

1.3. МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Цель лекции: *изучение основных методов формообразования в приборостроении.*

1.3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В конструкции современных приборов используется большое количество разнообразных металлических и неметаллических деталей, выполняющих различные функции: детали, образующие несущую конструкцию приборов и обеспечивающие устойчивость ее к механическим нагрузкам и климатическим воздействиям; элементы управления, без которых невозможна эксплуатация приборов; корпусные детали, обеспечивающие эргономические и эстетические характеристики приборов; детали электромеханических узлов — накопителей на магнитных дисках, датчиков, печатающих устройств, преобразователей, графопостроителей, сканеров и др. На рис. 1.13 приведен внешний вид вычислительно-управляющей системы с входящими в нее устройствами, встроенной в базовый несущий каркас. Данная система состоит из металлических и неметаллических деталей, технологические методы изготовления которых различны и требуют разнообразного технологического оборудования, соответствующей оснастки и приспособлений. К таким методам относятся (см. рис. 1.14): обработка материалов резанием (механообработка), литье, обработка давлением, электрохимические и электрофизические методы, обработка пластмасс.

Если трудоемкость изготовления приборов принять за 100 %, то операции механической обработки могут составлять до 15 %, операции литья деталей — до 3 %, операции обработки давлением — до 18 %, операции переработки пластмасс — до 12 %, электрофизические и электрохимические операции — до 5 %, остальное — сборка и монтаж.

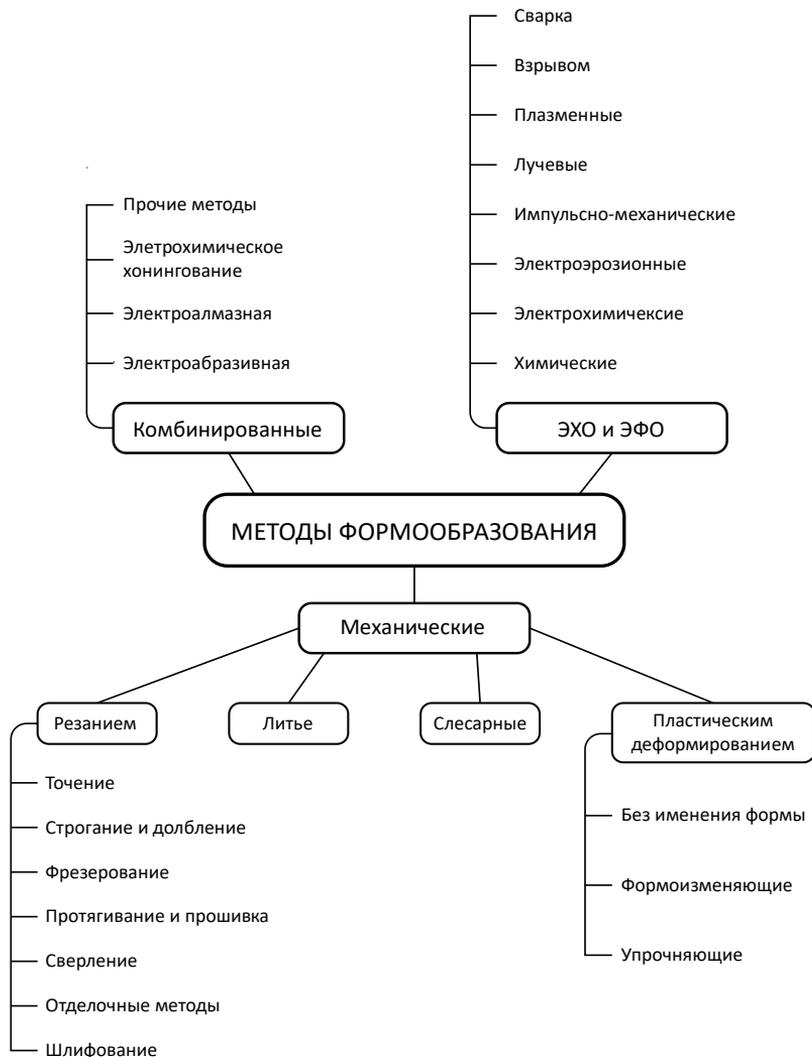


Рис. 1.14. Классификация методов формообразования

Обработка металлических и неметаллических деталей для ПРИБОРОВ проводится на различных металлорежущих станках, подразделяемых по степени автоматизации работы на универсальные станки, полуавтоматические, станки-автоматы, станки с числовым программным управлением, станки типа «обрабатывающий центр». Универсальные станки используют для опытного, ремонтного и мелкосерийного производства, станки-автоматы — для крупносерийного и массового производства. В серийном производстве широко применяют станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и обрабатывающие центры.

1.3.2. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ РЕЗАНИЕМ

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ТОЧЕНИЕМ

Токарные станки предназначены для обработки деталей в форме тел вращения, имеющих цилиндрические, конические, фасонные, сферические, винтовые поверхности, а также торцевые плоскости. Это детали в виде осей, втулок, роликов лентопротяжных механизмов и т. д. В качестве заготовок таких деталей используют штучные и прутковые заготовки. На рис. 1.15 приведены основные виды работ, выполняемых на токарных станках с использованием резцов.

Режущую кромку резца составляет клин (см. сечение I—I на рис. 1.15), который имеет передний γ и задний угол резания α для уменьшения трения по поверхности резания при точении. Чем больше эти углы, тем острее клин режущей кромки резца и тем меньше его прочность. При обработке прочных, хрупких материалов эти углы минимальны или равны нулю, а при обработке мягких материалов они равны $5 \dots 15^\circ$ (табл. 1.11).

Таблица 1.11.

Точность деталей при обработке резанием

Вид обработки резанием	Класс точности	Квалитет точности
Точение на станках:		
токарных	2—5	6—12
токарно-револьверных	3—4	8—11
Точение на станках-автоматах:		
токарно-револьверных	3—4	8—11
продольного точения	2—3	6—8
многошпиндельных	4—5	11—12
Фрезерование и строгание	2—5	6—13
Шлифование	1—3	5—8
Сверление	4—5	11—13
Зенкерование и растачивание	2—5	6—12
Развертывание	1—3	5—9
Протягивание	2	6

Заготовка в процессе точения вращается с частотой:

$$n_3 = \frac{1000v}{\pi d},$$

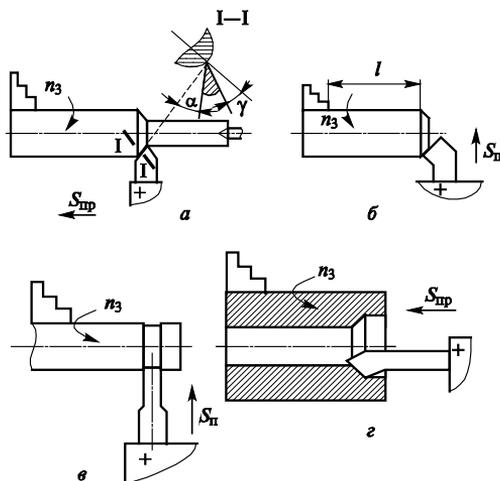


Рис. 1.15. Обработка деталей на токарном станке:

a — обработка проходным резцом с продольной подачей $S_{пр}$; *б* — подрезка торца с поперечной подачей $S_{п}$; *в* — прорезка канавки и отрезка; *г* — растачивание отверстия

где v — скорость резания, м/мин, которая зависит от обрабатываемого материала и материала резца; d — диаметр обработки, мм.

Резец может перемещаться вдоль заготовки (продольная подача $S_{пр}$) и поперек заготовки (поперечная подача $S_{п}$). От величины подачи S зависит шероховатость получаемой поверхности — чем меньше S , тем меньше шероховатость и выше качество поверхности и наоборот.

Короткие заготовки, в которых отношение длины l к диаметру d меньше пяти, при обтачивании закрепляют в трехлапчатом патроне. Длинные заготовки ($l/d = 5 \dots 12$) закрепляют в центрах или в патроне и в центре (см. рис. 1.16, *a*).

На токарных станках можно получать конические и фасонные поверхности. На рис. 1.16 показаны схемы обработки конической (см. рис. 1.16, *a*) и фасонной (см. рис. 1.16, *б*) поверхностей.

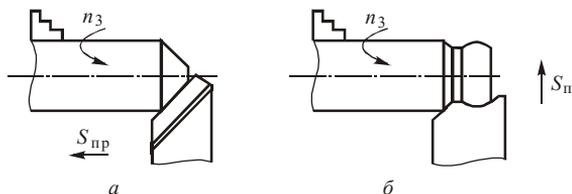


Рис. 1.16. Получение конической (*a*) и фасонной (*б*) поверхностей на токарном станке

Нарезание резьбы на токарных станках осуществляется как резьбонарезными резцами, так и *плашками* (наружная резьба) и *метчиками* (внутренняя

резьба). Отверстия в цельной заготовке получают сверлением. Если после сверления требуется получить отверстие большего диаметра, то его растачивают специальными резцами.

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ СТАНКАХ

Токарно-револьверные станки предназначены для последовательной обработки закрепленной заготовки несколькими разными инструментами. Для обработки применяют резцы, осевые инструменты (сверла), фасонные, комбинированные и специальные инструменты; резьбонарезные инструменты (метчики, плашки, резьбонарезные головки), накатки и др. В качестве заготовки используют прутки различного сечения и штучные заготовки.

Обработка деталей на токарно-револьверных станках ведется по методу автоматического получения размеров, когда станок предварительно настраивают на изготовление определенной детали или группы деталей (при групповой обработке). Настройку проводят с использованием продольных и поперечных упоров. При выполнении каждого перехода необходимо знать длину рабочих ходов инструментов, которая определяется по схеме обработки детали.

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ АВТОМАТАХ

Для изготовления деталей ЭА широко применяют универсальные токарные станки-автоматы: одношпиндельные продольного точения, токарно-револьверные и резе горизонтальные многошпиндельные. Все они предназначены для обработки деталей, имеющих форму тел вращения и требующих большого числа разнообразных режущих инструментов. В основном автоматы предназначены для обработки деталей при крупносерийном и массовом производстве, однако в последнее время широко внедряются групповые методы обработки, которые позволяют применять токарные автоматы в серийном и мелкосерийном производстве для обработки небольших партий заготовок. Точность и параметры шероховатости, достигаемые при обработке на станках-автоматах, приведены в табл. 1.11.

Обработку деталей на *одношпиндельных токарных станках-автоматах продольного точения* осуществляют в крупносерийном и массовом производстве при изготовлении деталей из холоднотянутых калиброванных прутков диаметром 3...25 мм. Автоматы предназначены для обработки деталей с большим отношением длины к диаметру методом продольного точения (рис. 1.17). При сочетании продольной подачи прутка 1 и поперечной подачи инструментов 2, расположенных на поперечных суппортах, можно обрабатывать детали сложной конфигурации. Продольная подача осуществляется перемещением шпиндельной бабки 3 или пиноли шпинделя. Цилиндрические, конусные, сферические поверхности получают в результате согласованных дви-

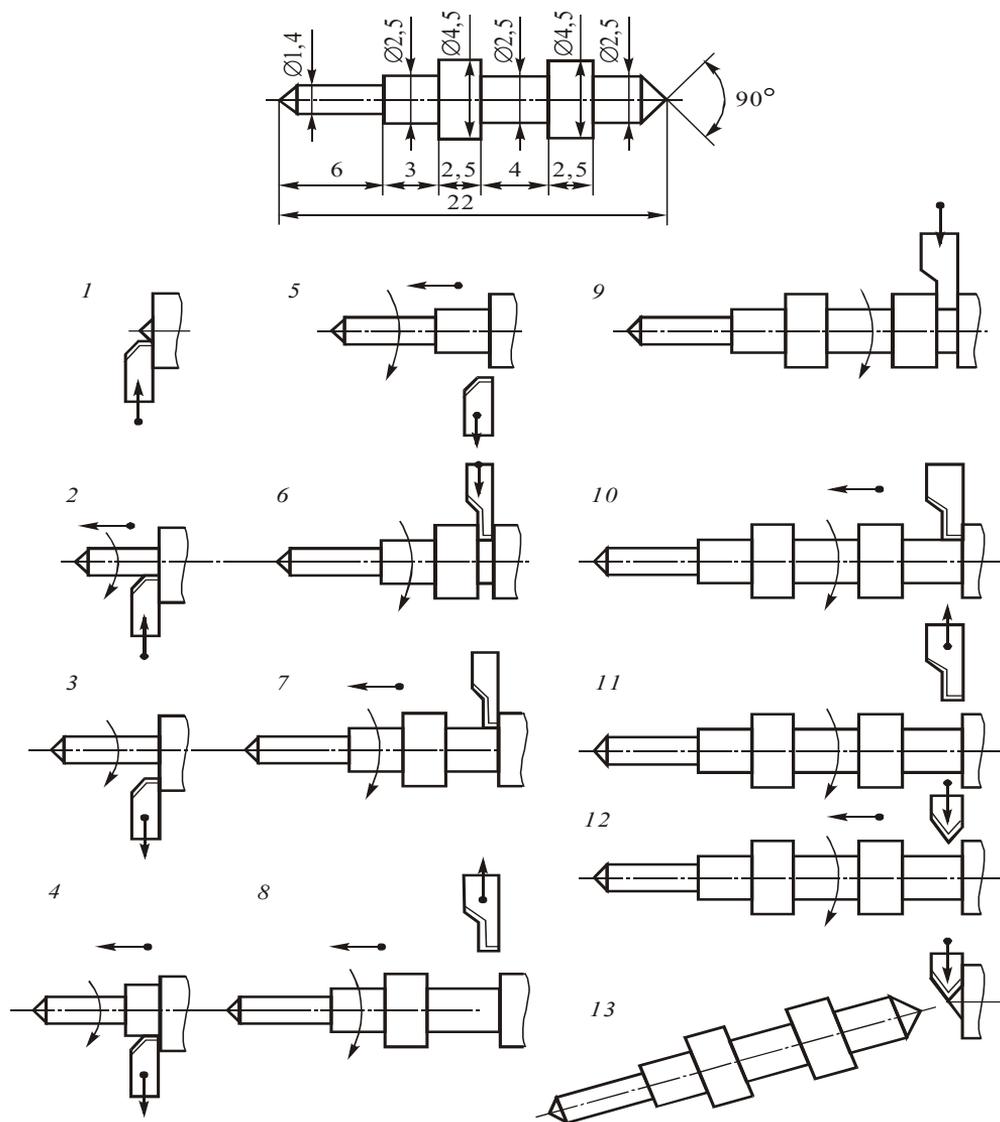


Рис. 1.18. Схема обработки детали на автомате продольного точения:

1— подвод проходного резца; 2— обтачивание $\varnothing 1,4$; 3— отвод проходного резца на $\varnothing 2,5$; 4— обтачивание $\varnothing 2,5$; 5— отвод проходного резца; 6— протачивание канавки; 7— обтачивание $\varnothing 2,5$; 8— отвод канавочного резца; 9— протачивание канавки; 10— обтачивание $\varnothing 2,5$; 11— отвод канавочного резца; 12— подвод отрезного резца; 13— отрезка с одновременным получением конических поверхностей

На рис. 1.18 приведена схема обработки детали на станке-автомате продольного точения. В таких станках прутки имеют левое вращение (по часовой стрелке). Это означает, что невращающейся плашкой можно нарезать только левую резьбу.

Правую резьбу нарезают методом обгона. При этом шпиндель резьбонарезного устройства вращается в ту же сторону, что и прутки, но с некоторым обгоном, равным скорости нарезания резьбы. После нарезания резьбы шпиндель резьбонарезного устройства тормозится и происходит автоматическое свинчивание плашки (метчика).

Аналогично при невращающемся шпинделе сверлильного приспособления работу можно проводить левыми сверлами. Если необходимо использовать правые сверла, то шпинделю приспособления сообщают вращение с частотой, превышающей частоту вращения шпинделя автомата с прутком.

На *токарно-револьверных станках-автоматах* изготавливают детали сложной формы по 8—11 квалитету с параметрами шероховатости $Ra = 2,5 \dots 0,63$ мкм. Принцип работы токарно-револьверного автомата представлен на рис. 1.19. Заготовка-пруток 1 размещается в шпиндельной бабке 2, установленной жестко на станине. Шпиндель автомата имеет левое вращение (по часовой стрелке) при обточке и правое вращение (против часовой стрелки) при нарезании резьбы невращающимся резьбонарезным инструментом, устанавливаемым в револьверной головке.

Станок-автомат имеет два или три (реже четыре) поперечных суппорта 3, совершающих поперечную подачу $S_{\text{п}}$, и один продольный револьверный суппорт 5, на котором установлена поворотная шестипозиционная револьверная головка 4 с инструментами 6 для обработки с продольной подачей $S_{\text{пр}}$. В одном гнезде револьверной головки устанавливается упор, до которого подается прутки на необходимую длину, которая равна длине обрабатываемой детали плюс ширина отрезного резца (рис. 1.19).

Большинство рабочих операций выполняют при левом вращении шпинделя, а нарезание резьбы, развертывание и некоторые другие операции - при более медленном правом вращении. Переключение направлений вращения шпинделя проводится автоматически. Всеми действиями автомата управляют кулачки, установленные на распределительном валу. За один оборот распределительного вала получается готовая деталь. После отрезки детали и отхода отрезного резца проводится быстрая подача прутка до упора, затем последовательная обработка заготовки режущими инструментами, устанавливаемыми в рабочую позицию при периодическом повороте револьверной головки, и инструментами поперечных суппортов.

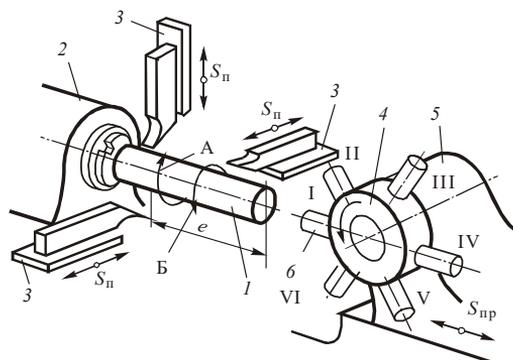


Рис. 1.19. Схема работы токарно-револьверного станка-автомата:

1 — пруток; 2 — шпиндельная бабка; 3 — поперечные суппорты; 4 — револьверная головка; 5 — продольный (револьверный) суппорт; 6 — инструменты

На рис. 1.20 приведена схема обработки детали на токарно-револьверном станке-автомате. Чертеж обрабатываемой детали размещен в верхней части рисунка.

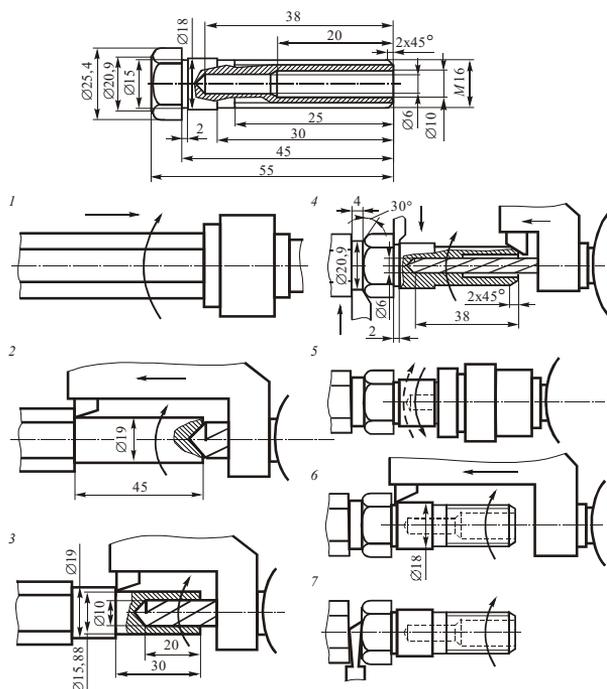


Рис. 1.20. Схема обработки детали на токарно-револьверном станке-автомате:

1 — подача до упора; 2 — обтачивание $\varnothing 19$ и центрование; 3 — обтачивание $\varnothing 15,88$ и сверление $\varnothing 10$; 4 — сверление $\varnothing 6$, снятие фаски и проточка канавки; 5 — нарезание резьбы; 6 — чистовое обтачивание $\varnothing 18$; 7 — отрезка.

1.3.3. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ И СВЕРЛЕНИЕМ

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Фрезерованием обрабатывают в основном плоские поверхности, пазы, уступы, фасонные поверхности и канавки, а также отрезают заготовки. Для фрезерования используют универсальные фрезерные станки: вертикально- и горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные; фрезерные станки с ЧПУ для обработки сложных поверхностей; обрабатывающие центры с набором различных инструментов, работающие по программе.

Инструментом для фрезерования являются фрезы: цилиндрические с прямым и винтовым зубом; торцевые, концевые и фасонные. Цилиндрические фрезы применяют для обработки плоскостей. На рис. 1.21 представлена схема обработки плоскости цилиндрической фрезой с винтовым зубом. Заготовка 2 установлена и закреплена на столе 3 фрезерного станка и подается с подачей S на вращающуюся фрезу 1, которая удаляет слой материала толщиной t . Зубья 4 фрезы располагаются по винтовой линии на поверхности цилиндра под углом α , что обеспечивает равномерное врезание зуба в материал заготовки без удара. Вращение фрезы $n_{\text{фр}}$ осуществляется по часовой стрелке (см. рис. 1.21) навстречу подаче заготовки. Такое фрезерование называется встречным. Зуб фрезы в этом случае врезается в материал заготовки с минимальным припуском, что приводит к повышенному износу инструмента. Эту схему рекомендуется использовать для обработки заготовок, имеющих на поверхности корку (окалину).

Фрезерование, при котором фреза вращается против часовой стрелки, называют попутным по отношению к подаче фрезерования. Такую схему рекомендуется применять в том случае, если на поверхности заготовки отсутствует корка.

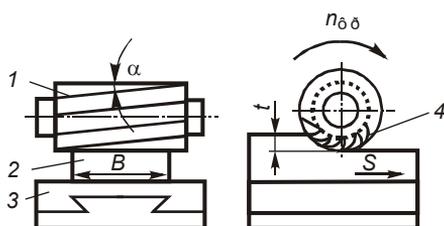


Рис. 1.21. Схема фрезерования детали цилиндрической фрезой с винтовым зубом

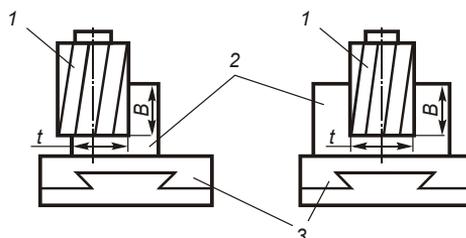


Рис. 1.22. Схемы обработки детали концевой фрезой

Для отрезания заготовок или фрезерования прямоугольных канавок используют цилиндрические фрезы с различной шириной режущей поверхности.

Для высокопроизводительной и точной обработки поверхностей деталей применяют торцевые фрезы, имеющие режущие кромки на торце фрезы. Фреза, которая имеет режущие кромки и на цилиндрической, и на торцевой поверхности, называется концевой. С помощью такой универсальной фрезы можно фрезеровать канавки, уступы и пр. (рис. 1.22).

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ СВЕРЛЕНИЕМ

Обработку деталей на сверлильных станках проводят многолезвийным осевым инструментом: сверлами, зенкерами, развертками. Соответственно названию инструмента называются операции: сверление, зенкерование, развертывание. *Сверлением* получают отверстия в сплошном материале, *рассверливанием* увеличивают диаметр обрабатываемого отверстия, *зенкерованием* повышают качество уже имеющегося отверстия, *развертыванием* осуществляют чистовую обработку отверстия. На рис. 1.23 приведены основные схемы обработки осевым инструментом на сверлильном станке. Инструмент вращается с частотой n , определяемой по выражению $n = 1000V/(\pi d)$, где V — скорость резания, м/мин; d — диаметр инструмента, мм. Шероховатость получаемых отверстий определяется величиной подачи инструмента (мм/об).

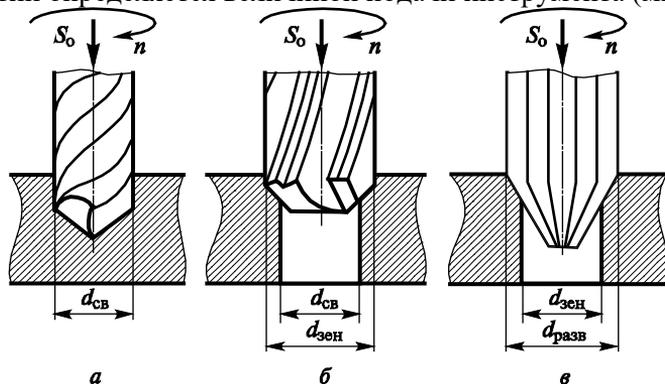


Рис. 1.23. Схемы обработки деталей на сверлильном станке осевым инструментом: *a* — сверление; *б* — зенкерование; *в* — развертывание

В группу сверлильных станков входят вертикально-сверлильные, горизонтально-сверлильные (агрегатные), радиально-сверлильные, многошпиндельные станки. По назначению и конструкции сверла делятся на спиральные (винтовые), перовые, твердосплавные с прямыми, косыми и винтовыми канавками, сверла для глубокого и кольцевого сверления, центровочные и специальные. Изготавливают сверла из быстрорежущей стали (P9, P18 и др.) и твердых сплавов (ВК6, ВК8 и др.).

1.3.4. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ШЛИФОВАНИЕМ

Шлифование — процесс обработки металлических и неметаллических материалов абразивным инструментом, режущими элементами которого являются зерна абразивных материалов, связанных друг с другом связующим веществом. Шлифование обеспечивает высокую точность (до 5-го качества) и 7—12-й классы шероховатости поверхности.

Основными видами шлифования являются: наружное круглое, бесцентровое наружное шлифование, внутреннее и плоское шлифование.

Наружное круглое шлифование в центрах применяют для обработки цилиндрических поверхностей. Основные методы наружного круглого шлифования — шлифование с продольной и с поперечной подачей.

При шлифовании с продольной подачей (рис. 1.24, а) шлифовальный круг совершает два движения: вращательное вокруг оси (скорость резания V_k) и поступательное в направлении, перпендикулярном к оси обрабатываемой детали (поперечная подача $S_{\text{п}}$). Заготовка тоже получает два движения: вращательное вокруг своей оси со скоростью V_3 и поступательное вдоль оси (продольная подача $S_{\text{пр}}$).

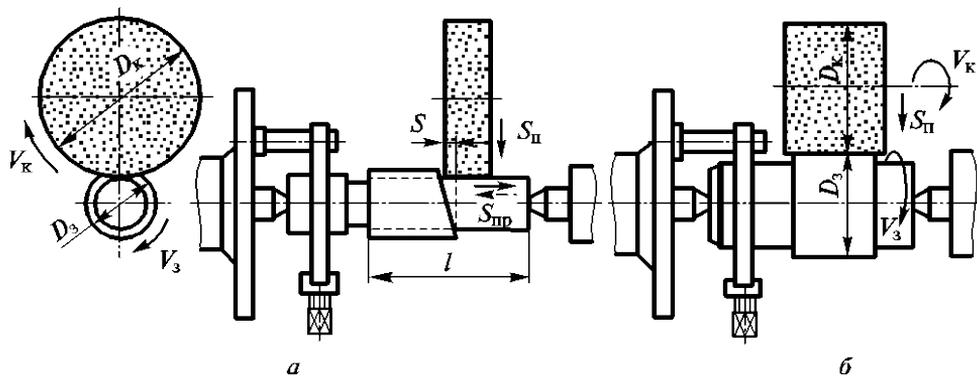


Рис. 1.24. Схемы наружного круглого шлифования с продольной (а) и поперечной (б) подачей инструмента

Поперечная подача $S_{\text{п}}$ шлифовального круга осуществляется после возвращения заготовки в исходное положение.

При шлифовании с поперечной подачей или методом врезания (рис. 1.26, б) шлифовальный круг и обрабатываемая заготовка имеют вращательное движение. Поперечная подача $S_{\text{п}}$ осуществляется шлифовальным кругом в поперечном направлении перпендикулярно к оси заготовки. Шлифовальный круг перекрывает всю длину обрабатываемой поверхности заготовки.

Шлифовальный круг вращается с окружной скоростью $V_k = 25 \dots 30$ м/с. Заготовка, установленная в центрах передней и задней бабок или на оправке, вра-

щается с окружной скоростью $V_3 = 5 \dots 100$ м/мин в направлении, противоположном направлению вращения шлифовального круга.

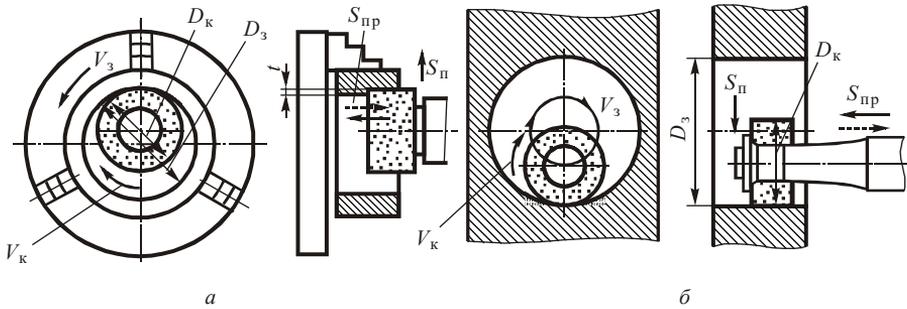


Рис. 1.26. Схемы внутреннего шлифования отверстия во вращающейся детали (а) и в неподвижной детали — планетарное шлифование (б)

Внутреннее шлифование проводят шлифовальными кругами, диаметр которых меньше диаметра заготовки (рис. 1.25). Внутреннее шлифование осуществляют двумя способами: шлифование отверстия во вращающейся детали (рис. 1.25, а) и шлифование отверстия в неподвижной детали — планетарное шлифование (рис. 1.25, б). Первый способ применяют в основном при обработке отверстий в деталях относительно небольших размеров, имеющих форму тел вращения. Второй способ применяют при обработке деталей, которые неудобно закреплять в патроне станка. В этом случае шлифовальный круг совершает три движения: вращательное движение вокруг своей оси V_k , круговое (планетарное) движение вокруг отверстия заготовки и возвратно-поступательное движение (продольное) $S_{пр}$. Скорость вращения вокруг оси отверстия заготовки представляет собой как бы скорость вращения заготовки V_3 . Поперечная подача при внутреннем шлифовании осуществляется движением стола станка.

Плоское шлифование является основным методом чистовой обработки плоскостей деталей. Применяют два способа плоского шлифования (рис. 1.26): периферией и торцом круга на станках с прямоугольным и круглым столом.

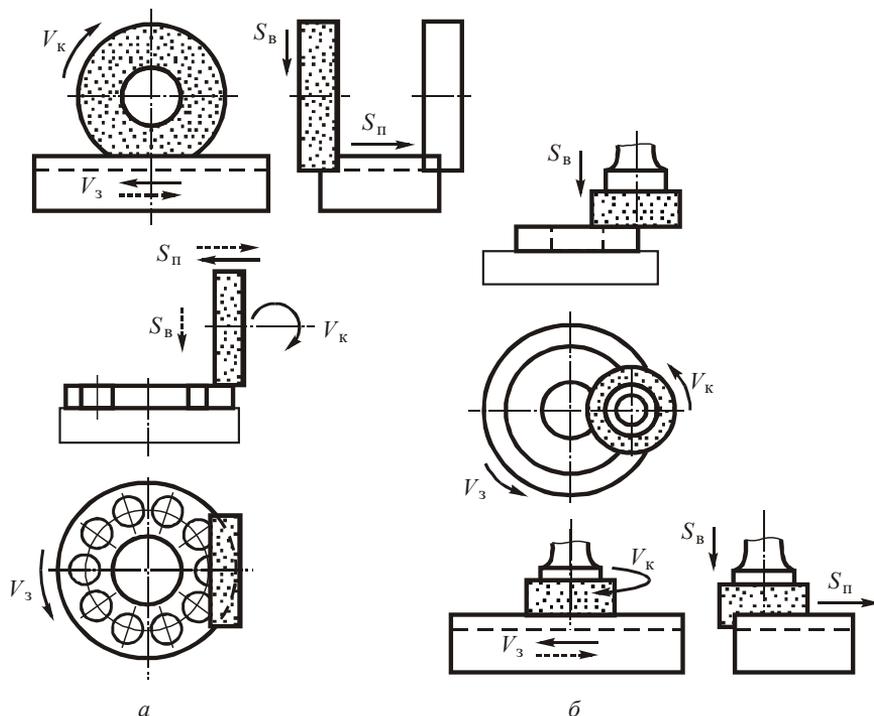


Рис. 1.26. Схемы плоского шлифования:

а — периферией шлифовального круга; *б* — торцем шлифовального круга

При шлифовании на прямоугольных столах деталь совершает возвратно-поступательное движение со скоростью V_3 , а круг (вращаясь со скоростью V_k) — поперечную подачу S_{Π} в конце каждого продольного хода.

Для снятия всего припуска на обработку шлифовальный круг совершает движение вертикальной подачи S_B на глубину шлифования в конце каждого поперечного хода круга.

ШЛИФОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН

Полученные после резания слитка полупроводниковые пластины обладают рядом нарушений, к которым относятся наличие механически нарушенного слоя,

неплоскостность и непараллельность сторон, изгиб и большой разброс по толщине. Поэтому после процесса резки обязательной технологической операцией является шлифовка.

Шлифовка создаёт матовую или зеркальную поверхность и применяется для доведения пластинки до нужной толщины и геометрии.

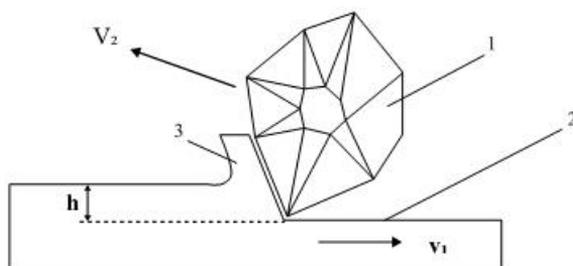


Рис. 1.27. Схема микрорезания абразивным зерном при шлифовании
 1 – абразивное зерно; 2 – заготовка; 3 – стружка; V_1 – скорость подачи заготовки; V_2 – скорость движения абразивного зерна; h – величина заглабления абразивного зерна

Шлифование поверхности представляет собой процесс диспергирования мелких частиц обрабатываемого материала под действием мелких абразивных зерен, которые связаны с шлифовальным кругом рис. 1.27. Материал кругов и абразив (наждак, корунд, окись алюминия, карборунд и др.) выбирают в зависимости от формы и материала детали, характера загрязнений, требуемого качества поверхности.

Различают два вида шлифования: со шлифовкой свободным абразивом в виде абразивной суспензии и со шлифованием связанным абразивом – алмазными абразивными кругами.

Шлифование свободным абразивом имеет ряд преимуществ:

- обработанные пластины не имеют на поверхности заметных следов направленного движения абразива;
- возможность самоустановления шлифовальника и обрабатываемых пластин

способствует улучшению геометрии пластин;

- при свободной кладке пластин (без жесткого крепления) отсутствует напряжение в пластинах, снижается влияние погрешностей их изготовления и вибраций станка на точность обработки.

Шлифовальники обычно изготавливают из стекла, чугуна, стали, меди или латуни.

Станки двухстороннего шлифования ЮФ7219, ИО–19006, СДШ–100, СДП–100 и др. имеют главную конструктивную особенность – планетарный механизм (рис. 128).

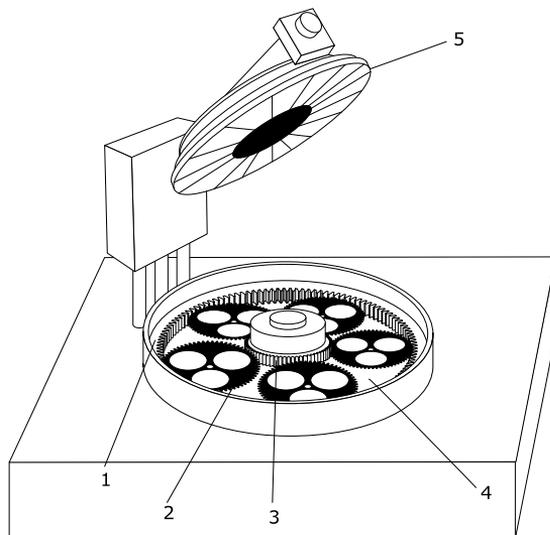


Рис. 1.28. Планетарный механизм для двухстороннего шлифования пластин: 1- внешняя шестерня; 2 – сепаратор; 3 – внутренняя шестерня; 4 – нижний шлифовальный; 5 – верхний шлифовальный

Привод станка (рис. 1.29) осуществляется от электродвигателя через систему шестерен. Далее вращение передается на внешнюю 1 и внутреннюю 3 ведущие шестерни. Верхний шлифовальный 5 закреплен на поднимающейся крышке. Из дозатора через отверстия в верхнем шлифовальнике в зону обработки подается абразивная суспензия 8. Обрабатываемые пластины 7 помещают в сепараторы 2, выполненные в виде пластин с наружным зубчатым венцом. Зубья сепараторов входят в зацепление с зубчатыми шестернями 1 и 3. Шестерни приводятся во вращение и через зубчатые зацепления вращают сепараторы.

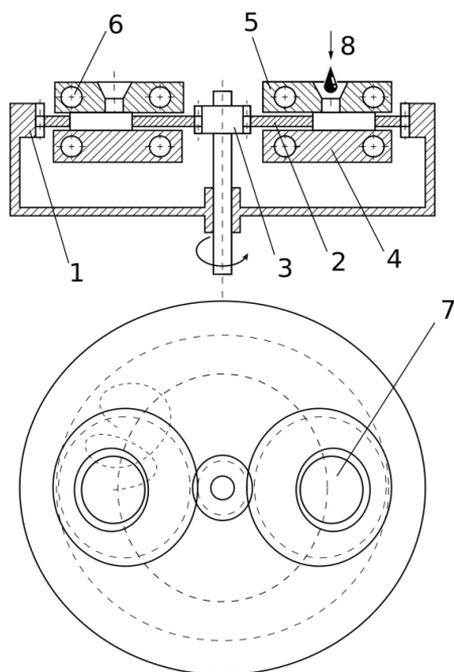


Рис. 1.29. Станок двухстороннего шлифования: 1- внешняя шестерня; 2 – сепаратор; 3 – внутренняя шестерня; 4 – нижний шлифовальный; 5 – верхний шлифовальный; 6 – внешняя шестерня, 7 – обрабатываемые пластины, 8 - подача абразивной суспензии.

Одновременно сепараторы перемещаются вокруг оси шлифовальных 4, 5. Центры вращения в сепараторах не совпадают с центрами самих сепараторов, поэтому при вращении пластины совершают дополнительное движение вокруг центров сепараторов. Нижний шлифовальный 4 неподвижно закреплен на станине, а верхний шлифовальный 5 свободно устанавливается на обрабатываемых пластинах. Частота вращения шестерен плавно регулируется, исключая толчки и удары в моменты запуска и остановки станка. Шлифовальные снабжены системой охлаждения 6 и контроля температуры, что исключает нежелательные термические деформации шлифовальных. Для повышения равномерности износа в некоторых станках (СДП-100) предусматривается вращение нижнего шлифовального 4.

Шлифовальные изготавливают из достаточно твердых материалов (сталь, чугун, стекло, керамика, титановые сплавы). Отверстия в сепараторах делают на 0,2– 0,5 мм больше диаметра пластин. Уменьшение зазора приводит к плот-

ному заполнению абразивом и продуктами шлифования, и затруднению вращения пластин

внутри сепараторов, увеличение зазора способствует ударам пластин о кромки сепараторов и их разрушению. Толщина сепараторов на 10–15 мкм тоньше обработанной пластины. При шлифовке к образцу добавляется вода. После шлифования пластину обезжиривают, погружая её в 10% раствор щёлочи, подогревая до 90–95^oC.

Полирование поверхности - воздействие на поверхность абразивными пастами с очень мелким абразивом. Окончательную полировку после шлифования выполняют субмикронными алмазными пастами (менее 1 мкм) или мягкими полирующими составами на основе оксидов алюминия, хрома, циркония, кремния. В зависимости от зернистости алмазного порошка мазеобразную пасту окрашивают в различные цвета. Так, паста с порошками зернистостью 40/28–60/40 мкм имеет красный цвет, 14/10–28/20 мкм голубой, 5/3–10/7 мкм желтый. Пасту, содержащую субмикронные порошки (зернистость менее 1 мкм) не окрашивают. Полировку производят на станках, аналогичных шлифовальным, но на полировальниках, обтянутых сукном, замшей, фетром. Стойкость мягких полировальников невелика, так батистовый полировальник пригоден для обработки 20–30 пластин, сатиновый – для 50–70 пластин, велюровый – для 500–600 пластин.

Полированная поверхность имеет деформированный слой, глубина которого порядка 1,5–0,7 мкм в зависимости от типа полупроводника. Для удаления этих нарушений применяют метод химического полирующего травления. Для получения поверхности с наименее нарушенным слоем применяют электрохимический способ полирования (анодное травление) в разбавленном растворе щёлочи. Для каждого полупроводника экспериментально подбирается свой травитель.

Очень хорошие результаты дают химико-механические способы полирования. Химико-механическое полирование – совместное воздействие химических и механических факторов. Химико-механическое полирование, осуществляемое при давлении на пластины 20–40 КПа называют финишным, полирование при меньшем давлении – суперфинишным.

Применяются станки различных конструкций. Общей характеристикой их является использование стабильных, не колеблющихся в процессе работы жестких полировальников большого размера с принудительным водяным охлаждением.

Они позволяют одновременно обрабатывать до нескольких сотен пластин одновременно.

Химическое полирование осуществляется погружением пластин в полирующий травитель (рис. 1.30).

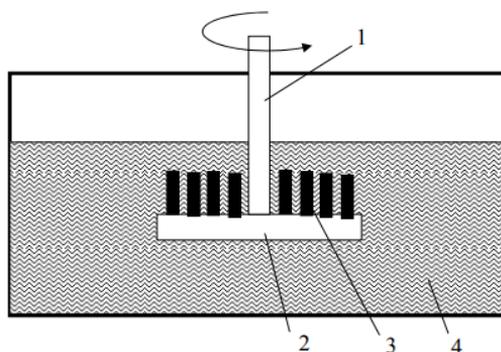


Рис. 1.30. Химическое полирование пластин: 1 – держатель, 2 – кассета, 3 – полупроводниковые пластины, 4 – ванна с травителем

Для обеспечения большей равномерности съема материала со всей поверхности платин, кассеты с пластинами приводят во вращение, в результате чего к ним постоянно подводится свежий травитель. Кремниевые пластины травят преимущественно в смеси азотной, плавиковой и уксусной кислот. Кроме того, химическое полирование можно осуществлять в газовой среде.

1.3.5. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ

Литьем изготавливают отдельные детали несущих конструкций, направляющие, корпуса магнитных головок, приводы накопителей на магнитных дисках и др. Литье — наиболее простой и дешевый метод формообразования заготовок и деталей. Основным инструментом литейного производства является форма. От качества формы и материала, из которого она изготовлена, зависит качество заготовки (отливки). Формы делятся на разовые, полупостоянные и постоянные. Разовые формы используют на одну отливку, полупостоянные — на несколько, постоянные позволяют получить до нескольких тысяч отливок.

На рис. 1.31 приведен общий вид формы для получения отливок. Две полуформы 1 и 2 образуют полость 3, в которой образуется отливка. Знак 4 служит для получения углубления в отливке. Штифт 5 центрирует две полуформы при сборке. Отверстие конической формы 6, называемое литником, служит для заливки расплавленного металла в форму. После застывания металла форму разбирают по плоскости разъема $O-O$, вынимают отливку, затем удаляют литник.

В табл. 1.13 приведены способы литья и их технологические характеристики.

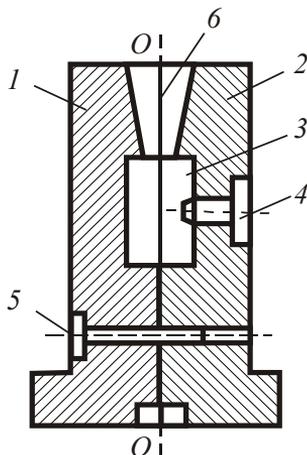


Рис. 1.31. Общий вид формы для отливки деталей:

1, 2 — полуформы; 3 — полость для отливки; 4 — знак; 5 — штифт; 6 — литник

Таблица 1.13.

Способы литья и их технологические характеристики

№ п/п	Способ литья	Материал литьевой формы	Область применения	Тип производства	Точность, шероховатость
1	2	3	4	5	6
1	Литье в землю	Песчано-глинистая смесь, полимер (выжигаемая модель)	Корпусные детали с $s > 5 \dots 10$ мм	Единичное, мелкосерийное	IT 16 $Rz = 80$
2	Литье в оболочковую форму	Песчано-смоляная химически твердеющая смесь	Плоские детали несложной конфигурации	Серийное крупносерийное	IT 12 $Rz = 20$
3	Литье по выплавляемым моделям	Керамика (песок, силикатный клей)	Небольшие детали сложной конфигурации	Массовое	IT 13 $Rz = 20$
4	Литье в полупостоянные формы	Гипс, графит, металлокерамика	Детали простой формы из жаропрочных материалов	Мелкосерийное	IT 14 $Rz = 80$

Продолжение Таблицы 1.13.

1	2	3	4	5	6
5	Центробежное литье	Металл	Тела вращения (втулки, шкивы)	Серийное	IT 14 $Rz = 40$
6	Литье в кокиль	Металл	Детали сложной конфигурации с $s = 5 \dots 2$ мм	Серийное, крупносерийное	IT 14 $Rz = 40$
7	Литье под давлением	Металл	Тонкостенные корпусные детали	Серийное, крупносерийное, массовое	IT 12 $Ra = 2,5$ Форма: IT 6 — IT 7
8	Литье вакуумным всасыванием	Металл	Детали сложной конфигурации	Крупносерийное	IT 12 $Ra = 2,5$

При конструировании литых деталей необходимо учитывать литейные свойства заливаемого металла (сплава): жидкотекучесть, кристаллизацию и усадку. От жидкотекучести во многом зависит минимальная толщина s стенок отливки. Кристаллизация (застывание) сплава происходит в направлении, перпендикулярном поверхности теплоотдачи. Скорость кристаллизации меняется от максимальной у поверхности до минимальной в центре отливки, при этом происходит рост кристаллов к центру.

Усадка — свойство металлов (и их сплавов) уменьшаться в объеме при охлаждении. Это необходимо учитывать, обеспечивая отливке плавные переходы от одной стенки к другой, радиусы скруглений, равенственность и т. п. Если этого не учесть, возможны появления трещин, раковин, перекосов стенок. В производстве ЭА широкое распространение получил способ литья под давлением.

1.3.6. ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье под давлением — самый производительный и экономичный способ изготовления тонкостенных деталей сложной конфигурации в серийном производстве. Формы изготавливают из металла высокой прочности, с точностью на 2—3 квалитета выше получаемого квалитета у отливки. Получаемая шероховатость отливок составляет 7—8-й класс. Наиболее распространено литье под давлением сплавов на основе цинка, алюминия, магния и меди (латуни). В качестве основного оборудования используют литейные машины, с горячей камерой прессования, с холодной вертикальной и горизонтальной камерой прессования. Тип литейной машины определяется устройством прессующего механизма. В настоящее время используют машины с передачей давления на

металл посредством поршня. Такие машины называют поршневыми. Они бывают с горячей и с холодной камерой прессования.

Машины с горячей камерой прессования применяют для отливки деталей из цинковых сплавов. Камера прессования таких машин расположена непосредственно в расплавленном металле (рис. 1.32). Металл из раздаточной печи заливается в подогретый тигель 1. При работе прессующего цилиндра 3 поршень 4 опускается, перекрывает отверстие 8, через которое расплавленный металл поступает в полость камеры 2. Под давлением поршня металл поднимается по каналу 7 и через мундштук 6 заливается в форму 5.

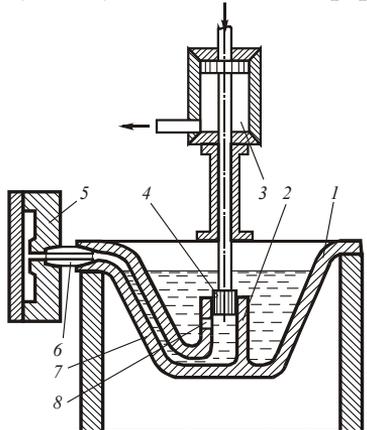


Рис. 1.32. Схема литевой машины с горячей камерой прессования

Машины с горячей камерой имеют гидравлический или пневматический привод, просты по устройству, высокопроизводительны и могут быть полностью автоматизированы.

Схема действия литевой машины с вертикальной камерой прессования представлена на рис. 1.33.

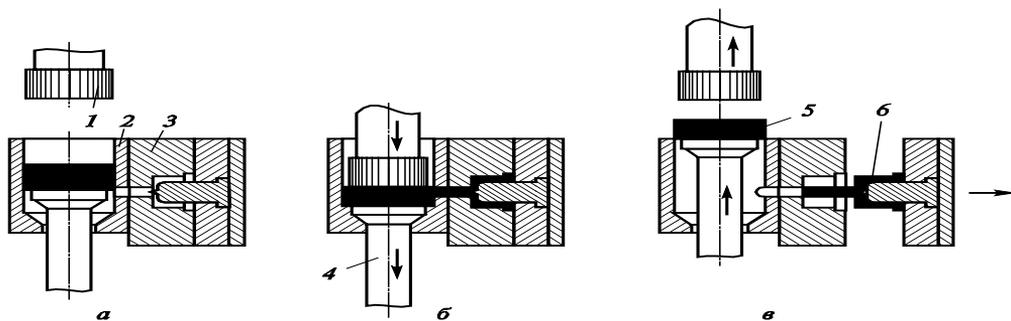


Рис. 1.33. Схема литяевого прессования в машине с холодной вертикальной камерой прессования:

а — заливка; б — прессование; в — раскрытие формы

Из рисунка 1.33. видно, что после заливки расплавленного металла в камеру прессования 2 поршень 1 опускается и, надавливая на основание 4, открывает литниковое отверстие. Металл заливается в форму 3. После затвердевания металла, пятка 4 поднимается и срезает остаток металла 5, освобождая выход отливки 6 вместе с литником.

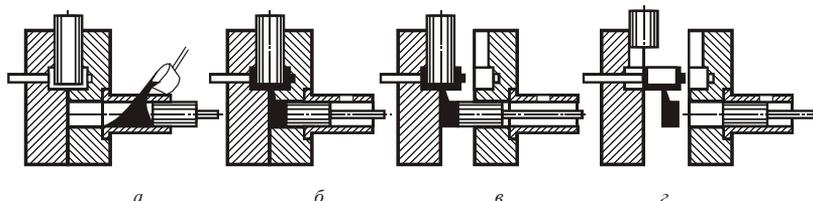


Рис. 1.34. Схема литьевого прессования в машине с холодной горизонтальной камерой прессования

В литевых машинах с *горизонтальной камерой прессования* (рис.1.34) литниковая система более короткая, в таких машинах меньше потери тепла и давления при подаче расплава из камеры прессования в полость формы. Расплавленный металл заливается в горизонтальную камеру через отверстие (см. рис. 1.34, а) и запрессовывается поршнем в форму (см. рис. 1.34,б). После затвердевания металла форма открывается, отливка вместе с литником и остатком металла выталкивается поршнем из неподвижной полуформы (см. рис. 1.34, в). После возвращения горизонтального и вертикального поршней в исходное состояние отливка с литником и остатком металла выталкивается из подвижной полуформы (см. рис. 1.34, г). Литник и статок металла удаляются с отливки механически.

1.3.7. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Холодная штамповка — высокопроизводительный, малоотходный и довольно точный метод формообразования деталей. Этим методом изготавливают каркасы, направляющие в каркасах, пластины магнитопроводов, клеммные зажимы и многие другие детали. Исходными материалами для холодной штамповки являются листы, полосы, ленты из черных и цветных металлов, неметаллических материалов (картон, резина, фибра, текстолит). Предварительно исходный материал раскраивают, размещая будущие детали с наименьшими отходами (рис. 1.35).

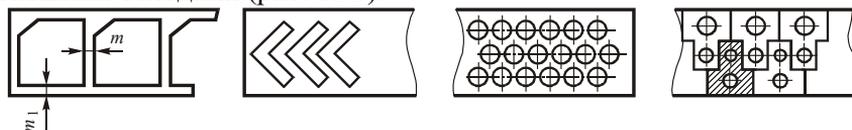


Рис. 1.35. Пример раскройки материала при штамповке

Операции холодной штамповки можно разбить на две основные группы: разделительные и формообразующие. К разделительным операциям относятся: отрезка, вырубка, пробивка, надрезка, просечка, зачистка, калибровка; к формообразующим — операции, в результате которых происходит изменение формы и размеров заготовки. Это гибка, вытяжка, правка (рихтовка), формовка, холодное выдавливание.

1.3.8. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

Горячая штамповка предполагает деформирование металлической заготовки в нагретом состоянии. Этот вид штамповки используется для того, чтобы изменить не только конфигурацию заготовки, но и ее размеры. Чаще всего такая технологическая операция применяется для того, чтобы изменить геометрические параметры не в одном измерении, а в нескольких измерениях. В таких случаях эта процедура носит название «горячая объемная штамповка». Сущность процесса горячей штамповки заключается в том, что готовую деталь из металла получают из нагретой до определенной температуры заготовки, воздействуя на нее давлением, для чего используется специальный штамп. При выполнении горячей штамповки температура заготовки изменяется от состояния просто нагретой поверхности до ковочной. Чтобы ограничить течение нагретого металла в ненужном направлении, на отдельных участках внутренней поверхности штампа выполняют специальные полости и выступы. Таким образом, внутренняя поверхность штампа формирует замкнутую полость, конфигурация которой полностью соответствует форме готовой детали.

1.3.9. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Отрезка — отделение одной части материала от другой по незамкнутому контуру. Эта операция проводится на ножницах или в штампах. Для отрезки листового материала используют гильотинные, роликовые и вибрационные ножницы (рис. 1.36). Гильотинные и роликовые ножницы с прямо поставленными ножами применяют для прямолинейной отрезки, а роликовые с наклонно поставленными ножами и вибрационные ножницы — для криволинейной резки и вырезки деталей (заготовок) с замкнутым контуром.

Отрезку металлов, за исключением магния и титана марки ВТ6 толщиной более 1,5 мм, проводят в холодном состоянии. Неметаллические материалы типа гетинакса, текстолита, оргстекла перед отрезкой следует нагревать в печах инфракрасного облучения; резину, фибру, картон — увлажнять.

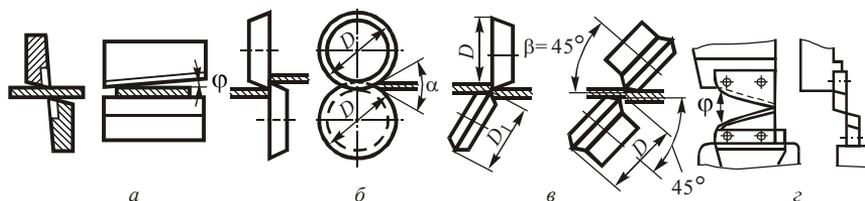


Рис. 1.36. Схемы ножниц:

a — гильотинные; *б* — дисковые с прямо поставленными ножами; *в* — дисковые

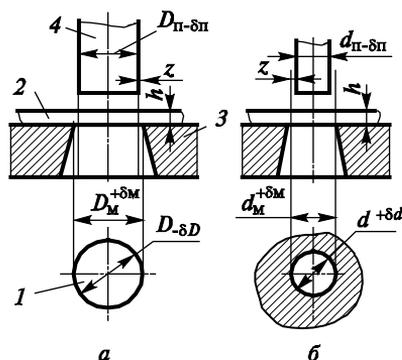


Рис. 1.37. Вырубка детали диаметром D

(*a*) и пробивка отверстия диаметром d

(*б*) с наклонно поставленными ножами; *г* — вибрационные

Вырубка и пробивка предназначены для получения деталей по внешнему контуру и отверстий в деталях. Основным инструментом являются штампы, которые отличаются расчетом размеров матрицы и пуансона (рис. 1.37). При *вырубке* (см. рис. 1.37, *a*) детали 1 из полосы 2 толщиной h , размером $D - \square_D$, размеры матрицы 3 и пуансона 4 определяют по формулам соответственно:

$$D_M = (D - \delta_D)^{+\delta_M};$$

$$D_n = (D - \delta_D - z)_{-\delta_n},$$

где: δ_D — допуск на размер детали; δ_M — допуск на изготовление матрицы; z — наименьший зазор между матрицей и пуансоном; δ_n — допуск на изготовление пуансона.

При *пробивке* (см. рис. 1.37, *б*) отверстия размером $d^{+\delta_d}$ размеры пуансона и матрицы определяют по формулам:

$$d_n = (d + \delta_d)_{-\delta_n};$$

$$d_M = (d + \delta_d + z)^{+\delta_M}.$$

Усилие при вырубке и пробивке рассчитывают из выражения:

$$P = Lh\sigma_b,$$

где: L — длина реза, мм; h — толщина вырубаемого материала, мм; σ_b — предел прочности материала, кг/мм².

Штампы для вырубке деталей из неметаллических материалов (резина, картон, кожа) имеют свои особенности.

На рис. 1.38 показан вариант рабочей части штампа для вырубке. Деталь 1 в виде шайбы вырубается из заготовки кольцевыми пуансонами, внешний диаметр шайбы оформляется пуансоном 3, внутренний — пуансоном 4. Матрица в этом случае отсутствует, ее роль выполняет подкладка 5 из неметалла, чтобы не затупились острые кромки пуансонов.

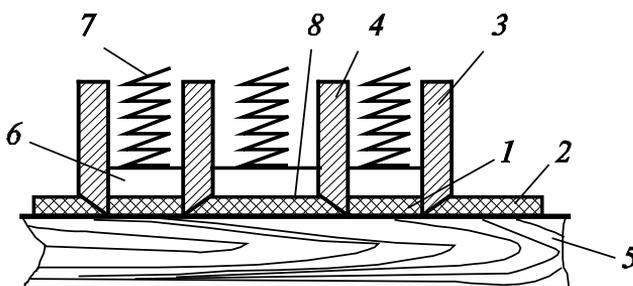


Рис.1.38. Вариант рабочей части штампа для вырубке

После вырубке и подъема пуансонов деталь выталкивается кольцевым выталкивателем 6 под действием пружины сжатия 7. Отход выталкивается выталкивателем 8.

1.3.10.ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ

Гибка — операция по изменению положения одной части листа (полосы) относительно другой под определенным углом. Операция гибки широко применяется при изготовлении деталей несущих конструкций ЭА. Широко применяются следующие виды гибки: свободная, гибка с поджимом и гибка с калибровкой.

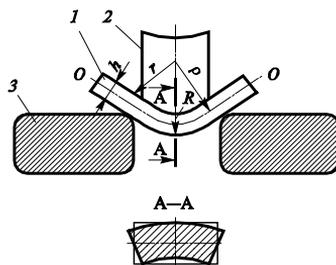


Рис. 1.39. Свободная гибка детали

На рис. 1.39 схематически представлена операция свободной гибки. Оформление детали 1 осуществляет пуансон 2, матрица 3 исполняет роль опорного элемента. Линия $O—O$ — нейтральная линиягиба. Материал детали со стороны матрицы от нейтральной линии испытывает напряжение растяжения, со стороны пуансона — сжатия. Поэтому первоначальная форма сечения детали деформируется и имеет форму, показанную в сечении $A—A$. Чем толще изгибаемый материал, тем больше деформируется сечение.

Максимально допускаемый радиус определяется по выражению $R_{\min} = kh$, где h — толщина изгибаемого материала; k — коэффициент, зависящий от физических свойств материала ($k = 0,2 \dots 0,3$ — если линиягиба располагается поперек направления проката материала; $k = 1,5$ — если линиягиба располагается вдоль проката).

На рис. 1.40 приведены схемы гибки с прижимом и с калибровкой. Наличие прижима обеспечивает гибку детали с равными плечами, т. е. заготовка не смещается в процессе гибки.

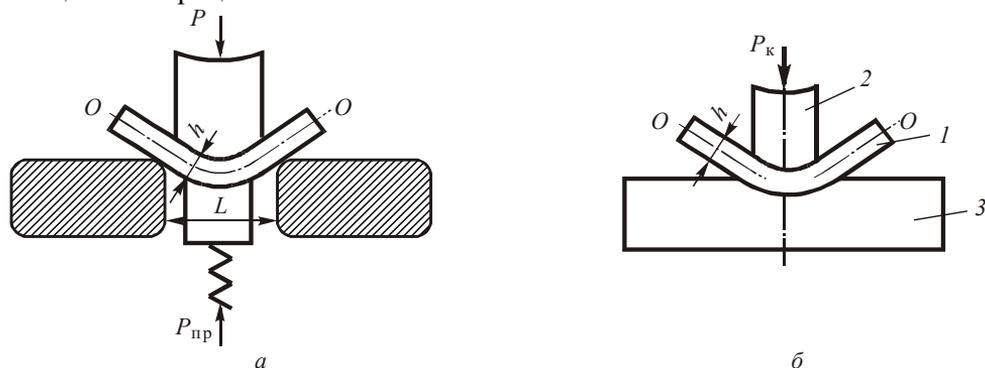


Рис. 1.40. Схемы гибки с прижимом (а) и с калибровкой (б)

На схеме гибки с калибровкой формагиба детали 1 обеспечивается как пуансоном 2, так и матрицей 3. Это самый точный способ гибки деталей.

Вырубка и пробивка неметаллических материалов предназначена для получения полых деталей замкнутого профиля. Материалы типа гетинакса, текстолита, оргстекла обычно предварительно нагревают в печах инфракрасного облучения, а резину, фибру, картон — увлажняют. Штампы для вырубки деталей из Неметаллических материалов имеют свои особенности. На рис. 1.41. показан вариант рабочей части такого штампа. Здесь деталь в виде шайбы вырубается из заготовки 2 посредством кольцевых пуансонов 3, 4.

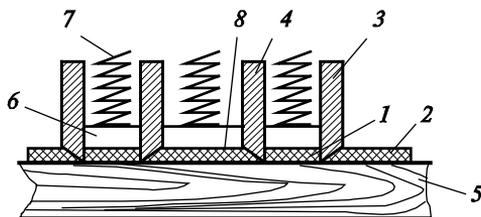


Рис. 1.41. Схема вырубki детали из неметаллического материала

- 1- деталь; 2- заготовка (полоса); 3,4- кольцевые пуансоны; 5- неметаллическая подкладка; 6- кольцевой выталкиватель; 7 – пружина кольцевого выталкивателя; 8- выталкиватель отхода;

Вытяжка предназначена для получения полых деталей замкнутого профиля: цилиндрических, конических, ступенчатых, с фланцем и без него (рис. 1.42). Вытяжкой изготавливают крышки, различные элементы корпусов, узлов и др. Различают вытяжку без утонения, когда толщина исходного листа (заготовки) практически не изменяется после вытяжки, и с утонением. Для вытяжки используют пластичные листовые материалы — малоуглеродистые стали, цветные металлы и их сплавы.

Схема формирования цилиндрического колпачка с фланцем вытяжкой представлена на рис. 1.43. На матрицу 1 устанавливается заготовка 3 в виде круглой шайбы. Для уменьшения трения заготовку перед вытяжкой смазывают солидолом, смазкой на основе графита и др. Иногда для ответственных деталей поверхность заготовки покрывают более пластичным материалом, например, поверхность стали медью. Пуансон 2, проталкивая заготовку через матрицу с закругленными кромками, вытягивает деталь. Чтобы вытягиваемый материал не гофрировал, его прижимают кольцевыми прижимами. Если пуансон проталкивает заготовку через матрицу полностью, образуется полая деталь без фланца, если не полностью — деталь с фланцем.

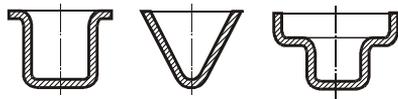


Рис. 1.42. Варианты деталей, получаемых вытяжкой

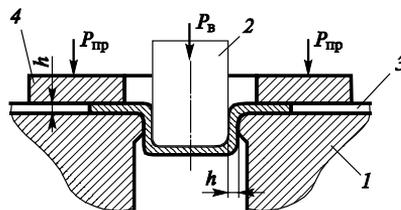


Рис. 1.43. Схема вытяжки детали

Холодное (ударное) выдавливание применяют для деталей, приведенных на рис. 1.44 — это различного рода втулки, радиаторы охлаждения элементов, детали разъемов, корпуса конденсаторов, экраны и т. д.

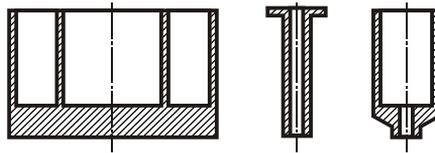


Рис. 1.44. Примеры деталей, получаемых методом холодного выдавливания

Процесс выдавливания сопровождается большими пластическими деформациями. Материал течет под большим давлением, поэтому обладает хорошей пластичностью. Для изделий, получаемых выдавливанием, чаще всего используют алюминий, медь и их сплавы. Процесс холодного выдавливания выполняется по трем схемам: прямое, обратное и комбинированное выдавливание.

На рис. 1.45 приведена схема прямого холодного выдавливания. Материал заготовки течет в зазор между пуансоном и матрицей в направлении движения (удара) пуансона.

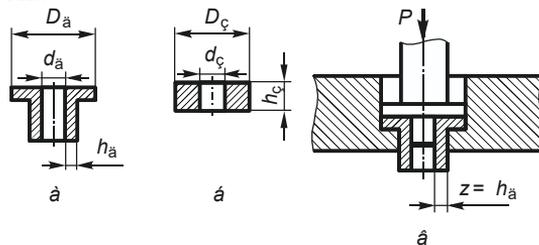


Рис. 1.45. Прямое холодное выдавливание:

a — деталь; *б* — заготовка; *в* — схема прямого холодного выдавливания

В случае обратного выдавливания (рис. 1.46) материал течет обратно движению пуансона.

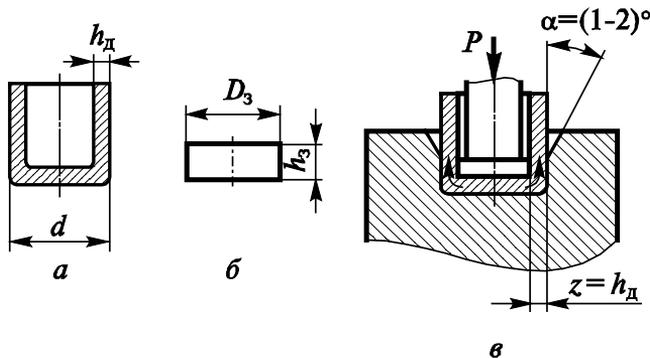


Рис 1.46. Обратное холодное выдавливание:

a — деталь; *б* — заготовка; *в* — схема обратного выдавливания

Размер заготовки определяют по критерию равенства объемов заготовки (V_3) и детали (V_d) с учетом отходов ($V_{отх}$):

$$V_3 = V_d + V_{отх}.$$

Тогда толщина заготовки: $h_3 = V_3/F_3$, где F_3 — площадь заготовки, определяемая по выражениям: для обратного выдавливания — $F_3 = \pi d^2/4$; для прямого с отверстием — $F_3 = (\pi D_d^2/4)$.

ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ

Вопрос 1	Для обработки каких деталей предназначены токарные станки?
Ответы:	
1	Для обработки деталей в форме тел вращения, имеющих цилиндрические, конические, фасонные, сферические, винтовые поверхности, а также торцевые плоскости
2	Для обработки деталей любой формы
3	Для обработки взаимно перпендикулярных плоскостей
Вопрос 2	Для чего предназначена плашка?
Ответы:	
1	Для нарезания наружной резьбы
2	Для нарезания внутренней резьбы
3	Для зенкования отверстий
Вопрос 3	Для чего предназначен метчик?
Ответы:	
1	Для нарезания внутренней резьбы
2	Для нарезания наружной резьбы
3	Для хонингования отверстий
Вопрос 4	Для чего предназначены токарно-револьверные станки ?
Ответы:	
1	Для последовательной обработки закрепленной заготовки несколькими разными инструментами
2	Для изготовления револьверов
3	Для изготовления револьверной головки
Вопрос 5	Какие поверхности обрабатывают фрезерованием?
Ответы:	
1	Фрезерованием обрабатывают плоские поверхности, пазы, уступы, фасонные поверхности и канавки, а также отрезают заготовки
2	Фрезерованием обрабатывают в основном тела вращения
3	Фрезерованием хонингуют детали цилиндрической формы

Вопрос 6	Что делают зенкерованием?
Ответы:	
1	Зенкерованием повышают качество уже имеющегося отверстия
2	Зенкерованием досверливают отверстия
3	Зенкерованием нарезают резьбу
Вопрос 7	Что такое шлифование?
Ответы:	
1	Процесс обработки металлических и неметаллических материалов абразивным инструментом, режущими элементами которого являются зерна абразивных материалов
2	Процесс обработки металлических и неметаллических материалов твердосплавным инструментом, режущими элементами которого являются остро заточенные грани
3	Процесс обработки металлических и неметаллических материалов в среде кислотного или щелочного травителя
Вопрос 8	Каково назначение операции шлифования полупроводниковых пластин?
Ответы:	
1	Уменьшить неплоскостность и неплоскопараллельность сторон, снизить изгиб и разброс по толщине
2	Получить полированную поверхность пластин
3	Отшлифовать базовый срез
Вопрос 9	Каково назначение химического полирования полупроводниковых пластин?
Ответы:	
1	Химическое полирование полупроводниковых пластин предназначено для удаления тонкого нарушенного слоя
2	Химическое полирование полупроводниковых пластин предназначено для обнаружения скрытых дефектов
3	Химическое полирование полупроводниковых пластин предназначено для выравнивания изгиба

1.4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС И ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель лекции: изучение основных методов изготовления деталей из пластмасс и порошковых материалов в приборостроении.

1.4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пластические массы (пластмассы) широко используются при производстве ЭА. Из них изготавливают детали корпусов, несущие конструкции, клавиатуру, электрические платы, опоры и др. Такие изделия легки, хорошо противостоят коррозии, обладают высокими электроизоляционными свойствами, имеют эстетичный внешний вид. На рис. 1.47 приведены примеры деталей из пластмасс с различным конструктивным исполнением.

Детали из пластмасс должны быть по возможности равностенными и, где это возможно, с ребрами жесткости. В противном случае возможно коробление и появление трещин. Часто изделия из пластмасс армируют, например разъемы, распределительные колодки. Пластмассовые детали можно выполнять с резьбой, для чего используют резьбовые знаки, которые после затвердевания пластмассы вывинчиваются из детали.

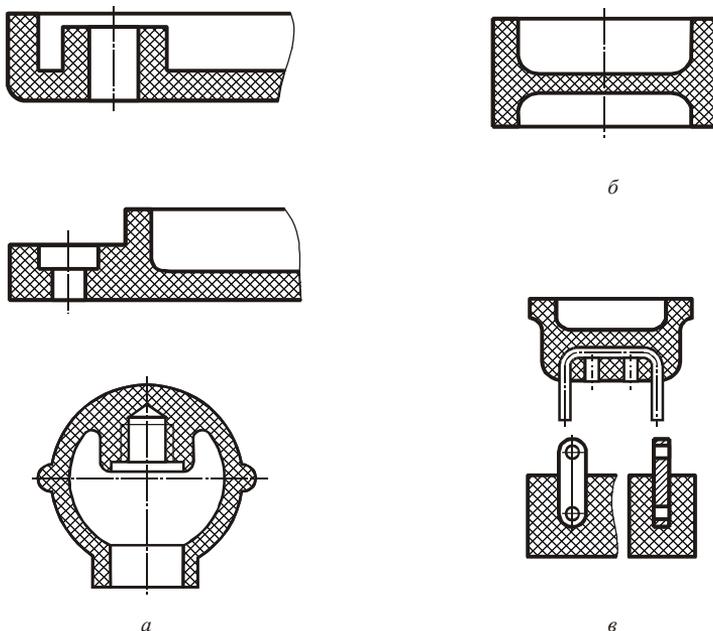


Рис. 1.47. Примеры деталей, изготовленных из пластмасс:

а — равностенные; *б* — равностенные с ребрами жесткости; *в* — армированные

Основной составной частью пластмасс являются полимеры — синтетические органические соединения. Иногда пластмасса полностью состоит из по-

лимера, но чаще всего она представляет собой сложную комбинацию из полимера, пластификатора, наполнителя и красителя. В некоторых случаях добавляются катализаторы и стабилизирующие компоненты. Наполнители, в качестве которых используют древесную муку, тальк, каолин, асбест, стекловолокно, хлопчатобумажные, синтетические, стеклянные ткани, древесный шпон, придают изделиям необходимые прочность, жесткость, теплостойкость и электроизоляционные свойства.

Широко распространенными материалами для изготовления пластмасс являются фенолформальдегидные, эпоксидные и полиэфирные смолы. Наибольшую прочность обеспечивает наполнитель в виде стеклоткани (стеклотекстолиты).

По поведению под воздействием температуры пластмассы делят на термопластичные и терморезистивные.

Термопластичные пластмассы (термопласты) при нагревании переходят в пластичное состояние, а при охлаждении сохраняют приобретенную форму. При этом термопласты могут использоваться многократно. Кратность использования зависит от марки пластмассы.

Терморезистивные пластмассы (реактопласты) при нагревании переходят в пластичное состояние, а при достижении температуры «перехода» переходят в необратимое состояние, приобретая твердость и хрупкость.

Основными способами изготовления пластмассовых деталей являются литье под давлением и прессование. Изделия, полученные этими способами, имеют чистую поверхность, точные размеры и не требуют дальнейшей механической обработки.

Для получения крупногабаритных деталей корпусов применяют способы дутьевого и вакуумного формования из листовых термопластических заготовок.

1.4.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЛИТЬЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье под давлением является наиболее эффективным и производительным способом серийного и массового производства деталей в основном из термопластичных пластмасс. Термопласты для литья под давлением выпускаются химической промышленностью в виде гранул и порошков. Детали формируются из полиэтилена, полистирола, капрона, полиамидов и других материалов. Литье под давлением пластмасс осуществляется по тому же принципу, что и литье металлов. На рис. 1.48 приведены схемы литьевых машин, работающих без предварительной пластификации (см. рис. 1.48, *а*) и с предварительной пластификацией (см. рис. 1.48, *б*). В машине без предварительной пластификации материала гранулированное сырье из бункера 7 подается плунжером 6 в цилиндр 5, который имеет электронагреватель 4. При движении пресующего поршня 8 порция сырья подается в зону нагрева, а порция

уже пластифицированного материала через сопло 3 и литниковые каналы поступает в полость формы 1, где формируется деталь 2.

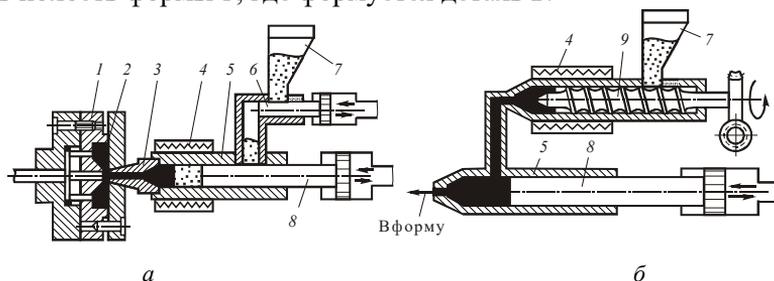


Рис. 1.48. Схемы машин для литья под давлением:

а — без предварительной пластификации; *б* — с предварительной пластификацией

Для повышения однородности заливаемого материала применяют машины с предварительной пластификацией, в которых подача и перемешивание материала осуществляется в отдельном нагревательном цилиндре с помощью шнека 3.

Большое значение для получения качественных деталей имеет выбор температурного режима литьевого цикла. Температура формы обычно поддерживается на уровне 40...60 °С. Для предупреждения перегрева форм применяют принудительное водяное охлаждение.

1.4.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРЯМЫМ ПРЕССОВАНИЕМ

Прямое прессование осуществляют на гидравлических прессах, в пресс-форму, схема рабочей части которой приведена на рис. 1.49. Пресс-материал помещается в полость пресс-формы, нагретой до 150...200°С, и под действием температуры приобретает пластичность, распределяясь по оформляющей полости под давлением. Детали из порошковых материалов получают под давлением 150...200 кг/см² (15...20 МПа), а из волокнистых материалов — 250...350 кг/см² (25...35 МПа). Прессование из высокопрочных стекловолоконных материалов типа АГ-4 осуществляют под давлением 400...500 кг/см² (40...50 МПа). Время выдержки под давлением составляет 1...1,5 мин на 1 мм толщины детали.

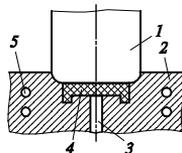


Рис. 1.49. Рабочая часть пресс-формы для обычного (компрессионного) прессования:

1 — пуансон прессующий; *2* — матрица; *3* — выталкиватель готовой детали; *4* — деталь после прессования; *5* — электрообогрев пресс-формы

В мелкосерийном производстве используют съемные пресс-формы, сборка которых осуществляется вне прессы. Нагрев таких пресс-форм происходит после установки их на пресс, имеющий специальные плиты обогрева. В массовом производстве применяют стационарные пресс-формы с собственным обогревом, который осуществляется электрическими нагревательными элементами, расположенными в плите обогрева пуансона и в плите обогрева матрицы.

1.4.4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЛИТЬЕВЫМ ПРЕССОВАНИЕМ

Литьевое прессование имеет ряд преимуществ по сравнению с прямым. Этим способом можно получать детали с малопрочной сквозной арматурой, детали с глубокими отверстиями небольшого диаметра, с различной толщиной стенок. Это объясняется тем, что пресс-материал, проходя через узкое сечение литника, нагревается и поступает в оформляющую полость уже равномерно размягченным.

На рис. 1.50 приведено устройство рабочей части пресс-формы для литьевого прессования с верхней камерой прессования.

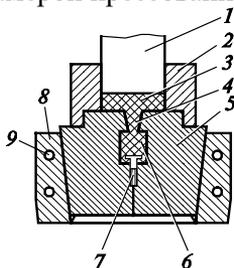


Рис. 1.50. Рабочая часть пресс-формы для литьевого прессования с верхней камерой прессования:

1 — пуансон; 2 — загрузочная камера; 3 — прессостаток после прессования; 4 — литник; 5 — разъемная матрица; 6 — деталь; 7 — арматура в детали; 8 — обойма для матрицы; 9 — электрообогрев пресс-формы

Пресс-форма для литьевого прессования устанавливается на гидравлическом прессе любой конструкции, так как закрытие загрузочной камеры и заливка пресс-материала в полость матрицы происходит при движении поршня вниз. Наличие верхней загрузочной камеры дает возможность прессовать детали из волокнистых материалов, но требует обязательного вертикального разреза матрицы для удаления литника.

При использовании пресс-порошков можно применять пресс-формы с нижней загрузочной камерой. Закрытие такой пресс-формы происходит при движении верхнего поршня прессы вниз, а заливка материала, предварительно пластифицированного в загрузочной камере, осуществляется при движении нижнего поршня вверх.

Основным недостатком способа литьевого прессования по сравнению с обычным является повышенный расход материала, так как в загрузочной камере остается часть необратимого пресс-материала.

1.4.5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ДУТЬЕВЫМ И ВАКУУМНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ

Дутьевое и вакуумное формование термопластов аналогично процессу листовой штамповки (вытяжке) металлов. Лист термопласта, предварительно нагретый до высокоэластичного состояния, формуют давлением сжатого воздуха или созданием вакуума под листом в штампе и, не снимая внешнего усилия, охлаждают, фиксируя приданную ему конфигурацию. Эти способы переработки наиболее широко применяют для изготовления тонкостенных крупногабаритных изделий из органических стекол и винилпласта.

Шероховатость поверхности пластмассовых деталей, изготавливаемых литьем под давлением и прессованием, соответствует 7—8-му классам шероховатости. Точность пластмассовых деталей находится в пределах 11—14-го квалитетов, хотя в отдельных случаях достигается 8—9-й квалитет. Технологические уклоны (конусность) предусматриваются на внешних и внутренних поверхностях в направлении разъема пресс-форм. Односторонний уклон для внутренних поверхностей составляет от 30' до 1°, а для внешних поверхностей — 15...30'.

ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ

Вопрос 1	Можно ли пластмассовые детали изготавливать сразу с резьбой?
Ответы:	
1	Можно
2	Нельзя
3	Можно только потом нарезать резьбу
Вопрос 2	Какой материал является наполнителем при изготовлении стеклотекстолита?
Ответы:	
1	Стеклоткань
2	Углеродная ткань
3	Хлопчатобумажная ткань
Вопрос 3	Какие пластмассы называются термопластичными?
Ответы:	
1	Пластмассы, которые могут многократно размягчаться при нагревании
2	Пластмассы, которые могут только однократно размягчаться при нагревании
3	Пластмассы, которые выдерживают двукратный цикл нагрев-охлаждение
Вопрос 4	Какие пластмассы называются термореактивными (реактопластами)?
Ответы:	
1	Пластмассы, которые могут только однократно размягчаться при нагревании
2	Пластмассы, которые могут многократно размягчаться при нагревании
3	Пластмассы, которые выдерживают трехкратный цикл нагрев-охлаждение
Вопрос 5	Какому классу шероховатости соответствует шероховатость поверхности пластмассовых деталей, изготавливаемых литьем под давлением?
Ответы:	
1	Соответствует 7—8-му классам шероховатости
2	Соответствует 3—4-му классам шероховатости
3	Соответствует 10—11-му классам шероховатости