращении коленчатого вала, имеющего неуравновешенную массу, на него действует пара неуравновешенных центробежных сил, стремящихся изогнуть его. Динамическое уравнивание

коленчатых валов основано на теоретической предпосылке, согласно которой любое количество центробежных сил, действующих на коленчатый вал, может быть приведено к двум равнодействующим центробежным силам, приложенным в плоскостях двух крайних торцов вала. Чтобы уравновесить эти равнодействующие силы, необходимо добавить уравнивающие массы по торцам, которые будут развивать центробежные силы, равные по величине и направленные противоположно приведенным неуравновешенным центробежным силам, или же снять металл, соответствующий неуравновешенной массе, с места приложения центробежной силы.

Конструкцией коленчатого вала должны быть предусмотрены две плоскости для устранения дисбаланса, которые имели бы достаточные припуски для удаления необходимого металла без нарушения прочности вала.

Контроль коленчатых валов. Качество обработки вала многократно контролируется. Промежуточный контроль предупреждает попадание бракованных деталей на последующие операции обработки и помогает управлять процессом изготовления валов. Контроль коленчатых валов является трудоемкой работой, т. к. у вала в общей сложности контролируется около ста различных показателей качества, и он имеет большое количество поверхностей с высокой точностью размеров, формы и взаимного расположения. Поэтому контроль качества вала должен выполняться с применением автоматических устройств. В качестве таких устройств могут быть индикаторные с настройкой для одновременного измерения различных размеров и отклонений, а также пневматические, электроконтактные и электронные устройства.

5.2.3. Технологический процесс изготовления распределительных валов

Распределительный вал двигателя внутреннего сгорания приводит в движение толкатели клапанов, клапаны, масляный насос, распределитель зажигания и топливный насос. Соответ-

ственно выполняемой функции в механизме газораспределения конструкции распределительных валов имеют кулачки сложного профиля, зубчатый венец, эксцентрик, опорные шейки малого диаметра и сравнительно большую длину вала. На рис. 5.6 показан вал малолитражного двигателя. Как это видно из описания и приведенной конструкции, распределительные валы автотракторных двигателей являются нежесткими деталями с соотношением длины к диаметру от 15 до 35.

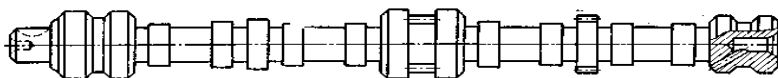


Рис. 5.6. Распределительный вал малолитражного двигателя

Точность и качество изготовления распределительных валов могут быть охарактеризованы некоторыми параметрами.

1. Опорные шейки обрабатывают по 2-му классу точности и по 8–9-му классам чистоты. Овальность и конусность шеек 0,01 мм; относительное биение опорных шеек не должно превышать 0,015–0,02 мм.

2. Допустимая неперпендикулярность упорного торца шейки к образующей – не выше 0,02–0,03; чистота его по 7-му классу.

3. Чистота рабочих поверхностей кулачков – по 8–9-му классам.

4. Отклонение оси симметрии кулачков относительно шпоночной канавки ведомой распределительной шестерни $\pm(30' - 1^\circ 30')$, отклонение профиля кулачка – в пределах $\pm(1 - 2^\circ)$.

5. Чистота зубьев венца колеса масляного насоса и распределителя – по 7-му классу.

Распределительные валы автотракторных двигателей по их длине могут быть разделены на три группы: 1) до 500 мм; 2) от 500 до 1000 мм и 3) от 1000 до 1500 мм.

Распределительные валы изготавливают из углеродистой и легированной стали, легированного чугуна. Методы изготовления заготовок: горячая штамповка и литье в земляные или оболочковые формы. Отштампованные распределительные валы отжигают или нормализуют с целью снятия внутренних напря-

жений. В процессе механической обработки стальные валы подвергают термообработке (закалке и отпуску) до твердости HRC 52–62 на глубину 2–5 мм, а на вершинах кулачков – на глубину до 10 мм. Распределительные валы, отлитые из глобулярного чугуна, в процессе механической обработки подвергают термообработке до твердости HRC 52–58.

Изготовление заготовок распределительных валов из глобулярного чугуна литьем в оболочковые формы является прогрессивным направлением в машиностроении.

Литые распределительные валы имеют вес на 10–15 % меньший веса кованых валов. У распределительных валов обычно обрабатывают торцы и центровые отверстия, опорные шейки и фланец, отверстия во фланце и шпоночную канавку, кулачки, отделяют шейки и кулачки, контролируют качество обработки. Одной из особенностей обработки распределительных валов на металлорежущих станках является недостаточная жесткость заготовок валов. Под влиянием усилий резания заготовка деформируется, что вызывает биение или закручивание отдельных ее поверхностей. Мероприятия по повышению жесткости при обработке нежестких валов, отмеченные в разделе обработки коленчатых валов (дополнительные опоры, двусторонние приводы на станках, увеличение количества операций и т. д.), могут быть использованы и при обработке распределительных валов.

Обработка торцов, центровых отверстий, опорных шеек и фланца в крупносерийном и массовом производстве выполняется на автоматизированных станках и автоматических линиях.

Кулачки штампованных валов до термообработки обрабатывают на специальных копировально-токарных и на копировально-шлифовальных станках. После термообработки кулачки шлифуют и полируют.

Кулачки литых валов до термообработки дважды шлифуют, а затем полируют. Одновременное обтачивание кулачков на станках этого типа происходит в течение 3–4 мин.

Кулачки шлифуют на копировальных станках, работающих по полуавтоматическому циклу. Время шлифования зависит в значительной степени от припусков. У штампованных распре-

делительных валов припуск на шлифование кулачков до термообработки 0,5–0,8 мм. У заготовок, отлитых в оболочковые формы или в формы с местными кокилями, припуск на первое шлифование составляет 0,8–1,2 мм, а после термообработки 0,25–0,5 мм. Каждый кулачок шлифуется по отдельному копиру последовательно. Распределительный вал устанавливают в центрах бабок. Шлифовальный круг получает поперечное перемещение от копиров через ролик, закрепленный на диске. После шлифования одного кулачка шлифовальный круг перемещается к другому кулачку, и профиль его шлифуется по следующему копиру.

При шлифовании кулачков вал устанавливают в цанговые зажимы шлифованными крайними опорными шейками. Средние опорные шейки устанавливают в люнеты. При шлифовании кулачков после термообработки вал иногда перецентрируют. В угловом положении вал фиксируют по шпоночному пазу или отверстию во фланце. Профиль кулачка шлифуется с поперечной подачей и в некоторых случаях производится автоматическая запись осевого перемещения шлифовального круга. Кулачки полируют на станках с несколькими полировальными головками, число которых обычно равно числу кулачков. При полировании профиля кулачка распределительного вала непрерывная абразивная лента перемещается между роликами и прижимается опорной пластинкой при помощи пружины и кулачка копира к поверхности кулачка. Полированием снимается слой металла 6–8 мкм при вращении вала со скоростью 10–15 м/мин. На полировальных станках деталь устанавливают в центрах с угловой фиксацией по шпоночному пазу.

5.2.4. Технологический процесс изготовления ступенчатых валов

Ступенчатые валы в основном изготавливают из конструкционных и легированных сталей, т. к. к ним предъявляются высокие требования по механической прочности, обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации внутренних на-

пряжений. Ступенчатые валы, как правило, подвергаются термообработке с целью повышения их износоустойчивости. Исходя из технических требований, предъявляемых к ступенчатым валам, их изготавливают из следующих сталей: 35, 40, 45, 40Г, 50Г, 40Х и др.

Ступенчатые валы имеют несколько конструктивных разновидностей. К ним относятся: 1) валы без шлицев и зубчатых колес; 2) валы со шлицами; 3) валы-шестерни без шлицев; 4) валы-шестерни цилиндрические со шлицами; 5) валы-шестерни конические со шлицами.

Заготовки ступенчатых валов получают отрезкой от горячекатаных или холоднотянутых нормальных прутков. Такого вида заготовки применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим перепадом в размерах ступеней по диаметру.

В условиях крупносерийного и массового производства, а также при изготовлении валов сложной конфигурации, имеющих большое число ступеней со значительным перепадом по диаметру, заготовку целесообразно получать ковкой, горячей штамповкой, из периодического проката, обжатием на ротационно-ковочных машинах, электровысадкой и др. Эти методы позволяют получать заготовки ступенчатых валов, по форме и размерам близкими к форме и размерам готовой детали, что снижает расход металла и трудоемкость механической обработки.

В крупносерийном и массовом производстве преобладают методы изготовления заготовок ступенчатых валов с коэффициентом использования металла 0,7 и выше. Штучная заготовка из прутка может быть успешно заменена поковкой или штамповкой, если коэффициент использования металла повышается больше чем на 5 % (необходимо учитывать и другие экономические показатели).

В зависимости от конструкции вала и масштаба производства технологический процесс механической обработки может быть различен.

Таблица 5.2

Маршрут технологического процесса механической обработки
для крупносерийного производства ступенчатых валов со
шлицами

Операция	Оборудование
Фрезерование торцов и зацентровка	Фрезерно-центровальный полуавтомат
Токарная обработка	
Предварительное шлифование	Многорезцовый токарный полуавтомат
Фрезерование шлицев	Круглошлифовальный станок
Фрезерование резьбы	Шлицефрезерный станок
Термообработка (закалка)	Резьбофрезерный станок
Окончательное шлифование поверхности	Нагревательная печь, закалочные ванны
Шлифование шлицев	Круглошлифовальный станок
Контроль	Шлицешлифовальный станок
	—

Во многих случаях за основные базы принимают поверхности опорных шеек вала. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей трудно. Поэтому для значительного количества операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на единых базах с установкой его в центрах.

Наружные поверхности ступенчатых валов обрабатывают на токарных, токарно-копировальных, горизонтальных многорезцовых станках и на вертикальных одно- и многошпиндельных автоматах.

В условиях серийного производства широкое распространение имеет точение наружных поверхностей ступенчатых валов на токарных станках с копировальным устройством – гидросуппортом. При обработке валов в центрах для выдерживания размеров по длине вала от постоянной базы следует применять плавающие передние центры с упором торца заготовки в упор-

ное кольцо. Это исключает влияние погрешности зацентровки вала на точность обработки. В условиях крупносерийного и массового производства широкое распространение имеют многолезцовые и токарно-копировальные станки, полуавтоматы и автоматы. Однопроходные копировальная и многолезцовая обработки жестких валов (отношение длины к диаметру наибольшей ступени 10–15) обеспечивают точность по 3–4-му классам. Многолезцовая обработка может оказаться эффективнее копировальной для валов, имеющих большую длину и диаметры и большие перепады ступеней, т. к. в продольном суппорте можно установить большое число резцов.

5.3. Изготовление деталей класса «полые цилиндры»

5.3.1. Конструктивные и технологические особенности деталей класса «полые цилиндры»

К данному классу относятся детали, конструктивной особенностью которых является концентричное расположение цилиндрических поверхностей.

Детали этого класса имеют не только форму полого цилиндра (гильза цилиндров двигателя, втулка под поршневой палец, направляющая втулка для клапанов и др.), но также цилиндрические тела вращения со сложной наружной или внутренней формой (тормозные барабаны, поршни двигателей, чашки сателлитов дифференциала и др.). Для всех деталей характерна обработка только основных сопрягаемых поверхностей – цилиндрических наружных и внутренних. Обработка производится обычно при вращающейся детали, однако иногда обработку основных поверхностей выполняют вращающимся инструментом при неподвижной детали (например, растачивание отверстий под поршневой палец в поршне).

Установочными базами при обработке служат один из торцов детали и внутренняя или наружная цилиндрическая поверхность. Сложные детали с фасонной наружной поверхностью базируют в некоторых случаях по фасонной поверхности. При по-

следующей обработке в качестве постоянных баз используют обработанные поверхности (торец и цилиндрическую поверхность).

Угловая фиксация обеспечивается одним из фасонных выступов или отверстием в торце.

Принципиальная технологическая схема обработки полых цилиндров (кроме мелких деталей – втулок и вкладышей) может быть представлена в следующей последовательности:

- 1) черновое обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей и их торцов с одной стороны;
- 2) то же с другой стороны;
- 3) получистовое и чистовое обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей и их торцов с одной стороны;
- 4) то же с другой стороны;
- 5) фрезерование небольших плоскостей на выступах;
- 6) сверление, цекование, развертывание, нарезание резьбы в мелких отверстиях, в выступах и фланцах;
- 7) тонкая обработка цилиндрических, фасонных и конических наружных и внутренних поверхностей.

5.3.2. Технологический процесс изготовления гильз цилиндров

Назначение детали и технические условия на механическую обработку. Гильзы цилиндров автомобильных двигателей являются обработанными с высокой точностью крупными втулками, от качества и точности которых в значительной степени зависит срок службы двигателя. Гильзы работают в тяжелых условиях, подвергаясь воздействию высоких температур и значительному давлению. Износ гильзы по поверхности зеркала неодинаков: наиболее быстрое изнашивание происходит в зоне движения верхнего компрессионного поршневого кольца.

Гильзы бывают мокрыми и сухими. Мокрые гильзы применяют в основном в тракторных двигателях. В автомобильных двигателях мокрые гильзы находят применение в блоках из

алюминиевых сплавов. Мокрая гильза сопрягается с цилиндром блока только по посадочным поясам и по торцу буртов.

Мокрые гильзы тракторных двигателей изготавливаются из чугунов с закалкой, т. е. ч. внутренней поверхности. Мокрые гильзы автомобильных двигателей изготавливают более тонкостенными, чем тракторные, и обычно с незакаленной внутренней поверхностью. Часто в автомобильные гильзы запрессовывают укороченные гильзы (вставки) из высоколегированных чугунов.

Сухая гильза сопрягается с цилиндром блока всей внешней поверхностью. Сухие гильзы часто изготавливают укороченными, в виде вставок длиной, соответствующей длине движения головки поршня. Длина полных гильз соответствует длине цилиндра блока. В отличие от укороченных гильз они не запрессовываются в цилиндр блока или в мокрую гильзу, а вставляются в цилиндр по скользящей посадке. Сухие гильзы используются для мощных двигателей с чугунными блоками. Автомобильные дизели изготавливают с сухими гильзами, имеющими продувочные, всасывающие и выхлопные окна.

Цилиндры двигателей с воздушным охлаждением, изготавливаемые обычно из чугуна, имеют охлаждающие ребра. Головка с цилиндром соединяется стяжными болтами, которые прикрепляют также цилиндр к картеру двигателя.

При механической обработке гильз должны обеспечиваться следующие основные технические условия.

1. Точность внутреннего диаметра гильзы по 2-му классу и выше. Отклонения формы внутренней цилиндрической поверхности (овальность, конусность) 0,02 мм (по внутреннему диаметру гильзы сортируются на размерные группы).

2. Чистота внутренней поверхности (зеркала) – по 9–10-му классам.

3. Биение посадочных поясков у мокрых гильз относительно поверхности зеркала 0,10 мм, разность биения верхнего и нижнего поясков при замере в одной плоскости – не выше 0,08 мм. У сухих гильз указанное биение посадочных поясков не выше 0,05 мм.

4. Чистота посадочных поверхностей у мокрых гильз и цилиндров – по 6–7-му классам, у сухих гильз – по 7–8-му классам.

5. Свободные размеры по 5-му классу точности.

Получение заготовки. Заготовки гильз цилиндров получают обычно центробежным литьем или литьем в земляные формы с корковым стержнем. Центробежное литье устраняет смещение полуформ и уменьшает расход металла на литники по сравнению с литьем в неподвижные земляные формы. Заготовки гильз должны отвечать определенным техническим условиям, которые регламентированы соответствующими ГОСТами.

Цилиндры двигателей воздушного охлаждения, изготавливаемые из чугуна, отливают в оболочковых или стержневых формах или в кокилях.

Обработка гильз цилиндров. Гильзы характеризуются малой жесткостью в диаметральной направлении, поэтому выбор метода закрепления и силы зажима ее является важным при механической обработке.

Технологическая схема обработки мокрой гильзы: черновое растачивание; получистовое растачивание; черновое обтачивание; получистовое обтачивание; чистовое обтачивание, закалка т. в. ч. и отпуск; чистовое растачивание; гидравлическое испытание; предварительное хонингование; чистовое хонингование; шлифование поясков и бурта; подрезка торцов и обтачивание наружного диаметра бурта; тонкое хонингование.

Черновое и получистовое растачивание внутренней поверхности гильзы производят на многошпиндельных расточных станках. Деталь устанавливают в конические ловители, один из которых (верхний) является подвижным, и зажимают по наружной необработанной поверхности.

После двукратного растачивания внутреннего отверстия производится черновое, получистовое и чистовое обтачивание на многорезцовых или на гидрокопировальных токарных полуавтоматах. Гильзу устанавливают по расточенному отверстию на разжимных оправках. Обтачивают посадочные пояски, буртики; подрезают торцы; протачивают галтели и т. п.

Чистовое растачивание внутреннего отверстия происходит после закалки т. в. ч. и отпуска. Операцию выполняют на алмазно-расточных станках, снимаемый припуск на сторону 0,1–0,3 мм. Учитывая малую жесткость гильзы, ее устанавливают по

обработанным наружным пояском и прижимают торцом, что устраняет упругие деформации. Предварительное и чистовое хонингование производят на хонинговальных одно- или многошпиндельных станках. Двукратное хонингование обеспечивает точность по 2-му классу, чистоту поверхности до 11-го класса. Большие преимущества дает применение хонинговального станка с двухпозиционным поворотным столом и устройством для активного контроля, автоматически прекращающим хонингование.

После шлифования посадочных поясков и бурта на отдельной операции окончательно подрезают торцы и обтачивают по наружному диаметру бурт. Этим достигается перпендикулярность торцов бурта к поверхностям посадочных поясков, а также точность высоты бурта (до 0,05 мм). При необходимости одновременно снимают фаску в отверстиях. Заключительной операцией механической обработки гильзы является тонкое хонингование.

Контроль гильз цилиндров. Для контроля гильз цилиндров применяются пневматические, индикаторные и электроконтактные приспособления.

Контролю подвергаются наружные и внутренние цилиндрические поверхности, форма, чистота посадочных поверхностей, взаимное расположение обработанных поверхностей.

Диаметр зеркала цилиндра контролируют в трех сечениях на специальном пневматическом контрольном приборе. Пневматические пробки, вводимые в отверстие цилиндра, имеют сопла, через которые проходит воздух. Прибор имеет три шкалы. По скорости истечения воздуха из сопел определяют внутренние диаметры в каждом из трех сечений.

Автоматический контроль внутренних диаметров гильз и их сортировка на группы с маркировкой условным цветом для каждой группы осуществляются на специальных устройствах.

Биение посадочных поясков и двух торцов упорного бурта гильзы проверяют на индикаторном приспособлении. Гильзу, установленную на оправку с упором в планку, поворачивают, а биение посадочных поясков и торцов бурта относительно зеркала цилиндра гильзы фиксируется индикатором.

5.3.3. Технологический процесс изготовления ступицы колеса

Ступица колеса (рис. 5.7) изготавливается из ковкого чугуна с твердостью $HB \leq 163$. Характерной особенностью механической обработки ее является вращение.

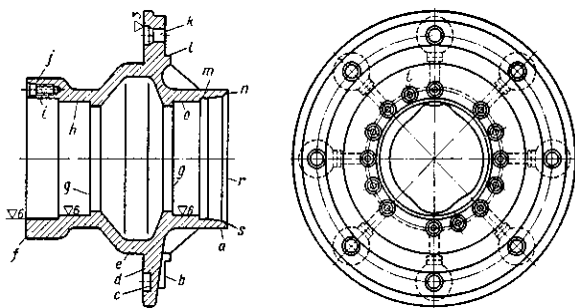


Рис. 5.7. Ступица колеса

При механической обработке должны быть выполнены с высокой точностью (0,04 мм) поверхности h и o под подшипники. Биение поверхности h относительно поверхности o и торца g не должно превышать 0,05 мм; относительно поверхностей h и o биение второго торца g – не более 0,08 мм, торца f – 0,1 мм и торца d – 0,15 мм. Диаметр отверстия k обрабатывают с точностью 0,045 мм.

Основными поверхностями следует считать: торцы f, d, s, b, g ; цилиндрические поверхности i, h, n, o, m , а также поверхность отверстия k . Все остальные поверхности являются второстепенными.

Технологический процесс механической обработки ступицы колеса автомобиля:

1. Черновое и чистовое обтачивание наружной поверхности e ; растачивание внутренних поверхностей i, h и подрезание торцов g, f, d, c ; сверление и зенкование отверстий под резьбу t (обработка с одной стороны);

2. Черновое и чистовое обтачивание торцов b, s, q, r ; снятие фасок на поверхностях l, n и растачивание внутренних поверхностей o, m и конуса, сверление отверстий k (обработка с другой стороны);

3. Зенкование и развертывание отверстий k , удаление стружки из резьбового отверстия t ;

4. Нарезание резьбы в отверстии t ;

5. Зачистка заусенцев и затупление острых кромок;

6. Промывка и продувка сжатым воздухом;

7. Окончательный контроль.

Первая и вторая операции выполняются на токарно-карусельных восьмишпиндельных полуавтоматах: с двумя 14-шпиндельными сверлильными головками на первой операции и с одной восьмишпиндельной сверлильной головкой на второй операции.

На первой операции установочными поверхностями являются черновые цилиндрическая наружная поверхность a и торец b . На второй операции в качестве установочных приняты точно расточенное отверстие h под подшипник и обточенный торец d . При дальнейшей механической обработке установочными базами служат точно расточенная поверхность o под подшипник и обточенный торец b . Угловая фиксация детали осуществляется по одному отверстию k .

Зенкерование и развертывание отверстий k и нарезание резьбы t осуществляются на 30-шпиндельном сверлильно-агрегатном полуавтомате с четырехпозиционным поворотным столом.

5.4. Изготовление деталей класса «некруглые стержни»

5.4.1. Конструктивные и технологические особенности рычагов

К этому классу деталей относят прямые и кривые стержни с некруглым поперечным сечением и длиной, превышающей размеры поперечного сечения более чем в 2 раза (балки перед-

ней оси, шатуны двигателей, вилки переключения коробок передач, коромысла, тормозные колодки и др.).

Конструктивные формы рычагов разнообразны, поэтому технологические процессы изготовления отдельных типов их имеют некоторую особенность. Однако для всех деталей этого класса обрабатываемыми поверхностями обычно являются площадки на концах стержня и отверстия на этих площадках. В некоторых случаях, когда при изготовлении заготовки не обеспечивается получение необходимых размеров, производится механическая обработка стержня. При изготовлении кривых рычагов (например, тормозных колодок) обработка кривой поверхности является одной из основных операций.

Рычаги с точными параллельными отверстиями (например, шатуны) имеют наибольшую трудоемкость.

Черновыми установочными базами при обработке деталей – рычагов почти всегда служат торцы основных отверстий и наружные контуры бобышек-головок этих отверстий. При дальнейшей обработке основные отверстия и их торцы используются в качестве постоянных установочных баз.

Технологические операции выполняются при неподвижной детали. Обработку производят на агрегатных станках.

5.4.2. Изготовление балки переднего моста грузового автомобиля

Назначение детали и технические условия на механическую обработку. Управляемый передний мост грузового автомобиля состоит из стальной балки (рис. 5.8) двутаврового сечения, жестко скрепленной с передними рессорами, и двух кулаков (левого и правого), поворачивающихся на шкворнях разгруженного типа, т. е. не передающих веса автомобиля от балки на кулаки. На концах балки, выполненных в виде головок, шарнирно установлены при помощи шкворней поворотные кулаки. Шкворни закреплены в балке клиновидными шпильками.

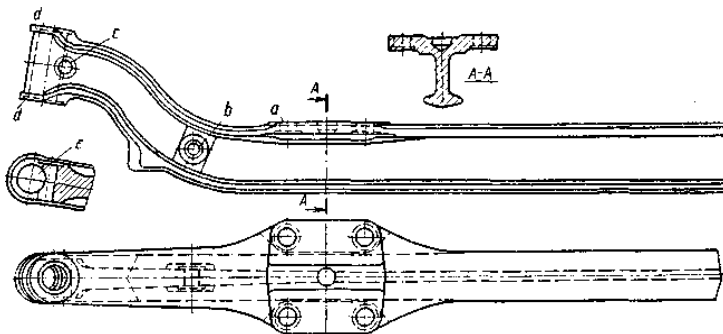


Рис. 5.8. Балка переднего моста грузового автомобиля

В процессе эксплуатации балка переднего моста подвергается большим нагрузкам: она несет на себе вес автомобиля, приходящийся на передние колеса.

Двутаковое сечение балки обеспечивает высокое сопротивление изгибающим и ударным нагрузкам при малой металлоемкости.

Средняя часть балки расположена ниже ее концов, что позволяет опустить раму и понизить центр тяжести автомобиля.

Балка изготавливается из конструкционной углеродистой стали 45.

Основными обрабатываемыми поверхностями являются две подрессорные площадки *a*, торцы бобышек *d*, наклоненные под углом 8° к продольной оси детали, отверстия *c* и *e* в головках (бобышках) и отверстие *b*. Остальные обрабатываемые поверхности следует считать второстепенными.

При изготовлении балки передней оси необходимо обеспечить следующие технические условия:

1. Точность диаметра отверстия под шкворень по 2-му классу, чистота поверхности по 7-му классу.
2. Неперпендикулярность осей под шкворень и под клин 0,07 мм.
3. Точность высоты головки по 3-му классу, чистота поверхности по 5-му классу.
4. Неперпендикулярность торцов головки к оси отверстия под шкворень не более 0,12 мм.

5. Точность диаметра отверстия под клин по 4-му классу, чистота поверхности по 5-му классу.

6. Отклонение угла наклона осей отверстий под шкворень в пределах $\pm 15'$.

7. Допуск на расстояние между осями отверстий в головках под шкворень ± 3 мм.

Получение заготовки. Заготовку балки переднего моста (рис. 5.9) получают из проката прямоугольного сечения.

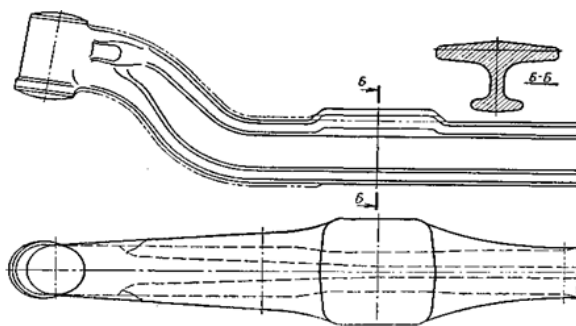


Рис. 5.9. Заготовка балки переднего моста

Сначала производится периодический прокат штанги и отрезка штучной заготовки, затем штамповка на горячештамповочном молоте. Такое построение технологического процесса получения поковки балки сокращает число переходов штамповки на молоте и уменьшает износ штампов.

Полученная поковка должна удовлетворять следующим основным техническим условиям:

1. Твердость HB 230–250 ($d = 3,8 \div 4$ мм);
2. Заусенец на головках – не более 1 мм, на переходе от головки до площадки – до 3 мм и в остальных местах до 2 мм; скрученность головок 1 мм на 100 мм длины;
3. Допускается глубина трещин, волосовин и зажимов на обрабатываемых и необрабатываемых местах до 1,5 мм;
4. Перекос подрессорных площадок в горизонтальной плоскости не должен превышать 2 мм.

Механическая обработка. Технологический процесс механической обработки балки переднего моста сводится к обработке отверстий в головках под шкворни, торцов под вилки (ушки) поворотных кулаков, плоскостей подрессорных площадок, отверстий под клиновые шпильки и отверстий для закрепления рессор.

Автоматическая линия разделена на два участка, между которыми предусмотрен накопитель.

5.4.3. Технологический процесс изготовления шатунов

Назначение детали и технические условия на механическую обработку. Шатуны (рис. 5.10) автомобильных и тракторных двигателей испытывают в процессе работы большие нагрузки от сил давления газов и инерции.

Шатуны имеют обычно двутавровое сечение и отличаются друг от друга главным образом малой (поршневой) и большой (кривошипной) головками.

С целью уменьшения сил инерции при конструировании шатунов стремятся головки их сделать наименьшими. Это дает возможность также уменьшить размеры картера.

В малую головку шатуна обычно запрессовывают бронзовую втулку. Большая головка шатуна делается разъемной: поверхность разъема перпендикулярна или неперпендикулярна оси шатуна.

Тело и наружные поверхности головок шатуна не обрабатываются.

Механической обработке подвергаются торцы обеих головок, отверстия под втулку поршневого пальца, плоскости стыка шатуна с крышкой и под стяжные болты, а также поверхности под вкладыши. Большую головку обрабатывают окончательно после сборки шатуна с крышкой, т. к. последняя не взаимозаменяема.

У рядных двигателей на каждой шатунной шейке коленчатого вала размещен один шатун (рис. 5.10, а), у V-образных – два шатуна, причем один имеет большую вильчатую головку,

внутри которой размещена большая головка второго шатуна (рис. 5.10, б).

Технические условия на изготовление автомобильных и тракторных шатунов регламентированы ГОСТами.

Материалом для изготовления шатунов служат конструкционные стали 40, 45, 30Х и др.

При механической обработке шатунов особое внимание обращается на обеспечение высокой точности диаметров отверстий и взаимного положения малой и большой головок шатуна.

Отверстие во втулке малой головки обрабатывается с точностью по 1-му классу, с последующей сортировкой на группы по диаметрам отверстий под поршневой палец. Жестко регламентируется овальность и конусность этого отверстия (0,002–0,005 мм); чистота поверхности соответствует 8-му классу.

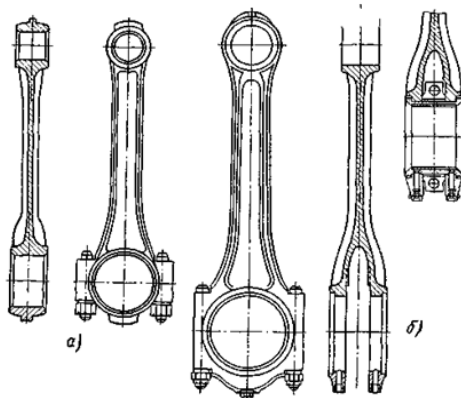


Рис. 5.10. Шатуны автомобильных и тракторных двигателей

Точность обработки отверстия в большой головке определяется ее конструктивными особенностями. Так, например, при использовании тонкостенных вкладышей точность обработки отверстия соответствует 1-му классу, чистота его 8-му классу.

Допуск на расстояние между осями малой и большой головок 0,1 мм. Оси отверстий малой и большой головок шатуна должны лежать в одной плоскости, допускается отклонение 0,05

мм на 100 мм длины. Должна обеспечиваться также параллельность этих осей. Допускается отклонение от параллельности в 0,04 мм на 100 мм длины.

На уравнированность двигателя влияют правильность положения центра тяжести каждого шатуна и колебания его абсолютного веса. Поэтому вес шатунов и распределение весов малой и большой головок регламентируется в комплекте.

Получение заготовки. Заготовки шатунов получают штамповкой в закрытых штампах. Они могут быть отштампованы вместе с крышкой или раздельно, как самостоятельные детали.

Отверстие в цельной заготовке имеет овальную форму, что делается с учетом удаления некоторого слоя металла при отрезке заготовки крышки.

Крышку от цельной заготовки отрезают при последующей механической обработке.

Более приемлемой следует считать раздельную штамповку шатуна и крышки большой головки. Раздельная штамповка более проста, чем штамповка цельного шатуна, упрощается также процесс механической обработки детали.

Заготовки шатунов чеканят по торцам головок на прессе. В результате чеканки повышается точность высоты головок, что важно для последующей механической обработки.

Перед механической обработкой заготовки шатуна контролируют взаимное положение плоскостей малой и большой головок и прямолинейность стержня шатуна.

Механическая обработка. При получении цельной заготовки шатуна дальнейшая обработка его состоит из пяти технологических процессов:

- 1) обработка до отрезки крышки большой головки;
- 2) обработка крышки шатуна;
- 3) обработка разрезанного шатуна;
- 4) сборка шатуна с крышкой и частичная механическая обработка;
- 5) обработка шатуна и крышки в сборе.

Установочными базами шатунов при их механической обработке являются торцы большой и малой головок и отверстий в одной из них.

Часто отверстие в большой головке точно обрабатывают в конце технологического процесса, поэтому используют вспомогательные базы на боковых поверхностях головки. Эти базы представляют собой две обработанные площадки на бобышках под стяжные болты.

Вспомогательные базы создают также на обработанных для этой цели площадках у бобышек малой головки шатуна. Такие базы используют, в частности, для установки шатуна при обработке отверстия в этой головке.

Шатуны обрабатываются как на автоматизированных линиях с использованием высокопроизводительного оборудования, так и на автоматических линиях.

Обработка шатуна.

1. Предварительное шлифование торцов малой и большой головки с выдерживанием перепада между ними.

2. Протягивание установочной площадки на боковых плоскостях и торца бобышки малой головки.

3. Протягивание установочной площадки и полуокружности большой головки.

4. Протягивание плоскости и боковых плоскостей под головку болта, протягивание плоскости стыка.

Обработка крышки.

1. Протягивание торцов.

2. Протягивание установочных боковых поверхностей.

3. Протягивание плоскости стыка и полуокружности.

Контроль шатунов. Контролируются размеры, чистота обработанных поверхностей, положение оси отверстия в малой головке относительно оси отверстия в большой головке шатуна.

Непараллельность и скрученность осей отверстий малой и большой головок проверяются в двух плоскостях. Эти параметры контролируются специальным индикаторным приспособлением. В этом приспособлении предусмотрена возможность правки шатуна путем изгиба его и скручивания специальным ключом, которым захватывают шатун за тело (стержень), а также регистрация отклонения от параллельности.

Радиус полуокружности в большой головке шатуна также проверяется индикаторным приспособлением. Шатун при этом

устанавливается на плиту плоскостью стыка и фиксируется пальцами и упором.

Индикаторные приспособления применяются также для контроля перпендикулярности стыка с крышкой к оси шатуна и проверки положения оси отверстия в большой головке шатуна относительно торца.

5.5. Изготовление деталей класса «диски» и способы получения зубчатых и шлицевых соединений

5.5.1. Изготовление деталей класса «диски»

Детали класса «диски» имеют широкое применение во многих отраслях промышленности. Детали этого класса больших и малых размеров применяют в машинах серийного и массового выпуска. К этому классу отнесены также зубчатые колеса типа дисков, поскольку технологический процесс их обработки, за исключением нарезания зубьев, не отличается от процесса обработки других деталей данного класса [8].

Заготовками для деталей класса «диски» являются отливки из чугуна, стали и цветных металлов, а также штампованные заготовки. Иногда заготовки вытачиваются из прутков или труб. В последнее время широко применяют заготовки, получаемые в результате холодной штамповки из листа.

Основная обработка деталей этого класса происходит при вращении детали. В неподвижном положении детали обрабатывают обычно второстепенные поверхности (сверлят и протягивают отверстия, фрезеруют фасонные поверхности и др.). Все детали этого класса имеют одинаковую схему процесса механической обработки. Однако количество отделочных операций различных деталей и способы их выполнения значительно отличаются и зависят от требуемой точности и чистоты обрабатываемой поверхности, а также от вида заготовки детали.

Базирование деталей. Установочными черновыми базами для деталей этого класса является один торец и наружная цилиндрическая поверхность заготовки.

Постоянными базами для всей последующей механической обработки являются обработанный торец и внутренняя или наружная цилиндрическая поверхность, обработанные на первой операции.

Типовая схема процесса обработки деталей класса «диски». В типовую схему процесса обработки средних и крупных деталей класса «диски» входят следующие операции.

1. Черновая и чистовая токарная обработка торца и отверстия и черновая обработка свободной части наружной цилиндрической поверхности при установке детали на торец и при центрирующем зажиме по внешней цилиндрической или конической поверхности.

2. Черновая и чистовая токарная обработка второго торца и черновая и чистовая обработка наружной цилиндрической поверхности при базировании детали по внутренней обработанной начисто цилиндрической поверхности и обработанному торцу.

3. Второстепенные операции: сверление и развертывание мелких поверхностей, фрезерование небольших поверхностей, протягивание шпоночных канавок и т. д.

4. Черновое нарезание зубьев при базировании их по отверстию и торцу.

5. Мелкие операции, связанные с нарезанием зубьев, – закругление зубьев, сверление смазочных отверстий, затупление острых кромок и т. д.

6. Чистовое нарезание зубьев колес при базировании по отверстию и торцу.

7. Термообработка деталей.

8. Отделка точных поверхностей: хонингование или шлифование отверстий и шлифование торцов при базировании по наружной цилиндрической или фасонным поверхностям (по зубьям).

Для деталей, не требующих обработки фасонных поверхностей и термообработки, операции 4–8 исключаются. Иногда в первой операции полностью обрабатывают отверстия (диаметром не более 70 мм) протягиванием. При этом на остальных ответственных операциях, за исключением некоторых отделочных операций, деталь базируется по отверстию и торцу.

В деталях этого класса, изготавливаемых холодной штамповкой из листа, механически обрабатывают только небольшую часть поверхностей при сохранении общего порядка выполнения операций механической обработки.

Процесс обработки мелких деталей этого класса может значительно отличаться от указанной схемы обработки, например, выполняться полностью на станках-автоматах из прутка. Процесс обработки небольших поршневых колец, также относящихся к классу «диски», значительно отличается от указанной схемы обработки. Оптимальные процессы обработки, соответствующие описанной типовой схеме, приведены ниже для двух характерных деталей класса «диски».

Обработка одновенцового зубчатого цилиндрического колеса. Наибольшее распространение получили зубчатые колеса с наружным диаметром от 80 до 200 мм. Изготавливают эти колеса из сталей 18ХГТ, 25ХГТ, 40Х и др. Заготовки для всех ответственных зубчатых колес получают штамповкой.

Для уменьшения погрешностей, получаемых при механической обработке (особенно при шевинговании зубьев), а также коробления при термообработке в процессе штамповки заготовок надо обеспечить равномерную плотность металла.

Цилиндрические зубчатые колеса обычно штампуют на молотах или ковочных прессах. Вначале заготовки осаживают в торец, а затем штампуют в закрытых штампах (рис. 5.11).

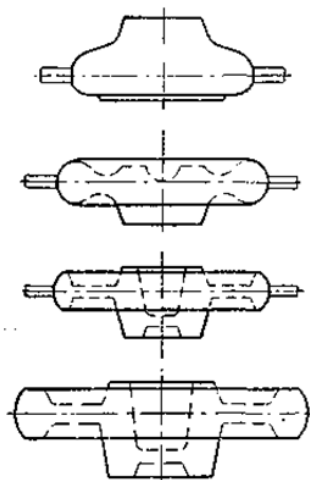


Рис. 5.11. Стадии штамповки цилиндрического зубчатого колеса

Заготовки зубчатых колес нормализуют или отжигают для снятия внутренних напряжений и облегчения механической обработки. Затем проверяют основные размеры заготовки и правильность положения внешних поверхностей относительно центрального отверстия. Механическая обработка зубчатых колес при больших выпусках может производиться на автоматических линиях.

На автоматической линии производятся все операции механической обработки заготовок до термообработки. Промежуточный контроль производится наладчиками на приборах, находящихся вне линии. Линия оборудована однопозиционными высокопроизводительными вертикальными токарными станками-полуавтоматами жесткой конструкции.

Автоматическая линия состоит из двух самостоятельных участков для обработки заготовок до термообработки и после нее. В начале автоматической линии расположен автоматический загрузчик деталей, а в конце такой же конструкции автоматический разгрузчик. Каждый станок оснащен перегружателем заготовок с транспортера и на транспортер.

На автоматической линии изготавливаются одновременно зубчатые колеса по следующему технологическому маршруту (рис. 5.12).

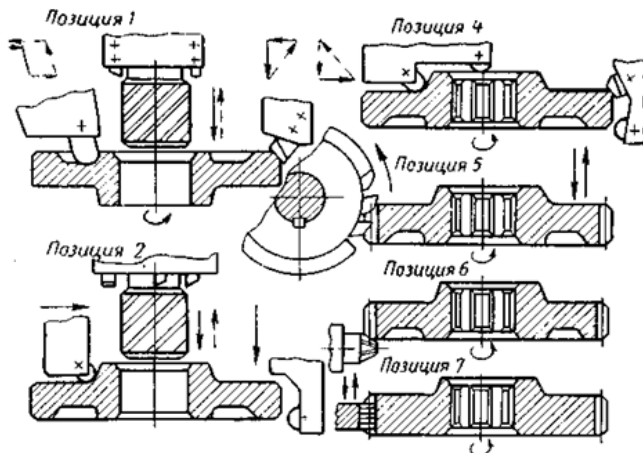


Рис. 5.12. Обработка заготовки одновенцовых дисковых колес

1. На многорезцовом вертикальном токарном станке обрабатывается, подрезается торец и зенкеруется отверстие.

2. На многорезцовом вертикальном токарном станке обрабатывается небазовая сторона заготовки и подрезается второй торец.

3. На вертикально-протяжном станке с помощью сборной протяжки одновременно протягивается отверстие и шпоночный паз.

4. На многорезцовом вертикальном токарном станке производится чистовое обрабатывание небазовой стороны заготовки, и подрезаются торцы.

5. Все заготовки после позиции 4 поступают в автоматический бункер.

6. При выходе из бункера заготовки попадают на зубофрезерные станки, на которых нарезаются зубья червячной фрезой.

7. На станке пальцевой фрезой закругляются торцы зубьев колеса, затем снимаются заусенцы, после чего заготовки промываются и обдуваются.

8. На станке зубья колес шевингуются, контролируются и термически обрабатываются (газовая цементация) вне линии.

Вне линии производится прикатка зубьев, шлифование отверстия, мойка, обдувка и окончательный контроль.

На первом многорезцовом токарном станке заготовки колес устанавливаются торцом на три поддерживающих штыря и закрепляются в самоцентрирующем пневматическом кулачковом патроне по черным поверхностям.

На втором многорезцовом токарном станке базами являются обработанные торец и наружная цилиндрическая поверхность заготовки. На протяжном станке заготовка базируется торцом.

Вся дальнейшая обработка на автоматической линии производится по базе, которой является окончательно обработанное отверстие.

Обработка конического зубчатого колеса (рис. 5.13).

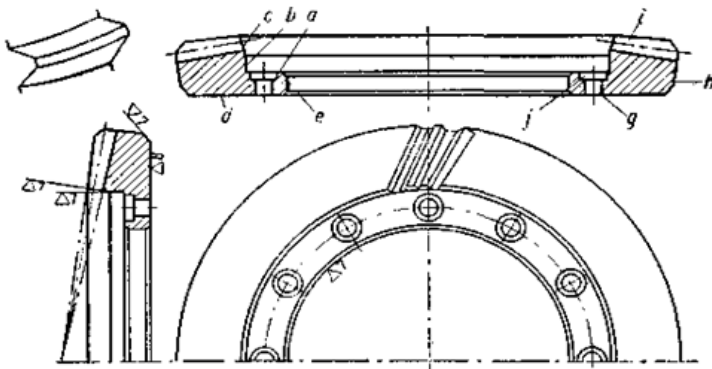


Рис. 5.13. Коническое венцовое колесо с круговыми зубьями

Изготавливаются эти колеса в большинстве случаев из малоуглеродистой цементируемой стали (18ХГТ, 18ХГМ и др.).

Точность этих колес соответствует 7–8-й степеням. Наружные диаметры применяемых колес – обычно 120–400 мм.

Заготовки колес данного типа при массовом производстве изготавливают штамповкой.

Заготовки колес изготавливаются как с формированием зубьев, так и без него. Заготовки с сформированными зубьями изготавливают пока в ограниченном количестве вследствие необходи-

мости больших припусков для их обработки на станках (до 0,8 мм на сторону).

Некоторое распространение получила накатка зубьев вместо черногого их нарезания на зубофрезерных станках. В этом случае экономится металл, снижается трудоемкость, а также улучшается структура металла и увеличивается прочность зубьев за счет более благоприятного расположения волокон металла на зубьях колеса.

Конические колеса обычно штампуются на молотах или ковочных прессах. В начале заготовки осаживают в торец, затем штампуют в закрытых штампах. Штампованные заготовки колес нормализуют или отжигают.

Технологический маршрут обработки заготовок колес с накатыванием зубьев следующий:

1. Токарная обработка заготовки колеса под накатывание зубьев;
2. Накатывание зубьев (нагрев т. в. ч.);
3. Высокий отпуск заготовки;
4. Повторная токарная обработка базовых поверхностей (отверстия и опорного торца колеса);
5. Сверление и цекование отверстий;
6. Шлифование опорного торца;
7. Повторная токарная обработка наружного конуса и скругление торцов с двух сторон конуса;
8. Снятие фасок с острых кромок зубьев с двух сторон;
9. Чистовое нарезание зубьев (припуск на чистовое нарезание зубьев оставляется такой же, как и при черновом нарезании). Высота накатанных зубьев на 0,2–0,4 мм больше высоты, заданной чертежом.

Окончательный контроль конических колес в производственных условиях производится на контрольно-обкатном станке. На этом станке проверяются боковой зазор между зубьями в зацеплении парных колес, правильность расположения контакта на боковых сторонах зубьев и громкость шума при разных нагрузениях.

В зависимости от программы выпуска и точности изготовления зубчатых колес выбирают различные способы нарезания

зубьев. Для правильного выбора способа нарезания зубьев рассмотрим основные их виды, а также производительность и точность, которую они обеспечивают.

5.5.2. Изготовление зубьев цилиндрических колес

Фрезерование зубьев дисковыми модульными фрезами [3]. Нарезание зубьев колес дисковыми модульными фрезами (рис. 5.14) представляет собой по существу вид фасонного фрезерования. Режущие кромки зубьев фрезы изготавливают по форме впадины между зубьями колеса. В процессе работы фреза копирует свой профиль во впадине зубьев. При помощи делительного механизма после нарезания одной впадины дисковой фрезой заготовка поворачивается на один зуб, и фреза нарезает следующую впадину между зубьями. Нарезание производится на универсальных фрезерных станках и на специальных зубофрезерных станках с горизонтальными и вертикальными шпинделями. Как правило, модульные фрезы применяют для черного нарезания зубьев колес средних модулей и окончательной обработки зубьев колес крупных модулей.

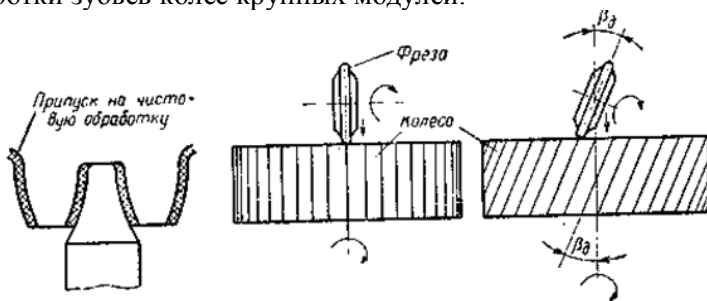


Рис. 5.14. Нарезание зубьев модульными дисковыми фрезами

Профиль зуба, как известно, зависит не только от модуля, но и от числа зубьев колеса. Дисковые модульные фрезы изготавливают с приближенными профилями зубьев, предназначенных для определенных интервалов чисел зубьев нарезаемых колес.

Это неизбежно, т. к. для получения точного профиля зуба пришлось бы изготавливать дисковые модульные фрезы не только для каждого модуля, но и для каждого числа зубьев, что невыгодно.

Для каждого модуля изготавливают наборы дисковых фрез из 8–15 и 26 шт. для всех чисел зубьев и диаметров нарезаемых колес. Набор из восьми фрез позволяет получать зубчатые колеса 9-й степени точности, а для изготовления более точных зубчатых колес требуется набор из 15 или 26 фрез. При этом способе нарезания получается приближенный профиль зубьев на нарезаемом колесе ввиду неточного профиля режущей кромки зубьев фрезы. Вследствие неточности механизма делительной головки возникает погрешность окружного шага зубьев нарезаемого колеса. Низкая производительность этого способа получается в основном из-за потерь времени на врезание фрезы при каждом прорезании впадины между зубьями, на подвод заготовки к фрезе, обратный ход и т. п.

Поэтому данный способ имеет применение в единичном производстве при изготовлении зубчатых колес невысокой точности или в других видах производства для предварительного нарезания зубьев. Повысить производительность и точность данного способа зубонарезания можно применением многошпиндельных делительных головок, полуавтоматических станков и твердосплавных фрез. Преимуществом этого способа является низкая стоимость инструмента и возможность выполнения работы на универсальных фрезерных станках. При нарезании косозубых колес дисковыми модульными фрезами профиль зуба колеса приближается к эвольвентному профилю в нормальном сечении, а не в торцовом, как при нарезании колес другими способами. Поэтому, если одно из пары косозубых колес нарезано дисковой модульной фрезой, то и другое колесо должно быть нарезано этим же способом.

Основное время t_0 при нарезании цилиндрических зубчатых колес модульной дисковой фрезой на зубофрезерном станке в один проход можно определить по формулам

$$t_0 = \frac{(bq + y + l_n)z}{ns_0q \cos \beta_0} \text{ мин} \quad (5.1)$$

$$y = \frac{\sqrt{h(D_u - h)}}{\cos \beta_\partial} + (3 \div 5), \quad (5.2)$$

где b – ширина зубчатого венца колеса в мм;

q – количество одновременно нарезаемых колес на одной оправке (торцы соприкасаются);

y – длина врезания фрезы в мм;

h – высота зуба в мм;

D_u – наружный диаметр инструмента в мм;

l_n – длина подхода и перебега инструмента в мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

n – число оборотов фрезы в минуту;

s_0 – подача на один оборот фрезы в мм;

β_∂ – угол наклона зуба к оси колеса на делительном цилиндре в град.

Основное время при нарезании прямых зубьев колес на станке с автоматическим делительным механизмом и подачами

$$t_0 = (bq + y + l_n) \left(\frac{1}{s_{p.x}} + \frac{1}{s_{об.x}} \right) \frac{zk}{q} + \frac{\tau zk}{q} \text{ мин} \quad (5.3)$$

где $s_{p.x}$ – минутная подача при рабочем ходе в мм;

$s_{об.x}$ – минутная подача обратного хода в мм;

k – количество проходов инструмента;

τ – время на поворот заготовки на один зуб в мин.

Фрезерование зубьев червячными фрезами. Фрезерование зубьев цилиндрических колес червячными фрезами благодаря универсальности, высокой производительности и точности процесса наиболее распространено в машиностроении. Для нарезания зубьев указанным способом нужны специальные зубофрезерные станки и специальный режущий инструмент – червячные фрезы. Червячная фреза может нарезать как прямые, так и винтовые зубья цилиндрических колес. Фреза закрепляется в суппорте, а суппорт при нарезании прямых зубьев колес повер-

нут так, чтобы ось фрезы была наклонена под углом φ подъема винтовой линии.

При фрезеровании колес с косым зубом фреза устанавливается с учетом наклона винтовой линии витков фрезы и угла наклона винтовой линии зуба колеса. Суппорт с фрезой имеет подачу только вдоль оси зубчатого колеса. Винтовую линию зубьев при нарезании косозубых колес получают за счет убыстрения или замедления вращения колеса по сравнению со скоростью вращения при нарезании прямых зубьев. В процессе нарезания червячная фреза и нарезаемое колесо находятся в состоянии относительного движения соответствующего зацеплению червячной передачи с передаточным числом

$$i = \frac{n}{n_k} = \frac{z}{z_u}, \quad (5.4)$$

где n , n_k – число оборотов фрезы и колеса в минуту;

z , z_u – число зубьев нарезаемого колеса и число заходов червячной фрезы.

Резание происходит при помощи большого количества зубчатых реек, смещенных относительно друг друга вдоль оси фрезы, вследствие чего при вращении фрезы создается как бы рейка, перемещающаяся в нормальной плоскости к зубьям обрабатываемого колеса. В результате имеем в этой плоскости реечное зубчатое зацепление, в котором ось зубчатого колеса неподвижна, а рейка непрерывно перемещается. Эту рейку называют производящей.

Так как червячная фреза имеет, кроме вращения, и поступательное движение вдоль цилиндра нарезаемого колеса, она обрабатывает всю его ширину.

Способ нарезания зубьев колес средних модулей чистовыми однозаходными червячными фрезами за один проход при обычных условиях работы в массовом и крупносерийном производстве обеспечивает 8–7-ю степени точности и чистоту поверхности в пределах 4–6-го классов. Однако в большинстве случаев нарезание червячными фрезами применяется при изготовлении точных зубчатых цилиндрических колес в качестве

черновой обработки, а чистовой обработкой обычно является шевингование зубьев.

Для увеличения производительности нарезания зубьев колес применяют двух- и трехзаходные фрезы, но они снижают точность по сравнению с однозаходными.

Для увеличения производительности зубофрезерования периодически смещают червячную фрезу вдоль ее оси для равномерного износа всех ее режущих зубьев. Червячная фреза может автоматически перемещаться в осевом направлении после обработки каждого колеса или нескольких одновременно обрабатываемых колес, а в отдельных случаях она перемещается непрерывно в процессе резания на 0,2 мкм за один ее оборот (диагональное зубо-фрезерование). Червячная фреза может перемещаться вручную после нарезания определенной партии колес или после износа зубьев фрезы на заданную величину.

Повышение производительности при зубофрезеровании также достигается:

а) применением сборных червячных фрез увеличенного диаметра с увеличенным посадочным диаметром, благодаря чему повышается стойкость фрез и жесткость установки, что позволяет работать с повышенными режимами резания;

б) использованием фрез из специальных инструментальных сталей на жестких зубофрезерных станках (эти фрезы позволяют повысить скорость резания до 80–100 м/мин, в то время как скорость резания фрезами, изготовленными из стали составляет 35–45 м/мин);

в) применением попутного направления подачи, благодаря которому обеспечивается повышение скорости резания на 10–20 %, а при обработке прямозубых колес, особенно с большим числом зубьев (более 50), также повышением подачи до 5–6 мм/об (обычные подачи для однозаходных фрез 2–2,5 мм/об);

г) применением радиального врезания фрезы, особенно при обработке узких колес, благодаря которому значительно уменьшается длина врезания червячной фрезы в заготовку;

д) нарезанием нескольких зубчатых колес на одной оправке (однако этот способ уменьшает точность зубчатых колес вследствие неперпендикулярности торцов к осям колес, в результате

чего при установке колес на оправку изменяется положение их осей на станке; кроме того, жесткость оправки при установке на оправку нескольких колес уменьшается).

Черновое нарезание зубьев колес червячными фрезами надо производить в один проход, и только, если мощность станка недостаточная, – в два прохода и более. Колеса с четным числом зубьев, проходящие в дальнейшем шевингование, надо нарезать однозаходными фрезами, а с нечетным числом зубьев – двухзаходными. В этом случае смещение режущих зубьев, расположенных на одном заходе червячной фрезы относительно режущих зубьев, расположенных на другом ее заходе, не влияет на точность окружного шага нарезаемых зубьев колес, а влияет только на огранку боковых поверхностей зубьев колеса, которая для шевингования не имеет значения.

Стандартными червячными фрезами можно нарезать также скорректированные зубчатые колеса за счет изменения расстояния между осями нарезаемого колеса и червячной фрезы.

Для массового и крупносерийного производства в отдельных случаях применяют также двухшпиндельные зубофрезерные станки.

Для точных работ выпускаются прецизионные станки.

Основное время t_0 нарезания зубьев колес в один проход с осевой подачей на зубофрезерных станках червячными фрезами

$$t_0 = \frac{(bq + y + l_n)z}{ns_0z_u} \text{ мин} \quad (5.5)$$

При нарезании прямозубых колес

$$y = \sqrt{h(D_u - h)} \text{ мм}, \quad (5.6)$$

при нарезании косозубых колес

$$y = \frac{\sqrt{h(D_u - h)}}{\cos \beta_o} + 1,5 \operatorname{tg} \beta_o (m\sqrt{z} + h) \text{ мм}, \quad (5.7)$$

где m – модуль в мм.

Долбление круглыми модульными долбьями. Долбляк, представляющий собой шестерню с эвольвентными (корректиро-

ванными) профилями зубьев того же модуля, что и нарезаемое колесо, является режущим инструментом.

В процессе нарезания долбяк и нарезаемое зубчатое колесо имеют на начальных окружностях равные окружные скорости, а числа оборотов и зубьев связаны передаточным отношением

$$\frac{n}{n_k} = \frac{z}{z_u}, \quad (5.8)$$

где n , n_k – число оборотов долбяка и обрабатываемого колеса в минуту;

z , z_u – число зубьев обрабатываемого колеса и долбяка.

Долбяки служат для обработки прямозубых и косозубых колес с наружными и внутренними зубьями.

Для нарезания зубчатых колес с прямыми зубьями применяется долбяк с прямыми режущими зубьями, а для нарезания колес с винтовыми зубьями – долбяк с винтовыми режущими зубьями, причем шаг винтовой линии долбяка и нарезаемого зубчатого колеса одинаков. Винтовое движение сообщается только долбяку от специального винтового копира, помещенного в верхней части шпинделя долбяка.

Нарезание зубьев этим способом осуществляется по следующей схеме (рис. 5.15):

1) долбяк и обрабатываемое колесо вращаются около своих осей, осуществляя обкаточное движение;

2) для осуществления процесса резания долбяк совершает возвратно-поступательное движение;

3) для врезания долбяка в заготовку он перемещается в радиальном направлении;

4) во избежание быстрого затупления долбяка, при каждом возвратном его ходе, колесо немного отводится от долбяка.

В серийном производстве на зубодолбежных станках обрабатываются зубчатые колеса среднего модуля 8-й степени точности в два прохода (начерно и начисто) в одной операции. Эти проходы осуществляются автоматически специальными кулачками.

В массовом производстве колеса этой же степени точности обычно нарезают в две операции, т. е. на одном станке производится черновое нарезание зубьев, а на другом – чистовое.

Зубья 7-й степени точности нарезают способом долбления, [3] если затем их не шевингуют, то же в две операции, только чистовое долбление в этом случае производят в два прохода, устанавливая на станки соответствующие кулачки. Если же колеса после долбления шевингуют, то чистовое долбление производят в один проход. Под проходом здесь понимается один оборот заготовки в процессе нарезания зубьев. Чистота поверхности соответствует 5–6-му классам.

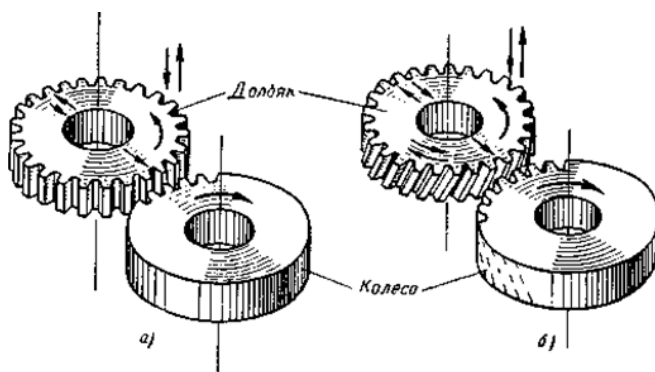


Рис. 5.15. Обработка зубьев колес на зубодолбежных станках:
а – прямых зубьев; б – косых зубьев

Для зубчатых колес с внутренним зацеплением, для колес-блоков с близко расположенными друг к другу венцами и колес-валов с фланцами, где отсутствует пространство для выхода червячной фрезы в конце обработки, способ нарезания зубьев колес долблением дисковыми долбьяками является единственным. Для выхода долбьяка обычно достаточно 3–5 мм.

Кроме того, на зубодолбежных станках с круглыми долбьяками долбят шлицы, фасонные пазы и т. д.

Обычно зубчатые колеса с мелким модулем (1–2 мм) нарезают долбьяками за один проход и в этом случае зубодолбление

производительнее зубофрезерования червячными фрезами. При нарезании зубчатых колес средних и крупных модулей зубофрезерование более производительное, чем зубодолбление. Часто колеса 7–8-й степеней точности изготавливают в две операции: предварительную обработку производят зубофрезерованием червячными фрезами, а окончательную – зубодолблением дисковыми долбьяками. Зубодолбление является более производительным, когда снимаются небольшие количества металла.

Средние скорости резания на зубодолбежных станках при обработке стальных колес составляют 16–35 м/мин. Окружная подача долбьяка (длина дуги делительной окружности долбьяка, на которую он поворачивается за время одного двойного хода) составляет 0,15–0,4 мм/дв. ход. Радиальная подача (врезание долбьяка в заготовку) обычно составляет одну десятую часть окружной подачи.

Основное время при зубодолблении определяется в соответствии с последовательностью проведения самого процесса. Вначале долбьяк врезается с подачей s_p , а затем нарезает все зубья на заданную высоту. Отсюда

$$t_0 = \frac{h}{s_p n} + \frac{tz}{s_k n} q = \frac{h}{s_p n} + \frac{\pi m z}{s_k n} q \text{ мин}, \quad (5.9)$$

где h – высота нарезаемых зубьев колеса в мм;

s_p – радиальная подача на один двойной ход долбьяка в мм;

n – число двойных ходов долбьяка в минуту;

t – окружной шаг в мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

s_k – круговая подача зубчатого колеса на один двойной ход долбьяка в мм;

q – число проходов, необходимое для нарезания зубчатого колеса;

m – модуль зубьев нарезаемого колеса в мм.

Точение обкатными резцами. Точение обкатными резцами предназначено для нарезания прямых и косых зубьев цилиндрических колес на зубофрезерных или специальных станках с помощью обкатного резца. Производительность этого метода выше производительности зубофрезерования червячными фрезами.

В основе точения зубчатых колес лежит зацепление двух винтовых зубчатых колес со скрещающимися осями, с продольным скольжением боковых поверхностей зубьев, причем ни в одной точке касания боковых поверхностей скольжение не равно нулю. Это скольжение является в данном случае движением резания. Сам процесс называется зуботочением, а инструмент – обкатным резцом, потому что работа этим инструментом больше похожа на работу токарного резца, а не на работу долбяка, хотя в конструктивном отношении он не отличается от долбяка.

Методом точения можно обрабатывать также колеса и внутреннего зацепления.

Скорость резания при точении определяется скольжением какой-либо точки режущей кромки относительно заготовки. Чем меньше угол скрещивания осей инструмента и нарезаемого колеса, тем меньше скорость резания при одном числе оборотов инструмента и его диаметре.

Основное время при нарезании цилиндрических колес методом точения

$$t_0 = \frac{(bq + y + l_n)z}{ns_0z_uq} \text{ мин}, \quad (5.10)$$

где b – ширина зубчатого венца колеса в мм;

q – число одновременно обрабатываемых колес;

y – величина врезания в мм;

l_n – длина подхода и перебега в мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

s_0 – подача на один оборот заготовки в мм;

n – число оборотов обкатного резца в мин;

z_u – число зубьев обкатного резца.

Протягивание плоскими протяжками. Метод протягивания плоскими протяжками получил некоторое применение при нарезании зубьев колес большого диаметра небольшой точности. Протягивание производится на вертикальных протяжных станках, оснащенных круглыми поворотными столами. На станок устанавливается специальное приспособление для закрепления на нем нескольких заготовок на одной оправке. Для одно-

временной обработки нескольких впадин зубьев колеса на ползуне станка помещается составная протяжка. После каждого рабочего хода протяжки стол немного отодвигается, чтобы во время обратного хода протяжки ее режущие зубья не соприкасались с обработанными поверхностями зубьев колеса. В это же время стол станка поворачивается для протягивания следующей группы зубьев.

Этот способ обеспечивает высокую точность профиля зубьев колес, но из-за накапливающихся ошибок в делительном механизме точность окружного шага получается низкой.

Такой метод более широко применяют при обработке зубчатых секторов, например сектора рулевого управления автомобиля, стеклоподъемников и др. В этом случае за один ход протяжки нарезают все зубья сектора: поворота заготовки и отвода ее от протяжки не требуется (рис. 5.16).

Производительность протягивания при такой обработке высока, но точность по профилю и шагу обеспечить трудно вследствие сложности изготовления фасонных протяжек с высокой точностью.

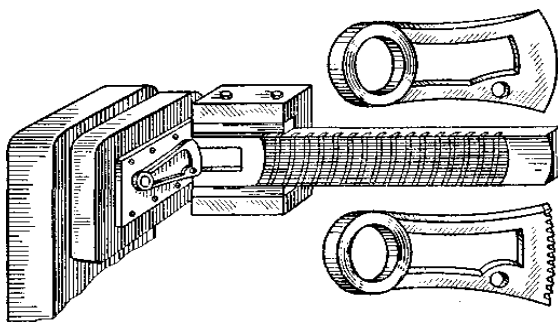


Рис. 5.16. Протягивание всех зубьев сектора одновременно

Накатывание зубьев колес. Процесс накатывания зубьев цилиндрических колес производительнее зубонарезания, отходы металла составляют всего 3–4 % от веса заготовки.

Зубья колес накатываются в холодном или горячем состоянии заготовки. Выбор способа зависит от модуля, конфигурации зубчатого колеса, требуемой точности зубьев и рода материала.

Мелкомодульные зубчатые колеса накатываются холодным способом, а зубья с модулем более 1 мм – горячим способом. Мелкомодульные зубчатые колеса можно накатывать на токарных станках с продольной подачей или на специальных станках двумя накатниками, имеющими форму плоских зубчатых реек.

Для образования симметричного профиля зубьев накатывание производится сначала в одном, а потом в обратном направлении. При холодном накатывании зубчатых колес получается 8-я степень точности.

Горячее накатывание производится с радиальной и с продольной подачей на специальных мощных станках с двумя накатниками.

Колесо перед накатыванием на нем зубьев опускается в высокочастотный индуктор для нагрева до 1000–1200° С. Индуктор имеет форму петли. После нагрева колесо поднимается (перемещаясь вдоль своей оси) и накатывается.

Нкатники вращаются и передвигаются к оси вращения накатываемого колеса. Накатываемое колесо вращается под воздействием зубьев накатников, осуществляющих пластическое деформирование металла заготовки на величину высоты зуба. На обоих торцах накатников имеются реборды, способствующие лучшему заполнению формы зубьев.

Штучное время накатывания зубьев на заготовках зубчатых колес с модулем 2–3 мм составляет 30–60 с, в зависимости от числа зубьев.

Точность накатанных зубьев соответствует 9-й степени. Для повышения точности зубьев колес, накатанных горячим способом, их калибруют в холодном состоянии. При этом точность калиброванных зубьев колес повышается на одну степень.

Метод накатывания значительно снижает время обработки и повышает срок службы зубчатых колес благодаря увеличению их износостойкости.

Шевингование зубьев колес. Шевингование является чистовым видом обработки зубьев цилиндрических колес, твер-

дость поверхности которых допускает их обработку металлическим или металлокерамическим инструментом. Шевингование зубьев колес можно производить круговым и реечным шевером.

Шевингование реечным шевером не получило широкого применения вследствие сложности изготовления и высокой стоимости инструмента, наличия инерционных сил в станке, плохой вымываемости стружки из зубьев реечного шевера и ряда других недостатков.

Основным методом шевингования в настоящее время является обработка зубьев цилиндрических колес дисковым шевером.

Шевингование дисковым шевером тождественно работе винтовой зубчатой передачи со скрещающимися осями, в которой ведущим колесом является шевер, а ведомым – обрабатываемое колесо.

Шевер имеет форму зубчатого колеса, на боковых поверхностях зубьев которого имеются мелкие канавки (ширина и глубина примерно по 0,8 мм), кромки которых являются режущими (рис. 5.17). В процессе резания шевер этими режущими кромками срезает очень тонкую волосовидную стружку толщиной 1–5 мкм.

При совместном вращении шевера и колеса вследствие скрещивания их осей возникает скольжение профилей, скорость которого в данном случае равна скорости резания. Величина скорости резания непостоянна и изменяется по высоте зуба шевера. На вершине зубьев шевера она имеет наибольшую величину.

Составляющая скорости резания в каждой режущей точке шевера, направленная вдоль образующих зубьев, является скоростью резания. Шевингование осуществляется на специальных шевинговальных станках. Обрабатываемое зубчатое колесо 1 (рис. 5.18), установленное в центрах стола станка, находится в плотном зацеплении с шевером 2.

Ось шевера расположена под углом к оси колеса. Шевер вращает обрабатываемое зубчатое колесо, которому придается возвратное поступательное перемещение вдоль его оси с продольной подачей s_n и радиальное перемещение (сближение осей шевера и колеса) с радиальной подачей s_p . Радиальная подача производится в каждом конечном положении обрабатываемого колеса, т. е. в момент реверсирования стола станка 3. Для полу-

чения бочкообразного зуба обрабатываемых колес на стол станка устанавливается специальное приспособление 4, которое придает качательное движение обрабатываемому колесу оси качения А.

В результате концы зубьев получаются более тонкими, чем средняя часть. Зубчатые колеса можно обрабатывать продольным, диагональным и тангенциальным шевингованием.

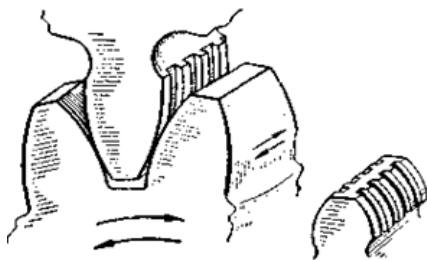


Рис. 5.17. Шевингование зубьев колес

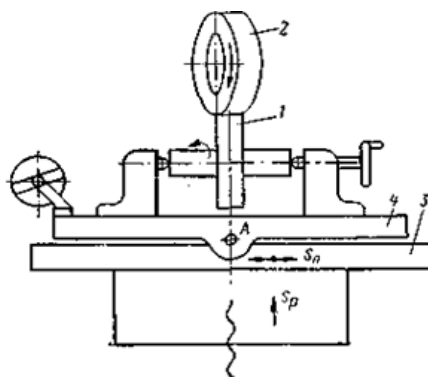


Рис. 5.18. Шевингование колес с бочкообразным зубом

Продольное шевингование осуществляется при направлении продольной подачи вдоль оси обрабатываемого зубчатого колеса. При этом точка контакта между шевером и колесом в течение всего времени обработки перемещаться вдоль зуба колеса. В результате эффективное резание ограничивается не-

большой зоной режущего инструмента, находящейся в зоне точки пересечения проекций осей шевера и колеса.

Длина продольного хода стола станка L при продольном шевинговании должна быть равна или несколько больше ширины зубчатого венца обрабатываемого колеса B . При шевинговании бочкообразного зуба длина продольного хода стола принимается меньше ширины обрабатываемого зубчатого венца колеса. При продольном шевинговании возможна обработка колес с неограниченной длиной их зубьев.

Диагональное шевингование осуществляется при продольной подаче, направленной под углом $\delta > 0$, но меньшим 90° к оси обрабатываемого колеса.

При диагональном шевинговании угол диагонали определяется в зависимости от ширины шевера, поэтому могут быть использованы обычные шевера. Однако малые углы диагонали не обеспечивают эффективности данного вида шевингования. Обычно методом диагонального шевингования обрабатывают зубчатые венцы колес шириной до 60 мм.

Тангенциальное (диагонально-поперечное) шевингование осуществляется при продольной подаче, направленной перпендикулярно ($\delta=90^\circ$) к оси обрабатываемого колеса. Этим методом обрабатываются относительно узкие колеса (до 30 мм).

Шевингованием получают зубчатые колеса 7–6-й степеней точности. До шевингования зубчатые колеса должны иметь точность не ниже 8-й степени. При шевинговании легко исправляются погрешности формы профиля и мало исправляются погрешность окружного шага и накопленная ошибка шага.

После продольного и диагонального шевингования колес чистота поверхности соответствует 7–8-му классам, а после тангенциального шевингования – 6–7-му классам.

Продольная подача при продольном и диагональном шевинговании стальных колес средней твердости равна 0,15–0,7 мм на оборот обрабатываемого колеса и радиальная подача 0,02–0,06 мм на один одинарный ход стола станка. При тангенциальном шевинговании поперечная подача составляет $1/3$ – $1/2$ продольной подачи.

Основное время t_0 при шевинговании

$$t_0 = \frac{L}{s_n n} k, \quad (5.11)$$

где s_n – рабочая подача (продольная или поперечная) в мм на оборот колеса;

n – число оборотов обрабатываемого колеса в мин.

Для шевингования зубчатых колес с числом зубьев менее 12 с целью создания достаточного коэффициента перекрытия при обработке выпущены специальные станки, в которых применяются шеверы, выполненные в виде винтовых колес внутреннего зацепления. По этой схеме изготавливаются станки для шевингования зубчатых цилиндрических колес внутреннего зацепления. В таком случае вместо шевера устанавливается обрабатываемое зубчатое колесо с внутренними зубьями, а вместо зубчатого колеса – дисковый шевер.

Производительность всех методов шевингования – в среднем около 60 изделий в час. Шевингование осуществляется на зубошевинговальных станках (с горизонтальной и вертикальной осью обрабатываемого колеса). **Шлифование зубьев колес.** Шлифование зубьев цилиндрических колес является наиболее надежным методом обеспечения высокой точности закаленных зубчатых колес. При помощи шлифования можно, независимо от точности предыдущей обработки зубьев, величины коробления при термообработке и величины припуска, обеспечить высокую точность зубьев колес. Основным серьезным недостатком шлифования зубьев колес является низкая производительность.

Шлифование зубьев производится в основном двумя методами: методом копирования и методом обкатки.

Метод копирования является наиболее производительным методом шлифования зубьев, но зато менее точным. Поэтому он больше применяется в массовом и крупносерийном производстве в основном для обработки прямых зубьев колес. Невысокая точность объясняется главным образом неравномерностью износа шлифовального круга. Профиль шлифовального круга соответствует впадине зубьев (рис. 5.19, а).

Шлифуемое зубчатое колесо, установленное на оправку, после каждого двойного хода шлифовального круга автоматиче-

ски поворачивается на один или несколько зубьев, и цикл повторяется. Шлифование производится за 3–4 прохода круга по каждой впадине зуба. При шлифовании зубчатых колес с большим числом зубьев фасонный шлифовальный круг значительно изнашивается, вследствие чего неточность обработки увеличивается. Для исключения этой ошибки надо каждый раз поворачивать зубчатое колесо не на один, а на несколько зубьев.

Точность, достигаемая этим методом, соответствует 6-й степени, а чистота обработанной поверхности 7-му классу.

Основное время при зубошлифовании методом копирования

$$t_0 = \frac{2Lk_n z}{1000v} \text{ мин} \quad (5.12)$$

где L — длина хода стола в мм;

i — число проходов;

k_n — 1,3–1,5 — коэффициент, учитывающий время деления, т. е. время поворота зубчатого колеса на один зуб;

z — число зубьев зубчатого колеса; v — средняя скорость возвратно-поступательного движения стола в м/мин.

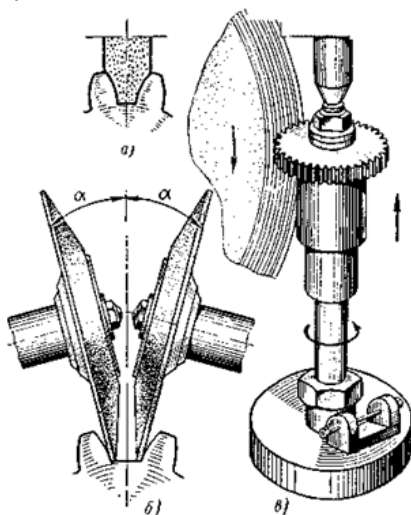


Рис. 5.19. Шлифование зубьев цилиндрических колес:
а — фасонным кругом; *б* — двумя тарельчатыми кругами;
в — червячным кругом

Правку круга производят по эвольвентному профилю с помощью пантографов и копиров. Ее нужно производить несколько раз за время обработки одного колеса. Круг после правки каждый раз перемещается по направлению к центру колеса на величину слоя, снятого с круга при правке. Время на шлифование одного зуба колеса среднего модуля составляет 6–12 с. Шлифование зубьев колес методом обкатки дает большую точность, чем шлифование методом копирования, но значительно меньшую производительность. При этом методе одними шлифовальными кругами можно обрабатывать зубчатые колеса с разным модулем, числом зубьев и наклоном винтовой линии. Шлифование методом обкатки имеет наибольшее распространение. Шлифование зубьев колес методом обкатки производится одним или двумя кругами.

Наибольшее распространение получили станки с двумя шлифовальными кругами. На этих станках два тарельчатых круга (рис. 5.19, б), расположенных один по отношению к другому под углом $\alpha \geq 0^\circ$, образуют профиль зуба воображаемой исходной рейки, по которой и происходит качение зубчатого колеса в процессе его шлифования. При этом зубчатое колесо перемещается в направлении, перпендикулярном к своей оси, и одновременно поворачивается вокруг этой оси. Шлифование профиля зуба по всей его длине обеспечивается возвратно-поступательным движением вдоль оси шлифуемого зубчатого колеса. В результате таких движений зубчатое колесо как бы перекачивается без скольжения по зубу, образованному рабочими плоскостями шлифовальных кругов. После обработки каждого зуба колеса оно поворачивается на один зуб.

Так как разместить два круга во впадине между зубьями колеса с модулем до 9 мм невозможно, то в этих колесах одновременно шлифуют разноименные стороны двух соседних впадин. В зубчатых колесах с модулем более 9 мм шлифуются одновременно обе стороны одной впадины.

Тарельчатые круги шлифуют зубья узкой полоской в 2–3 мм, что повышает точность обработки, так как нагрев и давление незначительны. Благодаря использованию только двух кромок кругов, воспроизводящих зуб рейки в зацеплении с коле-

сом, обработка ведется с разными профильными углами шлифования $\alpha_{ш}$. На новых типах станков применяется угол $\alpha_{ш}=0^\circ$, который обеспечивает фланкирование и получение бочкообразных зубьев за счет изменения наладки. В других случаях надо применять специальные обкатные барабаны. Если износ шлифовальных кругов превышает определенную величину, то механизм, установленный на станках, автоматически их раздвигает.

Точность колес, шлифованных методом обкатки, соответствует 5-й степени, а чистота поверхности обработки – 8-му классу. При уменьшении параметров резания точность может быть повышена. Припуск на шлифование составляет 0,1–0,12 мм на толщину зуба, снимается он за два прохода или более.

Основное время при шлифовании зубьев методом обкатки двумя тарельчатыми кругами

$$t_0 = \left(\frac{L i}{n_0 s_{np}} + i \tau \right) \frac{z}{q} \text{ мин} \quad (5.13)$$

где L – длина хода стола в мм;

i – число проходов;

n_0 – число обкатов в минуту;

s_{np} – продольная подача на один обкат в мм;

τ – время на переключение и деление в мм;

z – число зубьев зубчатого колеса;

q – число одновременно обрабатываемых колес.

Длина хода стола

$$L = lq + 2 \left[\sqrt{h(D_k - h)} + 5 \right] \quad (5.14)$$

где l – длина шлифуемых зубьев колеса в мм;

h – высота зуба колеса в мм;

D_k – диаметр шлифовального круга в мм.

Шлифование зубьев колес двумя тарельчатыми кругами может производиться без продольной подачи. В этом случае на станок устанавливаются шлифовальные круги большого диаметра (700–800 мм). Этим методом рекомендуется шлифовать узкие зубчатые колеса. Отсутствие продольной подачи значи-

тельно повышает производительность процесса шлифования за счет исключения потери времени на врезание.

Производительным методом является шлифование прямозубых и косозубых колес мелких и средних модулей абразивным кругом, заправленным в виде червяка (рис. 5.19, в). Правят червячный круг многониточными накатниками.

Процесс шлифования зубьев червячным кругом по кинематике аналогичен процессу нарезания зубьев колес червячной фрезой.

Для получения большой производительности и точности диаметр червячных кругов берется большим (300–600 мм). Обработка производится в несколько проходов. При каждом проходе шестерня перемещается навстречу вращению шлифовального круга. Скорость вращения шлифовального круга 30–35 м/с. Точность обработки ниже, чем точность обработки тарельчатыми кругами, и не превышает 6-й степени.

Шлифование зубчатых колес производится на специальных шлифовальных станках.

Хонингование зубьев колес. Кинематика хонингования зубьев колес аналогична кинематике шевингования. Режущим инструментом является хон, представляющий абразивное косозубое колесо.

С помощью хонингования можно повысить чистоту рабочих поверхностей зубьев, незначительно улучшить точность зубьев колеса, снять мелкие забоины и заусенцы и благодаря этому снизить шум передачи на 3–4 дБ.

Из-за малого съема металла в процессе хонингования погрешности в элементах зацепления этим способом уменьшаются незначительно.

Хонингование применяется для окончательной отделки поверхности прямых, косых и криволинейных зубьев цилиндрических зубчатых колес после их термообработки (закалки, цементации; и закалки).

Модуль хона такой же, что и у обрабатываемого колеса, и выполняется он по 5–6-й степеням точности. Он изготавливается из пластмассы, пропитанной мелкозернистым абразивным порошком, но может изготавливаться из металла с покрытием ал-

мазным и другими порошками. Хонингуемое зубчатое колесо, находясь в зацеплении с хонем, совершает реверсивное вращение и возвратно-поступательное движение вдоль своей оси.

Для обработки прямозубых колес применяются косозубые хоны ($\beta_0 = 15 \div 18^\circ$), а для обработки косозубых – прямозубые или косозубые хоны, образующие при хонинговании угол скрепления $\psi = 15 \div 18^\circ$.

С целью повышения стойкости инструмента и чистоты обрабатываемой поверхности на зубохонинговальных станках применяется охлаждающая жидкость (специально подобранное масло) или парафиновое масло в смеси с легким машинным маслом, а также абразивные смеси.

Припуск под хонингование составляет 0,01 мм на толщину зуба. Обработка всего колеса происходит за один-два двойных возвратно-поступательных хода стола станка. Основное время хонингования колеса среднего модуля составляет 25–35 с. Существует два метода хонингования: односторонний (однопрофильный) с тангенциальным нагружением и двусторонний (двухпрофильный) с радиальным нагружением. По мере износа хон шлифуют до получения нормальной толщины зубьев и снимают ступеньку на ножке с помощью узкого шлифовального круга на заточном станке. Одним хонем, восстановленным несколько раз, можно обработать 2–4 тыс. колес средних размеров. Станки для хонингования зубьев зубчатых колес аналогичны станкам для шевингования без устройства для радиальной подачи. Они отличаются только увеличенными числами оборотов шпинделя инструмента и наличием устройства, обеспечивающего небольшие окружные силы. Хоны на пластмассовой основе изготавливают прессованием под большим давлением и при высокой температуре. Пресс-форма представляет собой зубчатое колесо внутреннего зацепления. Точность станков достаточна для хонингования колес 6–7-й степеней точности.

Притирка зубьев колес. Притирка зубьев колес является одним из способов чистовой, окончательной отделки зубьев после их термообработки с помощью абразивной массы. Притиркой достигается уменьшение погрешности профиля, повышение чистоты поверхности на один-два класса, уменьшение шума пе-

редачи, образование в зацеплении желательной формы контакта и плавности передачи за счет улучшения геометрии зацепления.

Притирка заключается в том, что обрабатываемое зубчатое колесо вращается в зацеплении с чугунными зубчатыми колесами-притирами, приводимыми во вращение и смазываемыми пастой, состоящей из смеси мелкого абразивного порошка с маслом или пастами более сложных составов. Обрабатываемое зубчатое колесо и притиры имеют в осевом направлении возвратно-поступательное движение относительно друг друга; такое движение ускоряет процесс обработки и повышает ее точность.

Исправление значительных погрешностей профилей зубьев притиркой невозможно. При погрешности зуба более 0,03–0,05 мм притирка малоэффективна. При длительной притирке для удаления больших припусков получается искажение профиля зубьев шестерен. При правильно выбранном припуске на притирку, режиме термообработки и т. д. можно обеспечить получение зубчатых колес 6–7-й степеней точности и высокую чистоту поверхности зубьев (10-й класс).

Притирочные станки изготавливаются либо с параллельными осями обрабатываемых колес, либо со скрещивающимися (рис. 5.20). Притирку осуществляют на специальных зубопритирочных станках.

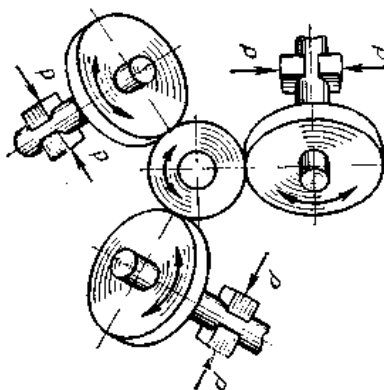


Рис. 5.20. Притирка зубьев цилиндрических колес

Обкатка зубьев колес. Обкаткой называется процесс чистовой отделки зубьев колеса, осуществляемый совместным вращением обрабатываемого зубчатого колеса и одного или несколько закаленных до большой твердости эталонных колес под распорной или окружной нагрузкой.

Наибольшее распространение получили обкатные станки с тремя эталонными колесами, расположенными под углом 120° . Вращение от электропривода получает одно эталонное колесо, а два других эталона поджимают к нему свободно устанавливаемое между ними обрабатываемое колесо с ориентировочной установкой по отверстию. Для равномерной обработки обеих сторон зубьев колеса вращение автоматически реверсируется 3–5 раз, число оборотов ведущего эталонного колеса 140–500 об/мин.

Основное время обкатки незакаленных зубчатых колес составляет 0,5–1,5 мин. При этом снижается шероховатость и образуется наклепанный верхний слой на рабочей поверхности зубьев, что благоприятно отражается на долговечности колес, а также незначительно улучшается геометрия профильных поверхностей зубчатых колес. Обкаткой закаленных колес устраняются заусенцы и забоины на боковых поверхностях колес, получившиеся при транспортировке, термообработке и других операциях.

Комплектом эталонных колес на обкатных станках можно обкатать до 100 000 зубчатых колес, производя при этом четыре-пять перешлифовок их зубьев по профилю и по вершинам, подобно тому, как это делается при заточке шеверов. Продолжительная обкатка колес вызывает искажение профиля зубьев. Цилиндрические колеса обкатывают на специальных обкатных станках.

5.5.3. Нарезание зубьев червячных колес

Червячные колеса обычно нарезают червячными фрезами, форма которых точно соответствует форме червяков, находящихся в зацеплении с нарезаемыми червячными колесами.

Применяют два способа нарезания колес червячными фрезами: с радиальной и тангенциальной подачами.

При нарезании червячных колес с радиальной подачей червячной фрезе сообщается радиальная подача к центру нарезаемого колеса до тех пор, пока ось вращения червячной фрезы не займет положение оси червяка, работающего с нарезаемым червячным колесом.

Этот способ обеспечивает невысокую точность зубьев червячных колес и обычно применяется для предварительного их нарезания.

При нарезании колес с тангенциальной подачей расстояние между осями фрезы и колеса не изменяется. Червячную фрезу в начале обработки устанавливают на полную глубину резания и подают вдоль ее оси. Для постепенного врезания зубьев червячной фрезы в заготовку ее изготавливают с приемным конусом. Этот конус образуется за счет срезания вершин режущих зубьев фрезы. Нарезание червячных колес с тангенциальной подачей менее производительно, чем нарезание с радиальной подачей, но обеспечивает большую точность. Поэтому обычно колеса средних и больших модулей 8-й степени точности и ниже нарезают в одну операцию с тангенциальной подачей инструмента или в две операции (предварительно с радиальной подачей и окончательно с тангенциальной подачей), при этом припуск на чистовую обработку составляет 0,5–1 мм на сторону зуба.

Применяют также комбинированный способ нарезания червячных колес с одновременной радиальной и тангенциальной подачей червячной фрезы, при этом стойкость инструмента значительно повышается. Обработка производится в один проход, что значительно повышает производительность процесса. Червячные колеса, как и цилиндрические, нарезают на зубофрезерных станках, но применяют специальный протяжной суппорт.

Червячные колеса 7-й степени точности и ниже, изготовленные из бронзы и других легкообрабатываемых металлов, нарезают предварительно червячной фрезой с радиальной подачей, а затем шевингуют червячным шевером, имеющим вид червяка, на одной боковой стороне которого нанесены канавки. Для обработки двух сторон зубьев червячного колеса шевер по-

сле обработки одной стороны зубьев колес поворачивается на 180° . При обработке шевёр вращается и движется возвратно-поступательно вдоль своей оси. За счет возвратно-поступательного движения шевёра приводится во вращение обрабатываемое червячное колесо, которое притормаживается специальным тормозом для создания условий резания.

Припуск под шевингование равен 0,12–0,2 мм на сторону зуба. Зубья колес шевингуют на специальных шевинговальных станках или на фрезерных станках со специальным приспособлением.

5.5.4. Изготовление зубьев конических колес с прямыми зубьями

Конические колеса средних модулей 7–8-й степеней точности нарезают в две операции: предварительно дисковыми фрезами, а окончательно строгальными резцами или в одну операцию координированной фрезопротяжкой.

Нарезание зубьев дисковыми фрезами. Предварительное нарезание дисковыми модульными фрезами прямых зубьев конических колес можно производить на универсальных и специальных фрезерных станках. На универсальных фрезерных станках зубья нарезают в серийном и единичном производстве, т. к. производительность при этом невысока.

В крупносерийном и массовом производстве применяют высоко-производительные специальные зубофрезерные станки, нарезающие зубья колес обычными дисковыми модульными фрезами или дисковой наборной фрезой большого диаметра.

Применяется также метод предварительного нарезания зубьев одновременно у трех небольших конических прямозубых колес (сателлитные зубчатые колеса автомобиля, трактора и др.) одной наборной фрезой большого диаметра.

Станок имеет устройство для автоматического одновременного поворота всех заготовок на один шаг, отвода каждой заготовки после нарезания всех зубьев от инструмента.

Основное время при предварительном нарезании прямозубых конических колес дисковыми модульными фрезами на многостаночных станках

$$t_0 = \frac{(l + y + l_n)}{s_m q} zi + \frac{\tau z}{q} \text{ мин}, \quad (5.15)$$

где l – длина нарезаемого зуба в мм;

y – длина врезания в мм;

$l_n = 2 \div 5$ – длина прохода и перебега в мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

i – число проходов;

s_m – минутный путь в направлении подачи в мм;

q – число одновременно нарезаемых конических колес;

τ – время на быстрый отвод и подвод стола с заготовками в исходное положение и поворот заготовок на один зуб в мин.

Длина врезания

$$y = \sqrt{t(D_\phi - t)} \quad (5.16)$$

где t – наименьшая глубина прорезаемой впадины между зубьями в мм;

D_ϕ – диаметр фрезы в мм.

5.5.5. Изготовление зубьев конических колес с криволинейными зубьями

Наибольшее распространение получил метод нарезания зубьев конических колес дисковой резцовой головкой. Зубья колес, нарезанные этим методом, называются круговыми.

Нарезание круговых зубьев колес такими головками (рис. 5.21) производится на специальных станках методом копирования (врезания) и методом обкатки.

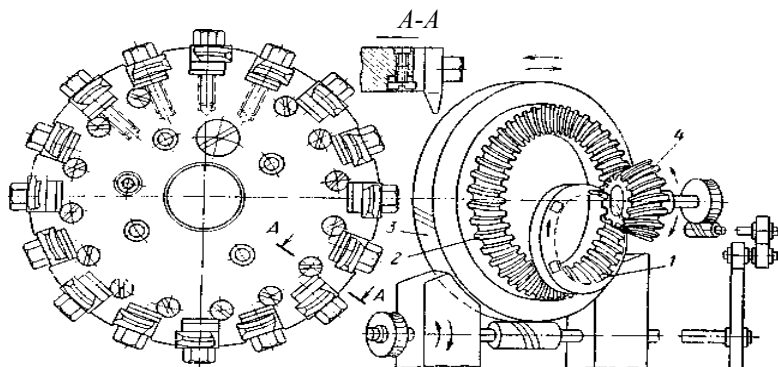


Рис. 5.21. Нарезание круговых зубьев конических колес:
а – резцовая двусторонняя головка; *б* – рабочие движения станка

Резцовые головки подразделяются на черновые и чистовые, а также на одно-, двух- и трехсторонние. Для чернового нарезания зубьев применяют двух- и трехсторонние резцовые головки. Двусторонние головки применяют при нарезании зубьев методом обкатки и методом копирования, а трехсторонние – только при работе методом копирования. Двусторонние головки режут наружными и внутренними резцами, расположенными поочередно. Каждый резец одновременно режет боковую сторону и часть впадины, а в трехсторонней головке наружные и внутренние резцы обрабатывают только боковые стороны, а средние резцы (имеют большую высоту, чем боковые) прорезают впадину. Для чистового нарезания зубьев применяют одно- и двусторонние резцовые головки.

Односторонние головки имеют наружные или внутренние резцы. Резцовые головки с наружными резцами служат для обработки выпуклых сторон зубьев колеса, а с внутренними резцами – для обработки вогнутых сторон зубьев. Резцы чистовых головок обрабатывают только боковые стороны зубьев колес.

Черновое нарезание конических колес с большим числом зубьев (профиль боковых сторон зубьев приближается к прямой) обычно производится методом копирования. В этом случае заготовка неподвижна, а вращающаяся резцовая головка перемещается вдоль своей оси и прорезает поочередно впадины

зубьев. Черновое нарезание колес с малым числом зубьев производится методом обкатки. Этот метод менее производителен, чем метод копирования. Чистовое нарезание колес с большим числом зубьев производят двусторонними головками, а колес с малым числом зубьев – односторонними головками. Рассмотрим процесс нарезания круговых зубьев конических колес на станках, работающих по методу обкатки. Работа этого станка воспроизводит обкатывание конического колеса по воображаемому плоскому колесу с круговым зубом. Одним из зубьев (при двусторонней головке) этого воображаемого колеса или одной стороной зуба (при односторонней головке) является резцовая головка.

Резцовая головка 1 (рис. 5.21, б), вращаясь относительно своей оси, одновременно качается относительно оси вращения воображаемого колеса 2, которое на станке отождествляет люлька 3. Траектория движения режущих кромок каждого резца головки соответствует форме зуба воображаемого плоского колеса, вращающегося в процессе резания в одну сторону и по окончании резания каждой впадины между зубьями нарезаемого колеса – в другую сторону. В результате люлька станка качается вокруг своей оси. Нарезаемое колесо 4 устанавливают так, чтобы вершина его начального конуса совпала бы с вершиной конуса воображаемого плоского колеса. При вращении люльки станка начальный конус нарезаемого колеса катится по плоскому воображаемому колесу. Вращение резцовой головки вокруг своей оси не связано с движением обкатки и осуществляется от отдельного электродвигателя. Обычно режущие кромки зубьев головки прямолинейны и поэтому режущие кромки в процессе вращения головки описывают поверхность круглого усеченного конуса.

При вращении нарезаемого колеса резцы головки, соответствующие профилю зубьев воображаемого плоского колеса, нарезают впадину между зубьями. После нарезания впадины между зубьями обрабатываемое колесо автоматически отводится от резцовой головки, поворачивается на один шаг и подводится к инструменту в рабочее положение для нарезания следующей впадины. В это же время люлька станка вращается в направле-

нии, обратном направлению при резании, и приходит в исходное положение.

Конические передачи с круговыми зубьями по методу чистового нарезания зубьев разделяются на обкатные и полуобкатные.

Полуобкатной метод нарезания зубьев рекомендуется применять для конических зацеплений с передаточным отношением 3:1 и при одном колесе, имеющем угол начального конуса более 70°. При этом колесо с большим числом зубьев окончательно нарезается методом копирования (врезания), при этом получают прямолинейный профиль. Этот метод чистового зубонарезания дает высокую производительность, точность и чистоту обработанной поверхности колес.

Конические колеса с круговыми зубьями, нарезанные резцовыми головками, имеют 7–6-ю степени точности. При нарезании колес методом копирования (полуобкатной метод) ошибка шага уменьшается на 10–20 %. Чистота поверхности зубьев колес, нарезанных методом обкатки, соответствует 5–6-му классам, а методом копирования – 6–7-му классам. Припуск на обе стороны зуба под чистовую обработку для колес с модулем 3–10 мм составляет 0,5–1 мм. Время чернового нарезания одной впадины зуба колес методом копирования 17–35 с и при чистовом нарезании методом обкатки – 15–42 с. Скорость резания при черновом зубонарезании 30–45, при чистовом – 40–60 м/мин.

Основное время нарезания конических колес с зубьями круговыми зубьями

$$t_0 = \frac{(t + \tau)z}{60} \text{ мин}, \quad (5.17)$$

где t – время нарезания одной впадины в сек;

τ – время поворота заготовки на один зуб, подвод в исходное положение и отвод из него в сек;

z – число зубьев нарезаемого колеса.

Круговые зубья колес отделявают:

- а) шлифованием на зубошлифовальных станках;
- б) шевингованием круглыми шеверами;
- в) прикаткой на прикатных станках;
- г) притиркой в паре с сопряженным колесом.

5.5.6. Закругление зубьев

При закруглении зубьев применяются три вида отделки:

- 1) закругление торцовых поверхностей зубьев переключаемых колес;
- 2) снятие фасок на торцовых, а иногда радиусных кромках зубьев;
- 3) снятие заусенцев и притупление острых кромок на торцах зубьев колеса.

Наибольшее распространение получили два способа закругления зубьев на специальных зубозакругляющих станках: пальцевой фрезой и пустотелой фрезой.

В процессе работы пальцевой фрезы ее ось располагается перпендикулярно к оси колеса (рис. 5.22, а). Колесо вращается с постоянной скоростью, а фреза, вращаясь вокруг своей оси, одновременно движется по дуге в плоскости, перпендикулярной к оси колеса, и возвратно-поступательно вдоль своей оси за время поворота колеса на один зуб. Для такого метода закругления торцов зубьев используются конусные или фасонные пальцевые фрезы, каждая из которых дает различную форму закругленного торца.

В процессе работы пустотелой фрезы с внутренней конусной поверхностью её ось пересекает ось неподвижного колеса под углом (рис. 5.22, б). Фреза совершает возвратно-поступательное движение вдоль своей оси и вводится в соприкосновение с противоположными профилями смежных зубьев, закругляя при этом их торцы. Колесо автоматически поворачивается на один зуб при обратном ходе фрезы, и происходит обработка следующих зубьев.

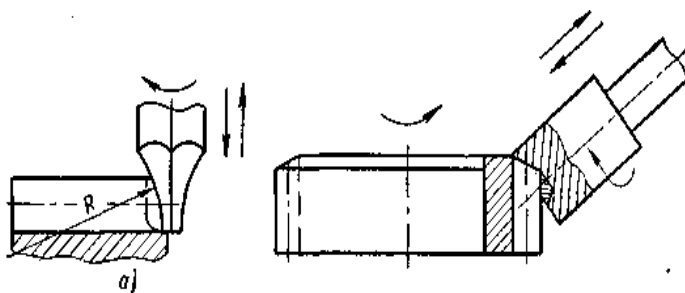


Рис. 5.22. Закругление торцов зубьев цилиндрических колес:

а – пальцевой фрезой; б – пустотелой фрезой

Пустотелой фрезой образуется конусная или чаще заостренная форма зубьев колеса. Время обработки каждого торца зуба 1–3 с.

Основное время закругления торцов зубьев пальцевой и пустотелой фрезой

$$t_0 = \frac{(t + \tau)z}{60} \text{ мин}, \quad (5.18)$$

где t – время обработки одного зуба в с;

τ – время поворота зубчатого колеса на один зуб, подвод в исходное положение и отвод из него в с;

z – число зубьев обрабатываемого колеса.

Более производительным методом является закругление торцов зубьев колеса дисковой фасонной фрезой. Обычно торцам зубьев колеса при обработке их фасонной фрезой придается бочкообразная форма. Она создается путем качания оси фрезы относительно неподвижного колеса или качанием колеса при малом его габарите относительно инструмента. Если требуется сделать фаски на поверхности впадин у торцов зубчатого венца перед качанием, фреза дополнительно движется вдоль оси колеса.

После обработки одного зуба (двойное качание фрезы или колеса) фреза отводится от колеса, и колесо поворачивается на один зуб, после чего цикл обработки повторяется.

5.5.7. Методы контроля зубчатых колес

Зубчатые колеса должны быть изготовлены с высокой точностью, т. к. они являются основной частью многих механизмов и агрегатов.

Система контроля как для цилиндрических, так и для конических зубчатых колес, принципиально одна – устанавливается набор специальных контрольных комплексов, с помощью которых выясняются определенные свойства зубчатого колеса.

Помимо проверки зубчатого колеса, цель контроля – определение погрешностей зуборезных и других станков, на которых они обрабатывались, а также проверка режущего, измерительного инструмента, применяемого для обработки. Источником погрешностей отдельных элементов зубчатых колес являются и операции термообработки.

Эксцентриситет начальной окружности является главным образом погрешностью центрирования заготовки на зуборезном станке, биения планшайбы или шпинделя станка.

Неточность шага по начальной окружности зуба может быть вследствие низкого качества зуборезного инструмента, погрешности делительного механизма станка, неперпендикулярности торца обрабатываемого колеса к оси его вращения. При проверке шага в большинстве случаев измеряют его неравномерность, а не абсолютную величину.

Шаг зуба в направлении линии зацепления измеряют шагомером. Если проверяют абсолютную величину шага, то расстояние между наконечниками устанавливается по эталону.

Толщину зуба проверяют штангензубомером, но он дает невысокую точность. Вертикальный движок его устанавливают на определенном расстоянии, немного превышающем высоту головки зуба. Эта величина определяется по таблицам. Горизонтальным движком после этого измеряют толщину зуба по начальной окружности. Оптический зубомер дает большую точность (до 0,02 мм). По возможности следует избегать контроля толщины зуба, а контролировать смещение исходного контура. Более правильно измерять толщину зуба по постоянным хордам зуба (пользуясь таблицей), а не по хорде делительной окружно-

сти, поскольку на результате измерения не скажется часть погрешности обкатки.

Неточность профиля зуба зависит от профиля режущего инструмента или заправки шлифовального круга, режима резания и т. д.

Профиль зуба проверяют эвольвентомером со специальным эталонным диском, меняющимся для различных зубчатых колес. Прибор снабжен электрическим записывающим устройством.

При помощи роликов точного диаметра можно проверить диаметр начальной окружности зубчатого колеса; число роликов (2 или 3) зависит от четности числа зубьев.

Комплексная проверка зубчатых колес заключается в проверке зацепления с эталонным зубчатым колесом.

Она производится на различных приборах, но все они построены по общему принципу. Индикатор, или самопишущий прибор, регистрирует сдвиг проверяемого зубчатого колеса в направлении, перпендикулярном его оси, когда оно находится в неправильном зацеплении с эталоном.

Правильность зацепления зубчатых колес проверяют также по расположению пятна контакта на зубьях колеса и по шуму.

Проверка по шуму работы зубчатых колес с эталонным колесом или в зацеплении с парным колесом производится на особых станках и заключается в прослушивании тона и шума и измерении специальным звуковым индикатором или звукозаписывающим прибором (фонометром и др.). Чем полнее касание сопрягаемых поверхностей зубьев и выше чистота обработанной поверхности, тем меньший шум издают вращающиеся зубчатые колеса.

5.5.8. Изготовление шлицевых валов

Применяемые шлицевые соединения центрируются тремя способами:

- 1) по наружному цилиндру шлицев вала;
- 2) по внутреннему цилиндру шлицев вала;
- 3) по боковым сторонам шлицев.

По форме шлицев эти соединения делятся на следующие основные виды: прямоугольные, эвольвентные и треугольные.

Технологические процессы изготовления шлицевых соединений зависят от способа центрирования шлицевого вала в отверстии сопряженной детали. Шлицы на валах изготавливаются фрезерованием, долблением и накатыванием. Для получения высокой точности шлицев на валах, особенно после термообработки, их шлифуют [5].

Фрезерование и долбление шлицев. Шлицы валов в массовом и крупносерийном производстве обычно фрезеруют червячными фрезами и только в серийном и единичном производстве фрезеруют дисковыми фасонными фрезами на универсальных горизонтально-фрезерных станках (с применением делительных головок).

Фрезерование шлицев на валах червячными шлицевыми фрезами не отличается от фрезерования зубчатых цилиндрических колес червячными модульными фрезами и выполняется на тех же зубофрезерных станках.

При центрировании шлицевого соединения по внутреннему диаметру шлицев вала червячная или дисковая фреза должна иметь «усики» для образования канавки под выход рабочих сторон круга при шлифовании боковых сторон шлицев и внутренней поверхности валов.

При наличии фланцев, ступеней и венцов на шлицевом вале, исключающих возможность выхода червячной фрезы, шлицы долбят на зубодолбежных станках методом обкатки или копирования так же, как нарезают зубья цилиндрических колес, и на тех же станках. Высокопроизводительное копирование многолезцово-головой может быть также применено в массовом и крупносерийном производстве вместо нарезания шлицев червячными фрезами, в особенности, если эти шлицы в дальнейшем шлифуют.

Накатывание шлицев. В холодном состоянии шлицы накатывают плоскими плашками и роликами. Наибольшее распространение в автомобильной и тракторной промышленности получило накатывание шлицев роликами. Вращающиеся на осях ролики 1 диаметром 60–120 мм по одному на каждый шлиц рас-

положены радиально в сегментах 2 массивного корпуса 3 накатной головки (рис. 5.23, а). Ролики имеют профиль, соответствующий форме поперечного сечения впадины между шлицами вала. При передвижении

накатной головки вдоль оси вала ролики, вдавливаясь в поверхность вала, образуют шлицы. Все шлицы накатываются одновременно.

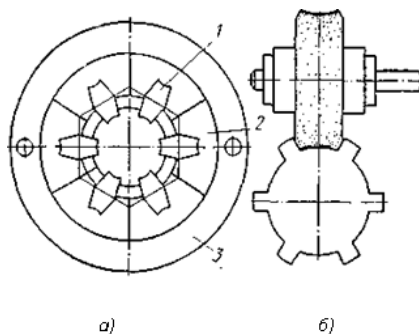


Рис. 5.23. Обработка шлицев на валах:

а – накатывание роликами; б – шлифование фасонным кругом

Накатанные шлицы имеют точность по шагу 0,04 мм и прямолинейность 0,04 мм на 100 мм длины. Чистота поверхности – по 9-му классу. Основное время при накатывании шлицев

$$t_0 = \frac{l + l_n}{S_m} \text{ мин} \quad (5.19)$$

где l – длина шлицев вала в мм;

l_n – величина подхода, врезания и перебега ролика в мм;

S_m – минутная подача в мм.

Продольная подача накатной головки – до 15 мм/с. Процесс накатывания является высокопроизводительным и точным.

Шлифование шлицев. Если шлицевое соединение центрируется по наружному цилиндру шлицев вала, то шлифуют только наружную его поверхность на обычных кругошлифовальных станках. Если шлицевое соединение центрируется по внутреннему цилиндру шлицев вала, то обычно шлифуют дно

впадины между шлицами и боковые их стороны. Шлифование дна впадины и боковых сторон шлицев может выполняться за одну или две операции. Шлифование в одну операцию производится одним фасонным шлифовальным кругом (рис. 5.23, б), имеющим форму впадины между шлицами, или тремя кругами, установленными на одну оправку: один шлифует впадину, а два других – боковые поверхности шлицев. Шлифование в две операции производится на двух шлифовальных станках: на первом шлифуют двумя цилиндрическими кругами боковые стороны шлицев, а на втором – одним кругом, заправленным по дуге, внутренний цилиндр шлицев. Станки с тремя кругами из-за сложности одновременной их правки применяют редко.

Шлифование фасонным кругом за одну операцию более производительно, чем шлифование коническими кругами методом обкатки, однако в этом случае станок должен быть оборудован сложным устройством для правки профиля круга, так как шлифовальный круг изнашивается неравномерно ввиду разных толщин слоев, снимаемых у боковых сторон и во впадине вала. Несмотря на это, данный способ широко применяется в машиностроении. Шлифование шлицев в две операции имеет меньшую производительность, но может обеспечить большую точность, чем при шлифовании в одну операцию. Для повышения точности обработки после каждого хода стола станка шлицевой вал поворачивается, и, таким образом, шлифовальный круг обрабатывает все впадины постепенно.

Припуск на шлифование обычно оставляют 0,15–0,2 мм.

Основное время при шлифовании шлицев

$$t_0 = \frac{(l + l_n)z_{ик}}{1000v_{см}} \text{ мин} \quad (5.20)$$

где l – длина шлицев в мм;

$l_n = \sqrt{h(D_u - h) + (10 \div 15)}$ – длина врезания, подхода и перебега в мм;

h – высота шлицев в мм;

D_u – диаметр шлифовального круга в мм;

Z – число шлицев;

$i \frac{z_{\text{г}}}{S_{\text{г}}}$ – число проходов;

$z_{\text{г}}$ – припуск на шлифование в мм;

$S_{\text{г}}$ – вертикальная подача (глубина шлифования) на один ход стола станка в мм;

$k = 1,15 \div 1,5$ – поправочный коэффициент при шлифовании;

$v_{\text{см}}$ – скорость стола в м/мин.

5.6. Изготовление крепежных деталей

5.6.1. Технологические особенности крепежных деталей

Крепежные детали (болты, гайки, шпильки, винты, шурупы и др.) в автомобильной и тракторной промышленности применяются широко, и выпуск их составляет многие миллионы штук. Поэтому автоматизация изготовления крепежа является важной задачей.

Материалом для деталей служат конструкционные углеродистые и легированные стали 30, 35, 40Х и др.

Расход металла при изготовлении крепежных деталей исчисляется сотнями тысяч тонн. Достаточно указать, что только на один автомобиль расходуется различного крепежа около 80 кг.

Многие заводы для своих нужд изготавливают стандартный крепеж, применяя технологические процессы, исходя из имеющегося на заводе оборудования. При этом используют автоматические линии на базе стандартного оборудования. Каждый болто- и гайковысадочный автомат изготавливает в смену 18 тыс. деталей.

На рис. 5.24 показана автоматическая линия для изготовления болтов М8Х45. Основными агрегатами автоматической линии являются: холодновысадочный двухударный автомат 1, шнековая моечная машина 2, нагревательное устройство 3, ламповый высокочастотный генератор 4, обслуживающий две линии и резьбонакатной автомат 5.

Для транспортирования деталей в линии предусмотрена гибкая связь – бункеры Б, лотки Л₁–Л₅, транспортеры Т₁–Т₂. Применяются также многопозиционные автоматы объемной холодной и горячей штамповки.

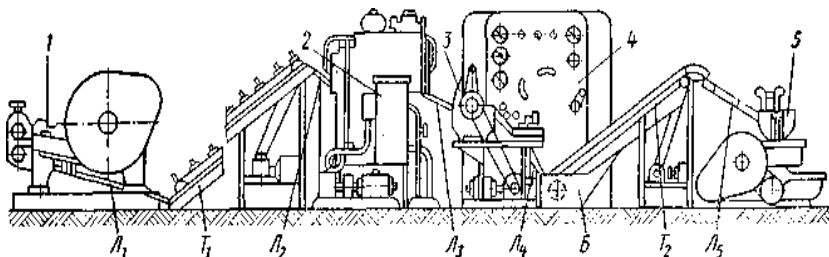


Рис. 5.24. Автоматическая линия изготовления болтов М8Х45

5.6.2. Объемная холодная штамповка болтов и гаек

Многопозиционная штамповка на прессах-автоматах состоит из операций отрезки, высадки, прессования и редуцирования. Резьба на болтах образуется на резьбонакатных станках, в гайках – на гайкорезьбонарезных.

Процесс изготовления болта холодной штамповкой (рис. 5.25) начинается с подачи стального прутка с бобины (1). Сначала прутки пропускаются через правильную машину и фильеру, а затем режутся на части (2). Полученные заготовки подаются в штамповочную машину, где производится их предварительная формовка, штамповка круглой головки, которой придается четырех- или шестигранная форма (3). Затем на торцевой части заготовки болта делается фаска (4), и наконец, с помощью двух плашек нарезается резьба (5).

Характерным в производстве чистых гаек на пятипозиционном автомате является использование сферического пуансона для наметки отверстия, а не цилиндрического или конического, которые применяются обычно. Такая конструкция пуансона обеспечивает лучшее заполнение кромок шестигранника, а кроме того, обеспечивается более равномерная нагрузка на инстру-

мент на всех позициях, что повышает его стойкость (снижаются удельные давления).

Технологический процесс осуществляется в следующей последовательности. На первой позиции производится осадка заготовки с выравниванием торцов, образованием углублений и штамповкой фаски с одной стороны. Затем заготовки переносятся на вторую позицию и поворачиваются на 180° . На второй позиции происходит предварительное образование шестигранника и штамповка большой фаски, после чего заготовка снова поворачивается на 180° и поступает на третью позицию, где происходит штамповка большой фаски и окончательное формообразование шестигранника. При переносе на четвертую позицию заготовка еще раз поворачивается на 180° . На этой позиции калибруется шестигранник и образуются углубления. На пятой позиции прошивается отверстие под резьбу.

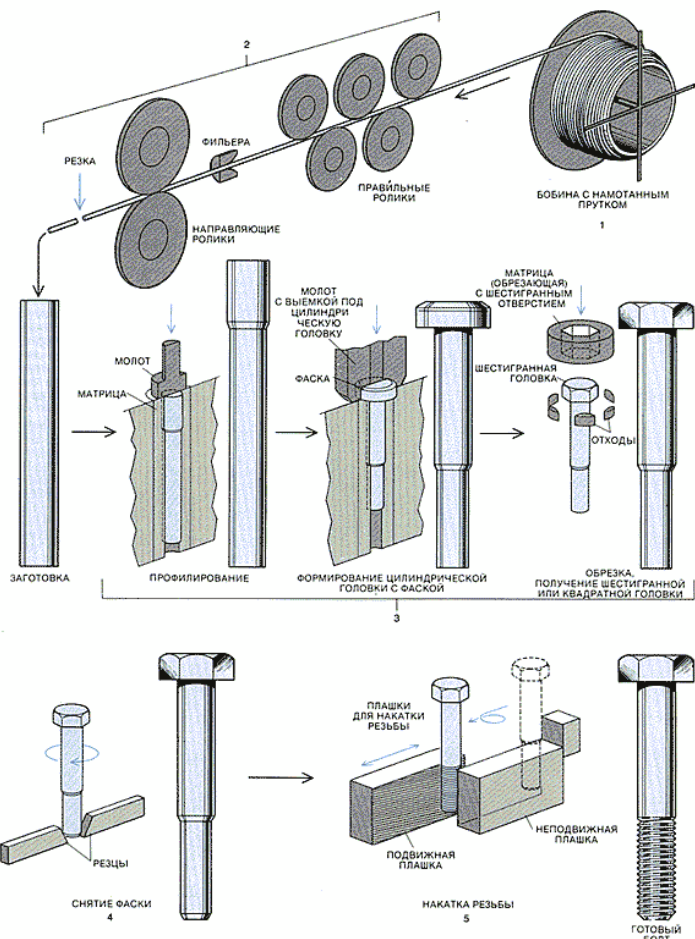


Рис. 5.25. Процесс изготовления болта холодной штамповкой

5.6.3. Объемная горячая штамповка гаек

Изготовление крупных гаек на горячештамповочных многопозиционных автоматах находит все более широкое применение.

На рис. 5.26 представлен узел инструмента для изготовления шестигранных гаек М22–М36 на горячештамповочном автомате А352 и технологические переходы.

Пруток, нагретый т. в. ч. до ковочной температуры, подается роликами до упора, отрезается в кольцевой матрице ножом отрезного ползуна и переносится в позицию 1, где при помощи подпружиненного пуансона 1 и матрицы 2 с подпружиненным выталкивателем 3 предварительно высаживается шестиграннык и образуются фаски. Затем заготовка переносится на позицию 2 для окончательного образования шестигранныка и наметки отверстий под резьбу (пуансон 4, матрица 5 и выталкиватель 6). На позиции 3 пуансоном 7 с подпружиненным выталкивателем 8 и матрицей 10 прошивается отверстие под резьбу, после чего готовая гайка снимается с пуансона съемником 9.

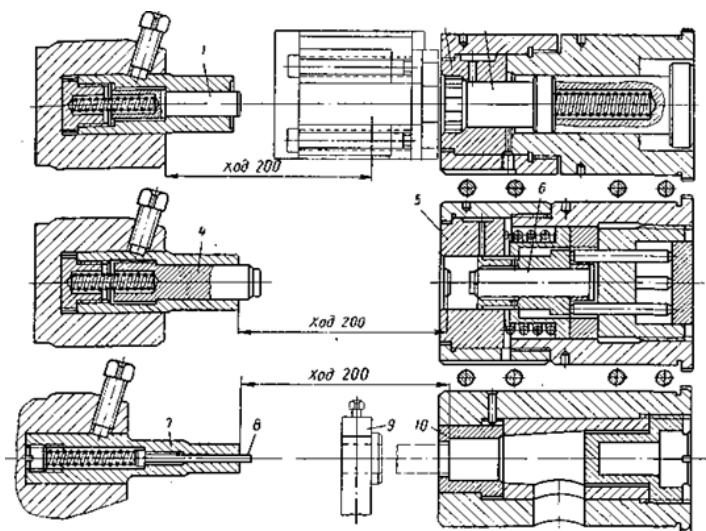


Рис. 5.26. Изготовление гаек на одноударном автомате

Автомат имеет предохранительные устройства для предотвращения перегрузки его механизмов в случаях неправильной фиксации заготовки в матрице.

5.7. Изготовление упругих элементов

Упругие элементы транспортной техники предназначены для смягчения и поглощения ударных нагрузок, обеспечения плавности хода машины. Упругие элементы подвески современных автомобилей могут быть рессорными; пружинными; торсионными; пневматическими. Наибольшее распространение на грузовых автомобилях имеет подвеска на листовых рессорах. Рессорная подвеска определяет кинематику колес и обеспечивает передачу всех видов усилий и моментов, а также гасит колебания за счет трения между листами и в шарнирах. Упругим элементом пружинных подвесок является спиральная пружина, которая обеспечивает эластичность независимой подвески и смягчает удары при наезде колеса на препятствия, что создает плавность хода автомобиля. Спиральная пружина, как и листовая рессора, должна обладать высокой усталостной прочностью при переменном нагружении ударными нагрузками.

Упругие элементы выполняют довольно сложные функции, что определяет их конструкцию и технологию изготовления. Надлежащее качество отмеченных упругих элементов обеспечивается технологическим процессом изготовления.

5.7.1. Спиральная пружина передней подвески автомобиля

Пружина передней подвески автомобиля изготавливается из стали 60С2А [5]. Исходным материалом является прутки диаметром $15,5_{-0,12}$ мм и длиной 2640_{-10} мм. Общий вид этой пружины показан на рис. 5.27.

240° min в плоскости T_1

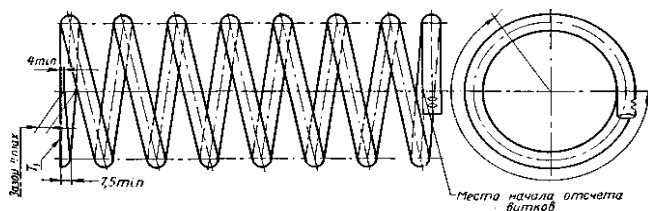


Рис. 5.27. Спиральная пружина подвески автомобиля

Пружина изготавливается по следующему технологическому процессу (табл. 5.3).

В связи с высокими требованиями к качеству поверхности пружины перед навивкой заготовку шлифуют для удаления дефектного слоя и получения более чистой и точной поверхности заготовки.

Кроме того, обработка размера заготовки в пределах 0,05 мм обеспечивает меньший разброс пружин по нагрузочной характеристике после термообработки. Внутренний диаметр навитой пружины зависит от характеристики материала прутка и размера оправки, диаметр которой (43 мм) выполняется с точностью 0,05 мм и чистотой обработки по 7-му классу. Количество витков, шаг и высота пружины определяются настройкой станка. Шлифование торцов пружины выполняется на специальном торце-шлифовальном станке. При этом пружина фиксируется по наружному диаметру

в кассетах специального диска, который вместе с пружиной перемещается относительно шлифовального круга. В связи с упругими отжатиями пружины при шлифовании торца эта операция выполняется в 4–5 проходов, что повышает точность высоты пружины и перпендикулярность шлифованного торца относительно оси пружины.

Таблица 5.3

Схема технологического процесса изготовления спиральной
пружины подвески автомобиля

Операция	Оборудование
Шлифование прутка в размер 14,7 _{-0,05} мм (риски не допускаются)	Бесцентрово-шлифовальный станок
Нагревание прутка под навивку до температуры 850–900 °С	Газовая печь
Навивка пружины с внутренним диаметром 87 _{-0,5} мм; число витков 8±1/8; высота пружины 280 мм	Специальный станок
Шлифование торца Т ₁ пружины (минимальная толщина конца витка 4 мм)	Шлифовальный станок
Снятие выступающего конца верхнего витка после шлифования	Наждачное точило
Термообработка:	
а) обмазывание пружины графитной смазкой окунанием	Бак с графитной смазкой
б) нагревание пружины под закалку до температуры 880 ⁺²⁰ °С за 30 мин	Нагревательная печь
в) отпуск пружины при температуре 550–600 °С, HRC 45–50	Отпускная печь, ванна
Упрочнение пружины дробью за 12 мин	Дробеметная установка
Обжатие пружины до соприкосновения витков (5 раз)	Гидравлический пресс
Шлифование торца Т ₁ пружины перпендикулярно оси (по мере надобности)	Шлифовальный станок
Снятие заусенцев по наружному и внутреннему диаметрам (по мере надобности)	Наждачное точило
Обрезка конца витка, толщи на которого менее 4 мм (по мере надобности)	То же
Окончательный контроль 100 % пружин:	–
а) внешний осмотр	–
б) пружина должна свободно надеваться на стержень диаметром 85,5 мм и	Плита

Операция	Оборудование
длиной 288 мм (допускается уменьшение диаметра нижнего витка до 85 мм, не менее) в) при установке пружины шлифованным торцом на плиту отклонение противоположного конца пружины от вертикали не должно превышать 8 мм; при установке пружины другим торцом на шайбу отклонение противоположного конца пружины от вертикали не должно превышать 10 мм г) высота пружины под нагрузкой 570–618 кГ 165 мм. В зависимости от нагрузки, вызывающей такую деформацию, рассортировать пружины на группы и заклеить их: 1- 1-я группа – нагрузка 570–586 кГ 2- 2-я группа – нагрузка 586–602 кГ 3- 3-я группа – нагрузка 602–618 кГ д) проверка наличия трещин	Стенд для испытания под нагрузкой Магнитный дефектоскоп масляная ванна с крокусом

Перед термообработкой пружины обмазывают графитной смазкой, состоящей из 30 % графита и 70 % веретенного масла 3. Обмазка производится опусканием пружин подъемником в ванну с графитной смазкой. Обмазка предохраняет верхние слои пружины от обезуглероживания. При нагреве пружины в печи контролируется температура в двух зонах самопишущими приборами ЭПД-12. Применение при закалке специального приспособления предотвращает коробление пружины.

Упрочнение пружины производится в дробеметной камере, куда загружаются 35 пружин одновременно. Для упрочнения применяется дробь диаметром 0,6–0,8 мм, изготовленная из проволоки по специальным техническим условиям. При упрочнении контролируется время наклепа (12 мин) и ток, потребляемый моторами турбинок. С целью стабилизации упругих свойств пружина подвергается пятикратному обжатию на гидравлических прессах до соприкосновения витков. При обрезке

конца витка необходимо между витками, в конце пружины, вкладывать специальную оправку, что обеспечит безопасную работу и более качественную обрезку витка, так как предотвратит возможное заклинивание отрезного круга.

5.8. Изготовление кузовных деталей

Требования к кузовным деталям и материалы для их изготовления.

Детали и сборочные единицы оперения, агрегаты системы охлаждения, агрегаты для очистки воздуха, масла и ряд других ответственных конструкций изготавливаются холодной штамповкой из листового проката или же штамповкой с последующим соединением этих деталей в сборочные единицы.

Детали, изготовленные холодной штамповкой из листа, имеют ряд преимуществ по сравнению с деталями, изготовленными другими методами.

Холодноштампованные детали имеют малый вес при высокой прочности и жесткости. Для таких деталей характерна низкая трудоемкость и высокий коэффициент использования металла. Как правило, такие детали являются взаимозаменяемыми. При изготовлении деталей холодной штамповкой применяют листовой прокат из черных и цветных металлов и их сплавов. Кроме того, штампуют детали из неметаллических материалов. Штамповка плоских деталей (без вытяжки) выполняется почти из любого материала, но изготовление деталей глубокой вытяжкой возможно только из металлов, обладающих высокой пластичностью. Основными показателями пластичности являются: относительное удлинение, поперечное сужение, предел прочности, предел текучести, отношение предела текучести к пределу прочности, твердость. Для штамповки глубокой вытяжкой лучше тот материал, у которого больше относительное удлинение, поперечное сужение и разность между пределом прочности и пределом текучести.

Установлено, что хорошие результаты глубокой вытяжки дает сталь с содержанием углерода 0,05–0,15 %. Но не всякая

низкоуглеродистая сталь обеспечивает качественную штампованную заготовку с глубокой вытяжкой при изготовлении деталей оперения автомобиля или трактора, требующих высококачественной декоративной отделки. На качество поверхности штампованной детали влияет величина зерна исходного металла. Стали, обеспечивающие высокое качество штамповки, имеют мелкозернистое строение. Определены оптимальные значения зернистости для этой группы сталей: для листа толщиной 0,8–2,0 мм размер зерна 26–37 мкм; при толщине листа 2,0–5,0 мм размер зерна 37–52 мкм; при толщине листа 5,0–6,0 мм размер зерна 70–80 мкм. Стали с более мелким зерном имеют более низкую пластичность и повышенное пружинение. Детали, изготовленные глубокой вытяжкой из сталей с крупнозернистым строением, имеют шероховатую поверхность, непригодную для тонкой декоративной отделки.

Неравномерная величина зерен металла приводит к образованию трещин вследствие неравномерности деформации и различной величины наклепа на отдельных участках штампуемой детали.

Лучшие результаты штамповки дает сталь, имеющая ферритную структуру или ферритную с небольшим содержанием пластинчатого перлита. Зернистый перлит обеспечивает хорошую деформируемость металла. Пластинчатый перлит снижает пружинение стали и способствует получению точных размеров у штампуемых деталей.

Для изготовления автомобильных деталей с весьма глубокой вытяжкой и высокой степенью отделки поверхности применяют листовую сталь, имеющую следующую характеристику:

отношение предела текучести к пределу прочности $\frac{\sigma_T}{\sigma_B} = 0,6$;

относительное удлинение $\delta = 44 \%$; твердость HRB 38. Для де-

талей, требующих глубокой вытяжки: $\frac{\sigma_T}{\sigma_B} = 0,65$; $\delta = 44 \%$; HRB

40. Для деталей с глубокой вытяжкой и незначительными де-

фектами на поверхности используют стали следующей характеристики: $\frac{\sigma_T}{\sigma_\delta} = 0,70$; $\delta = 40\%$; HRB 40.

Холоднокатаная сталь имеет склонность к старению, следствием чего является увеличение твердости, а значит, ухудшение штампуемости. Старение стали может быть устранено за счет деформации листов при небольшом их обжатии.

В соответствии с приведенной характеристикой качественная конструкционная тонколистовая сталь (холодно- и горячекатаная) имеет три группы: ВГ – для весьма глубокой вытяжки; Г – для глубокой вытяжки; Н – для нормальной вытяжки. Группа ВГ включает марки стали от Ст.05 до стали 20; группа Г – от стали Ст.08 до стали 35; группа Н – от стали Ст.08 до стали 50. Холоднокатаная сталь имеет большее относительное удлинение, чем горячекатаная сталь. Холоднокатаная листовая сталь, употребляемая для изготовления облицовочных автомобильных деталей, имеет жесткие допуски по толщине листа и высококачественную отделку поверхности. Так, например, холоднокатаные листы толщиной 0,2–1,2 мм имеют допуски на толщину $\pm(0,03–0,09)$ мм, а горячекатаные листы толщиной 0,5–1,2 мм имеют допуски на толщину $\pm(0,05–0,11)$ мм. По состоянию поверхности штампуемая сталь разделяется на 4 группы: 1-я – особо высокая отделка поверхности; 2-я – высокая отделка поверхности; 3-я – повышенная отделка поверхности; 4-я – нормальная отделка поверхности.

Холоднокатаные листы стали 1-й группы на лицевой стороне не могут иметь поверхностные дефекты; на стороне, противоположной лицевой, допускаются незначительные дефекты в виде рябизны или легких царапин в пределах 1/4 допуска на толщину листа. На лицевой стороне холоднокатаных листов из стали 2-й группы допускаются незначительные дефекты в виде рябизны и легких царапин в пределах 1/2 допуска на толщину листа. На стороне, противоположной лицевой, допускается легкая рябизна, мелкие поры и раковины, легкие царапины и отпечатки от валков в пределах 1/2 допуска на толщину листа. Холоднокатаные и горячекатаные листы из стали 3-й группы на

лицевой стороне могут иметь рябизну, мелкие царапины, мелкие риски, отпечатки от валков в пределах $1/2$ допуска на толщину листа. На стороне, противоположной лицевой, допускаются рябизна, мелкие царапины, мелкие риски, мелкие поры и раковины, отпечатки валков в пределах допуска на толщину листа.

Горячекатаные листы из стали 4-й группы на обеих сторонах могут иметь дефекты, аналогичные дефектам 3-й группы, в пределах допуска на толщину листа. Кроме того, на стороне, противоположной лицевой, допускаются вдавлины с размерами в тех же пределах.

Чистота поверхности холоднокатаной неполированной листовой стали достигает 7-го класса, полированной – 9-го класса. Сталь высокого качества позволяет получить больше переходов штамповки при вытяжке без промежуточного отжига. Если при нормальных условиях штамповки из листовой стали происходит разрыв листа или образуются трещины, то такая сталь непригодна для деталей глубокой вытяжки. Эти явления могут иметь место по следующим причинам: 1) слишком крупнозернистая структура стали за счет неправильного режима отжига; 2) коррозия металла на поверхности, вызывающая значительное трение, а, следовательно, и торможение, ведущее к разрыву листа; 3) наличие в стали плен, волосовин и посторонних включений, резко снижающих прочность листа; 4) наличие внутренних напряжений; 5) неравномерная толщина листа; 6) поверхностные дефекты листа и др.

Конструирование деталей большого габарита, изготавливаемых глубокой вытяжкой, целесообразно при установившемся производстве, когда масштаб производства позволяет производить затраты на изготовление дорогостоящей технологической оснастки. При малых масштабах производства крупногабаритные детали глубокой вытяжки целесообразно расчленить на более мелкие детали, после изготовления которых можно соединить их в сборочные единицы сваркой или клепкой.

Штамповка деталей холодной вытяжкой тесно связана с конструированием детали. Имеют место случаи, когда разработка технологического процесса и конструирование штампа вызывают корректировку конструкции детали. Конструкция детали

должна обеспечить эксплуатационные требования и требования технологии изготовления.

В условиях поточно-массового производства существенную роль играет снижение трудоемкости и металлоемкости конструкции. Снижение трудоемкости достигается не только за счет рациональной формы детали, но и совмещением операций, применением многорядной штамповки, механизацией и автоматизацией' процесса, а также за счет организации поточных и автоматических линий штамповки. Указанные мероприятия требуют дополнительных затрат, но они быстро окупаются при большом выпуске изделий.

В условиях мелкосерийного производства изготовление специальной оснастки становится нерентабельным, поэтому штамповку производят на упрощенных и универсальных штампах. Совмещение нескольких операций в одном штампе сокращает трудоемкость штамповки и длительность технологического цикла, уменьшает количество штампов и число единиц оборудования для изготовления детали, что, в свою очередь, сокращает внутрицеховую транспортировку и упрощает технологическое планирование. Совмещение нескольких операций на одном штампе повышает точность изготовления за счет сокращения погрешностей установок штампуемой заготовки. Механизация и автоматизация процессов штамповки осуществляется за счет применения прессов-автоматов, штампов-автоматов, специальных устройств, автоматизирующих подачу материала в зону обработки и удаление деталей со штампа, а также за счет создания автоматизированных и автоматических линий.

По сложности штамповки цилиндрические детали являются наиболее простыми; более сложными являются ступенчатые детали в виде тел вращения, детали коробчатой формы, а весьма сложными – полые детали сложной пространственной формы, как, например, детали облицовки автомобиля.

Отштампованные облицовочные детали кузова и кабины автомобиля должны иметь высокое качество поверхности, так как на них наносятся тонкие декоративные покрытия. Поэтому на поверхностях этих деталей не допускаются волны, складки, вмятины, царапины и другие дефекты. Это указывает на то, что

вытяжка таких деталей имеет существенное значение, и она определяет возможность и целесообразность изготовления штампованной детали. Деталям с глубокой вытяжкой следует придавать по возможности упрощенную форму. Глубину отдельных элементов конструкции следует давать из условий формообразования детали.

При конструировании пространственных полых деталей для облицовки автомобиля следует обеспечить правильный выбор соотношений размеров поперечного сечения и глубины вытяжки. Кроме того, необходимо правильно установить радиусы сопряжений на переходах между различными сечениями, пользуясь нормативными данными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология машиностроения. /Под ред. *А.М. Дальского*. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, т.1, 1999.
2. Технология машиностроения. /Под ред. *Г.Н. Мельникова*. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Т.2, 2001.
3. *Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л.* Технология машиностроения. – М.: Высш. шк., 1976.
4. *Корсаков В.С.* Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1977.
5. *Гурин Ф.В., Клепиков В.Д.* и др. Технология автотракторостроения. М.: Машиностроение, 1981.
6. *Тайц В.Г.* Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М: Академия, 2007.
7. *Ковшов А.Н.* Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1987.
8. *Косилова А.Г., Сухов М.Ф.* Технология производства подъемно-транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1982.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ.....	5
1.1 Погрешности обработки.....	5
1.2 Методы расчета точности технологических Процессов.....	11
1.3 Понятие о базах и базировании. Правило «шести точек».....	15
1.4 Типовые схемы базирования деталей при обработке..	20
1.5 Классификация баз.....	22
1.6 Принципы базирования.....	26
2. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	27
2.1 Показатели качества поверхности.....	27
2.2 Факторы, влияющие на качество поверхности.....	32
2.3 Методы измерения и оценки качества поверхности..	37
3. СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	40
3.1 Назначение и классификация станочных приспособлений.....	40
3.2 Конструктивные элементы станочных приспособлений.....	42
3.3 Методика конструирования специальных приспособлений.....	52
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ.....	54
4.1 Информация, необходимая для проектирования ТП..	54
4.2 Последовательность проектирования единичного ТП механической обработки.....	55
4.3 Оработка конструкции на технологичность.....	55
4.4 Порядок определения типа производства.....	60
4.5 Выбор методов получения исходных заготовок....	65
4.6 Выбор технологических баз для установки заготовок..	76
4.7 Составление планов обработки отдельных поверхностей (определение состава технологических переходов).....	77
4.8 Рекомендации к построению общего маршрута	

обработки.....	79
4.9 Технический контроль.....	82
4.10 Типизация технологических процессов.....	83
5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ.....	89
5.1 Изготовление корпусных деталей.....	89
5.1.1. Изготовление крышки коробки передач.....	90
5.1.2. Изготовление блоков цилиндров автомобильных и тракторных двигателей.....	94
5.2 Изготовление деталей класса «круглые стержни»...	101
5.2.1. Конструктивные и технологические особенности деталей класса «круглые стержни».....	101
5.2.2. Технологический процесс изготовления коленчатого вала.....	104
5.2.3. Технологический процесс изготовления распределительных валов.....	116
5.2.4. Технологический процесс изготовления ступенчатых валов.....	119
5.3 Изготовление деталей класса «полые цилиндры»...	122
5.3.1. Конструктивные и технологические особенности деталей класса «полые цилиндры».....	122
5.3.2. Технологический процесс изготовления гильз цилиндров.....	123
5.3.3. Технологический процесс изготовления ступицы колеса.....	127
5.4 Изготовление деталей класса «некруглые стержни».	128
5.4.1. Конструктивные и технологические особенности рычагов.....	128
5.4.2. Изготовление балки переднего моста грузового автомобиля.....	129
5.4.3. Технологический процесс изготовления шатунов.....	132
5.5 Изготовление деталей класса «диски» и способы получения зубчатых и шлицевых соединений.....	136
5.5.1. Изготовление деталей класса «диски».....	136
5.5.2. Изготовление зубьев цилиндрических колес.....	143
5.5.3. Нарезание зубьев червячных колес.....	165
5.5.4. Изготовление зубьев конических колес с прямыми	

зубьями.....	167
5.5.5. Изготовление зубьев конических колес с криволинейными зубьями.....	168
5.5.6. Закругление зубьев.....	172
5.5.7. Методы контроля зубчатых колес.....	174
5.5.8. Изготовление шлицевых валов.....	175
5.6 Изготовление крепежных деталей.....	179
5.6.1. Технологические особенности крепежных деталей..	179
5.6.2. Объемная холодная штамповка болтов и гаек.....	180
5.6.3. Объемная горячая штамповка гаек.....	182
5.7 Изготовление упругих элементов.....	184
5.7.1. Спиральная пружина передней подвески автомобиля...	184
5.8 Изготовление кузовных деталей.....	188
Библиографический список.....	194

Учебное издание

Шолпан Даулетовна Ахметова

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ
ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Учебное пособие

Нач. РО НТИЦ

З.А. Губайдулина

Редактор

Г.М. Дюсенбаева

Компьютерная верстка

А.Б. Аришова

Подписано в печать 10.07.2013 г.

Тираж 300. Формат 60 x 84x 1/16. Бумага типогр. №1.

Уч.-изд.л. 12.3. Усл. 11,4 п.л. Заказ № 175.

Издание Казахского национального технического
университета имени К.И. Сатпаева

Информационно-издательский центр КазНТУ

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-228-522-2



9