

Предисловие

С каждым годом во всем мире растет выпуск сложных изделий, применяемых как в быту, так и в производственных условиях. Усложняются как конструкции машин, так и системы управления ими. Одновременно с усложнением машин возрастают требования к их качеству и дизайну. Для изготовления машин с лучшими характеристиками необходимы новые технологии. Каждая новая технология – это концентрация достижений современной науки и производства. Создание новой технологии чрезвычайно сложный процесс, требующий суммы накопленных знаний техники, технологий, производства, экономики.

В настоящее время изготовление деталей машин в значительной мере связано с механообработкой. В зависимости от типа производства удельный вес механообработки составляет 30...70%. Проектирование технологических процессов механообработки связано с определенными трудностями: в каждом случае необходимо решать сложные многокритериальные задачи со многими параметрами.

Формирование специалиста, способного решать сложные производственные проблемы, длится несколько лет.

В вузовских учебных планах сокращается число аудиторных занятий по направлению 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и направлению 657800 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по дисциплинам: «Основы технологии машиностроения», «Технология машиностроения», «Технология автоматизированного производства». В то же время отсутствуют учебники и учебные пособия, ориентированные на увеличение доли самостоятельной работы по перечисленным дисциплинам.

В настоящее время значительная часть поступающих абитуриентов не имеет опыта работы с машиностроительным оборудованием. Поэтому применение имеющейся специальной литературы вызывает определенные затруднения. Предлагаемое учебное пособие восполняет имеющийся пробел.

Автор выражает глубокую признательность заведующему кафедрой технологии машиностроения Томского политехнического университета доценту В.Ф. Скворцову и главному технологу ОАО «Томский приборный завод» В.Т. Летягину за ценные замечания и советы при доработке рукописи, технологу Л.А. Шориц за помощь в подборе материала при написании рукописи.

I. Заготовительные операции механообрабатывающего производства

1.1. Классификация заготовительных производств

Детали в механообрабатывающем производстве получают из заготовок. **Заготовка** – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь. На заготовительных операциях заготовку приводят к форме и состоянию наиболее удобным для дальнейшей обработки механической, термической, гальванической или другим видом обработки, связанной с получением готовой детали. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, типа и вида производства, наличия необходимого оборудования, требования к качеству готовой детали, экономичности изготовления. При выборе заготовки необходимо стремиться к выбору такой конструктивной формы заготовки, которая бы максимально приближалась к форме и свойствам готовой детали.

Существуют различные способы получения заготовок (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Классификация заготовительных производств

Каждый из них имеет определенные достоинства и недостатки. Выбор способа получения заготовки определяется экономическими расчетами.

Для минимизации затрат в основном производстве в металлургической промышленности изготавливают некоторые виды полуфабриката, имеющие нормализованную (стандартную) форму и свойства, например сортовой прокат.

1.2. Прокат

Прокатке подвергают до 90 % всей выплавляемой стали и большую часть цветных металлов. Форму поперечного сечения прокатанной полосы называют профилем. Совокупность форм и размеров профилей, получаемых прокаткой, называют сортаментом [58]. Сортамент прокатываемых профилей разделяется на четыре основные группы (рис. 1.2): сортовой прокат, листовой прокат, производство труб и специальный прокат.

Прокат обычно производится на металлургических предприятиях, однако специальный прокат может получаться и на машиностроительных предприятиях (например, алюминиевые или др. профили).

Прокат может выпускаться с различными добавками, улучшающими те или иные свойства металла. Например, автоматные стали, выпускаемые специально для последующей обработки на станках-автоматах (токарно-револьверных, автоматах фасонно-продольного точения), содержат специальные добавки, улучшающие обрабатываемость данной стали.

По способу получения и степени точности сортовой прокат делится на горячекатаный, калиброванный и со специальной отделкой поверхности. Самый дешевый прокат – горячекатаный. Горячекатаный пруток (круг) выпускается диаметром от 5 до 270 миллиметров и длиной от 2 (для малого диаметра) до 6 метров и более. Холоднотянутый (калиброванный) прокат выпускается с меньшими допусками по диаметру (толщине для листов) и с меньшей шероховатостью. Но холоднотянутый прокат дороже горячекатаного. Холоднотянутый пруток изготавливают диаметром от 3 до 100 миллиметров нормальной и повышенной точности.

Еще более точные прутки поставляются по ГОСТ 14955–77. По этому стандарту предусмотрено 7 классов точности: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5 и четыре группы шероховатости – А, Б, В, Г (табл. 1.2). Наиболее точный – 1 класс. Данный вид проката чаще всего применяется при производстве инструмента, изготавливаемого методом вышlifовывания (например, быстрорежущих сверл). При этом наружный диаметр, как правило, дополнительно не обрабатывается.

Прокат, поставляемый металлургическими предприятиями, имеет стандартные размеры и допуски (табл. 1.1, 1.3).

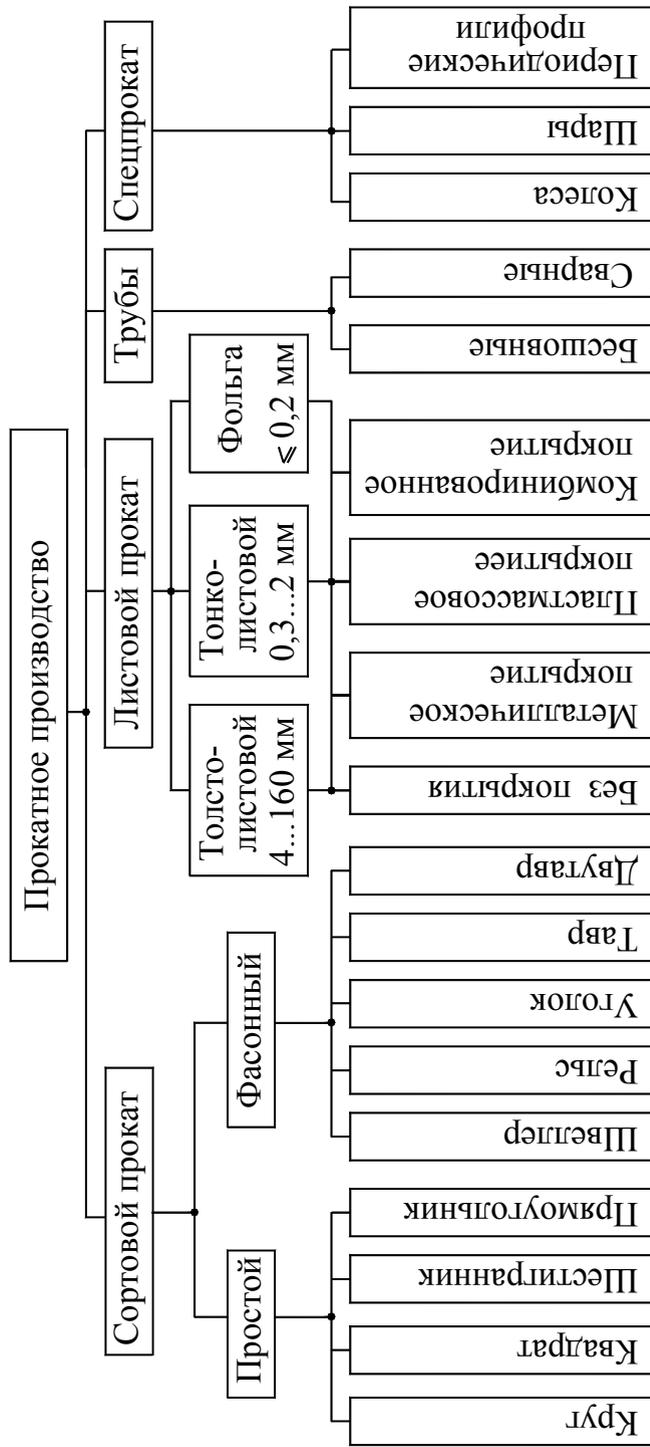


Рис. 1.2. Классификация проката

Таблица 1.1

Габариты проката (выборочно), поступающего с завода-изготовителя

Вид проката	Размеры проката, мм	Допуск на диаметр (толщину листа), мм		
		Горячекатаный	Холодотянутый (лист хол.катаный)	Со спец. отделкой поверхности; класс точности, 1/3:
Лист				
S = 1 мм	1000 x 2500	± 0,11	± 0,11	
S = 3 мм	1500 x 2000	± 0,12	± 0,19	
S = 5 мм	1500 x 2000	+0,4; -05	± 0,23	
S = 13...25 мм	1500 x 3000	+0,6; -0,8	–	
S = 50 мм	1500 x 3000	+0,6; -1,3	–	
S = 100 мм	1500 x 3000	+1,1; -3,1	–	
S = 150 мм	1500 x 3000	+1,9; -4,2	–	
Круг (пруток)				
Ø 1 мм	L=1500			-0,005/-0,02
Ø 3 мм	L=2000		-0,075	-0,005/-0,02
Ø 5 мм	L=2000	+0,3; -0,5	-0,075	-0,005/-0,025
Ø 20 мм	L=3000	+0,4; -0,5	-0,13	/-0,045
Ø 50 мм	L=3000	+0,4; -1,0	-0,16	/-0,05
Ø 100 мм	L=3000	+0,5; -1,3		
Ø 120...155мм	L=3000	+0,8; -2,0		
Ø 160...200мм	L=3000	+0,9; -2,5		
Пример обозначения проката: Пруток 5–Б–h9–Т 20X13 ГОСТ 14955–77, где 5 – диаметр прутка; Б – группа точности; h9 – допуск на диаметр, Т – термообработан; 20X13 – марка материала				

Таблица 1.2

Точность и шероховатость прутков со специальной отделкой поверхности

Группа шероховатости	Шероховатость Ra, мкм	Класс точности
А	0,32	1, 2, 2а, 3, 3а
Б	0,63	2, 2а, 3, 3а, 4
В	1,25	2а, 3, 3а, 4
Г	2,5	3, 3а, 4, 5

Таблица 1.3

Трубы бесшовные

Диаметр трубы, мм	Длина трубы, мм	Допуск на диаметр, мм		Толщи- на стенки, мм	Допуск на толщину стенки, мм	
		Х/ка- таная	Г/ка- таная		Х/катаная	Г/катаная
6...10	1500	±0,15	±0,15	До 1	±0,12	±0,12
19...28	2000	±0,3	±0,3	1...5	±10%	±10%
32...50	2000	±0,4	±0,4	5...10	±8%	±8%
51...95	3000	±1%	±1%	10...15	±1%	±1%
51...219	3000		±1,25%	15...30	+12,5; -15%	+12,5; -15%
Св. 220	3000		±1,25%	Св. 30	+10%; -12,5%	+10%; -12,5%

Примечание: Х/катаная – холоднокатаная; г/катаная – горячекатаная
 Пример условного обозначения трубы с наружным диаметром
 30 мм, толщиной стенки 3 мм
 из стали марки 10: Труба $\frac{30 \times 3,0 \text{ ГОСТ } 8734 - 75}{10 \text{ ГОСТ } 8733 - 87}$

1.3. Ковка

Ковка – вид горячей обработки металлов давлением, при котором металл деформируется с помощью универсального инструмента. Нагретую заготовку укладывают на нижний боек, а верхним бойком последовательно деформируют отдельные ее участки, при этом металл свобод-

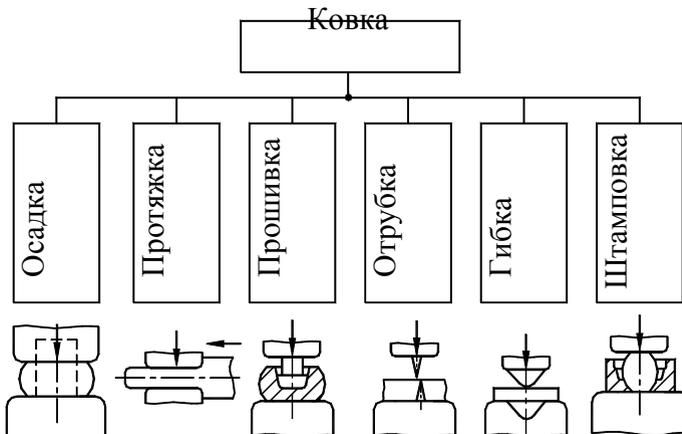


Рис. 1.3. Операции ковки

но течет в разные стороны [58]. Различают следующие основные операции ковки (рис. 1.3): протяжка, прошивка, отрубка, гибка, штамповка в подкладных штампах.

Полученные заготовки называют **поковками**. В дальнейшем их подвергают механической обработке для получения готовых деталей. Ковка широко применяется в мелкосерийном производстве. Наиболее распространена осадка – получение из сортового проката заготовки большего диаметра. Каждое предприятие имеет свой оптимальный набор операций и применяемого стандартного инструмента и приспособлений для ковки.

1.4. Холодная штамповка

Штамповка – обработка металлов давлением с помощью штампа. **Штамп** – технологическая оснастка, посредством которой заготовка приобретает форму и (или) размеры, соответствующие поверхности или контуру рабочих элементов штампа. **Холодная штамповка** – процесс, протекающий без предварительного разогрева заготовки. Как правило, после штамповки изменяются исходные физические свойства материала заготовки, которые должны при необходимости восстанавливаться термической обработкой. Холодная штамповка позволяет получить заготовки и детали сложной формы 9...7 качества точности и шероховатостью Rz 10... Rz 1,6 (рис. 1.4).

Холодную штамповку подразделяют на объемную штамповку (сортового металла) и листовую штамповку (листового металла). Для производства изделий методом холодной штамповки применяется специальное оборудование, рассчитанное на выполнение одной какой-нибудь операции. Это существенно снижает номенклатуру получаемых деталей. Листовой штамповкой получают заготовки и детали из листового, ленточного и полосового материала способом вырубки, гибки, вытяжки, отбортовки в штампах на прессах.

Одной из разновидностей методов холодной штамповки является **поэлементная штамповка**. В основе этого метода лежит обработка заготовки из листа последовательным воздействием одного или нескольких инструментов, имеющих простейшую форму: отрезок линии, отрезок окружности определенного радиуса или отрезок кривой специального профиля. Меняя инструмент, можно получить самые разнообразные обработанные поверхности (рис. 1.5).

Из всего разнообразия машин для поэлементной штамповки в мелкосерийном производстве наибольшее распространение получили

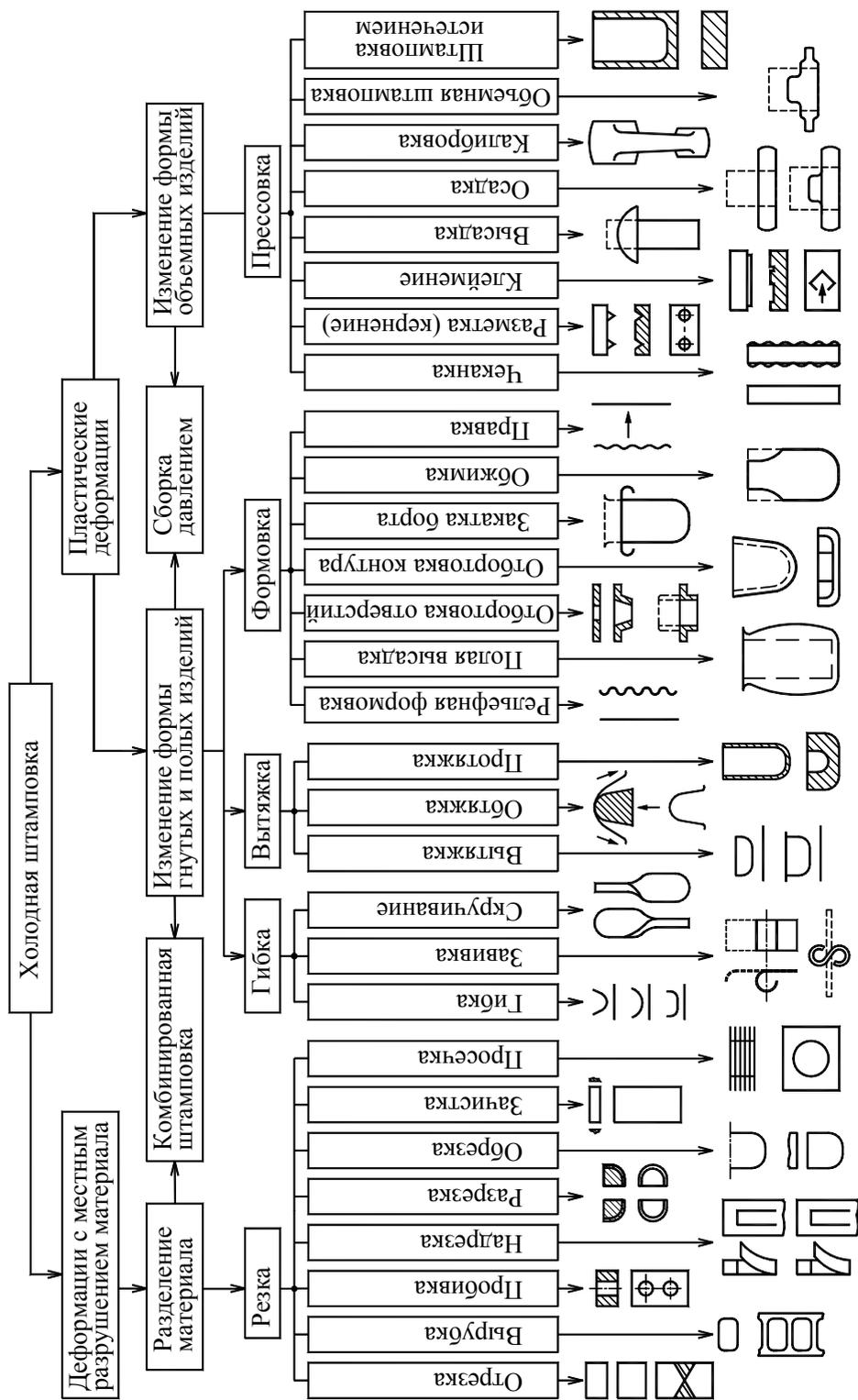


Рис. 1.4. Классификация основных процессов и операций холодной штамповки [11]

револьверно-вырубные прессы с программным управлением. На этом оборудовании выполняются следующие операции:

- разделительные (пробивка, отрезка, разрубка);
- формоизменяющие (вытяжка ребер жесткости, пробивка жалюзей);
- вибрационной высечки (обработка отверстий сложной геометрической формы и отверстий, при вырубке которых превышает максимальное усилие прессы).

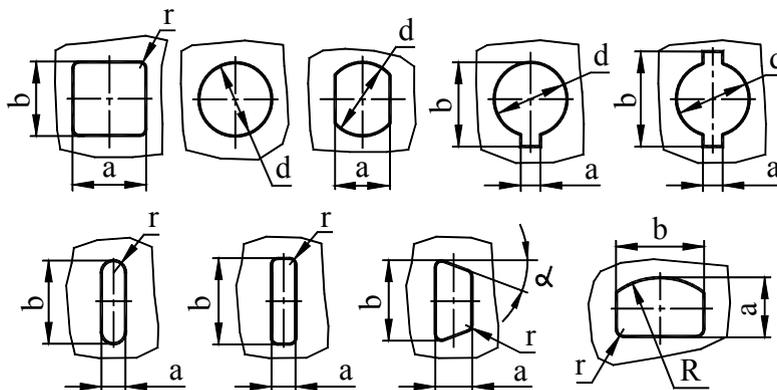


Рис. 1.5. Примеры форм пробиваемых отверстий

На наиболее распространенной модели прессы «BEHRENS V20» обрабатываются заготовки размерами 1270 x 1270 мм и толщиной от 1 до 6 мм из стали, меди, алюминия и других материалов и сплавов.

Наличие программного управления позволяет быстро переналаживать данное оборудование.

Погрешности формы могут быть устранены фрезерованием на этом же станке с помощью специального приспособления или на отдельном фрезерном станке.

Метод получил широкое распространение в мелкосерийном производстве.

Запись операции холодной штамповки (холодная высадка заготовок под винты) **в технологической документации** производится следующим образом:

11 2 020 2122–0011 Холодновысадочная

1. Изготовить деталь согласно операционному эскизу,

где 11 – номер цеха, 2 – участок цеха, 020 – номер операции, 2122–0011 – код операции (высадка), холодновысадочная – название операции.

1.5. Горячая объемная штамповка

Горячая объемная штамповка – вид обработки металлов давлением, при котором формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляют с помощью специального инструмента – штампа. Изделие, полученное технологическим методом штамповки, является **штампованной поковкой** (рис. 1.6).

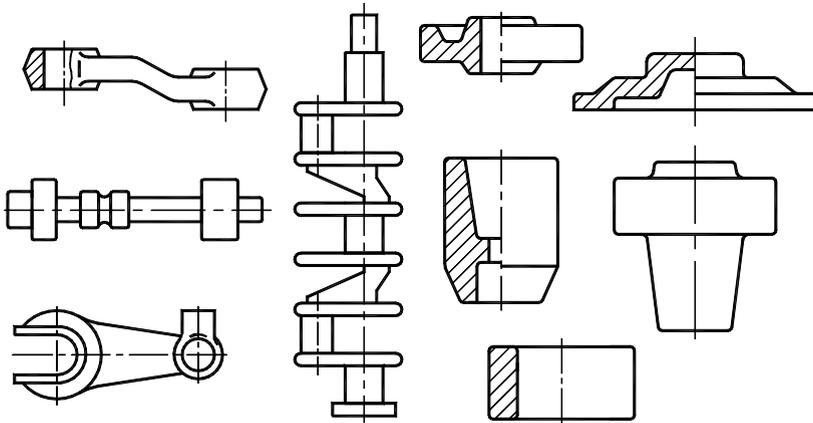


Рис. 1.6. Штампованные поковки [11]

В качестве заготовок для горячей штамповки применяют прокат различного профиля: круг, квадрат, прямоугольник, а также периодический профиль. Перед штамповкой прокат разделяется на мерные заготовки различными способами: на круглопильных станках, прессножницами, газовой горелкой и др.

Заготовка, нагретая до оптимальной температуры, помещается в полость одной из половин штампа, где она под силовым воздействием второй половины приобретает заданную форму (копирует форму штампа).

Горячей объемной штамповкой изготавливают заготовки для ответственных деталей станков, автомобилей, сельскохозяйственных машин, тракторов, самолетов, железнодорожных вагонов и др.

По сравнению с ковкой штамповка имеет ряд преимуществ:

- получение поволок сложной формы без напусков;
- значительно меньшие допуски на изготовление;
- после штамповки обрабатываются только сопрягающиеся поверхности;
- высокая производительность.

Главный недостаток штамповки – значительная стоимость штампа, который изготавливается только для одного вида изделия. Поэтому горячая штамповка находит свое применение в крупносерийном и массовом производстве.

1.6. Волочение

Процесс волочения заключается в протягивании заготовки через постепенно суживающееся отверстие в инструменте, называемом фильерой. Фильера (волока, матрица) представляет собой кольцо (рис. 1.7, а),

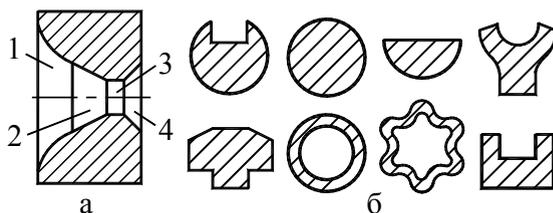


Рис. 1.7. Волочение:

а – волока, б – профили, получаемые волочением; 1 – входная зона, 2 – деформирующая зона, 3 – калибрующий пояс, 4 – выходной конус

рабочее отверстие которого состоит из нескольких зон: входной (смазочной) зоны 1, деформирующей зоны 2, калибрующего пояска 3, выходного конуса 4. В зависимости от протягиваемого материала фильеру изготавливают из инструментальной стали, твердого сплава или алмаза (для получения проволоки диаметром менее 0,2 мм).

Сортамент, получаемый волочением, весьма разнообразен: проволока диаметром 0,002...10 мм, фасонные профили (рис. 1.7, б), трубы диаметром 0,3...500 мм с толщиной стенки от 0,05 до 6 мм соответственно. Волочение выполняют на специализированных предприятиях серийного и массового производства.

1.7. Литье

Литье – изготовление заготовки или изделия из жидкого материала заполнением им полости заданных форм и размеров с последующим затвердением. Этим способом получают заготовки сложной формы, которые нельзя экономично сделать другими способами, например, коробчатые заготовки (станины станков), кронштейны, шарниры и др.

Для производства отливок применяют материалы и сплавы, имеющие хорошую текучесть в жидком виде. Для повышения литейных свойств в исходные материалы добавляют соответствующие присадки. Процесс получения отливок выполняется в следующей последовательности: изготовление формы; плавка материала, заливка жидкого материала в форму; охлаждение и затвердение материала в форме; извлечение заготовки из формы; удаление литниковой системы и зачистки отливки. Для ответственных заготовок дополнительно производится искусственное или естественное старение.

Наиболее часто применяются следующие виды литья (рис. 1.8): литье в землю, литье в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье, непрерывное литье.

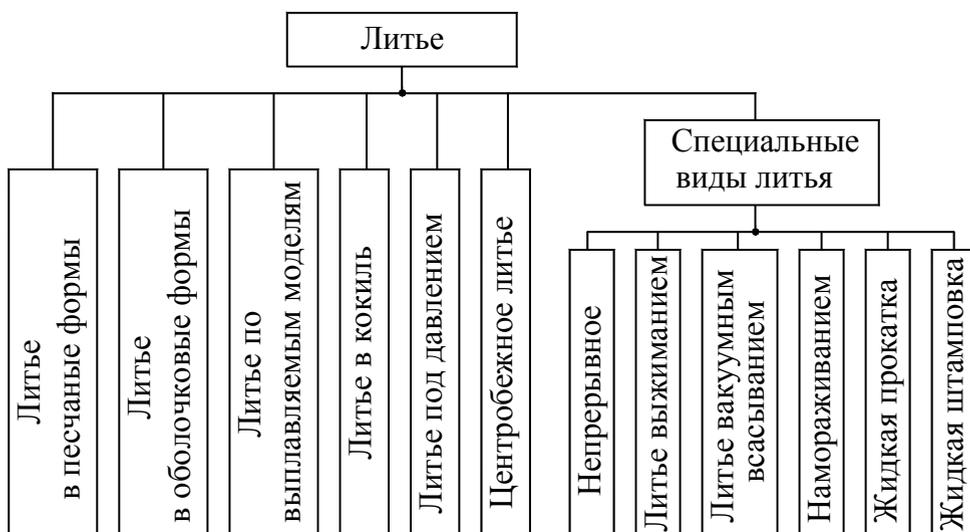


Рис. 1.8. Классификация литья

Выбор того или иного способа литья зависит от типа производства, сложности конфигурации, размеров, и материала детали, требуемой точности и шероховатости поверхности, экономической целесообразностью.

Литье в песчано-глинистые формы. Для производства отливок используются сплавы черных металлов: серые, высокопрочные, ковкие и другие виды чугунов; углеродистые и легированные стали; сплавы цветных металлов; медные (бронзы и латуни), цинковые, магниевые и алюминиевые сплавы; сплавы тугоплавких металлов: титановые, молибденовые, вольфрамовые и др.

По чертежу готовой детали проектируется чертеж отливки, учитывающий особенности процесса литья: усадку, формовочные уклоны, галтели, припуск на механическую обработку и др. Кроме того, прорабатывается литниковая система, через которую жидкий металл будет поступать в форму. Затем изготавливаются модели и стержневые ящики (деревянные для единичного производства, металлические для крупносерийного и массового производства). Литейная форма, состоящая из двух полуформ, изготавливается в следующей последовательности: уплотнение формовочной смеси для точного отпечатка модели в форме и придание форме достаточной прочности; устройство вентиляционных каналов для выводов газов из полости формы, образующихся при заливке; извлечение модели из формы; отделка и сборка формы.

В форму заливается жидкий металл, который охлаждается заданное время (минуты для небольших деталей, часы и сутки для объемных деталей). Охлажденная деталь выбивается из формы, форма при этом разрушается. Полученная таким образом отливка дополнительно обрабатывается: удаляются прибыли, литники, облой по месту сопряжения полуформ. После чего производится очистка отливок: удаление пригара, остатков формовочной и стержневой смеси.

Преимущества литья в песчаные формы – наиболее простой способ литья, универсальность метода, формовочные материалы не дефицитны и дешевы, возможность получения отливки любой конфигурации, из любых металлов и любой массы.

Недостатки литья в песчаные формы: грубая поверхность отливки, большой припуск на механическую обработку, большой расход металла на литники, очень низкие санитарно-гигиенические условия труда. Кроме того, для данного вида литья характерно образование горячих и холодных трещин, пустот, газовых раковин и пористости в отливке, коробление отливки под влиянием внутренних напряжений.

Литьем в песчаные формы получают заготовки для деталей в автотракторной промышленности, в сельскохозяйственном машиностроении, в станкостроении, при изготовлении промышленных роботов и др. Данный вид литья часто применяется в опытно, единичном и мелкосерийном производстве.

Литье в оболочковые формы является улучшенной модификацией литья в глинисто-песчаные формы. Отливки получают в тонкостенных формах-оболочках толщиной 6...15 мм, изготовленных из песчано-смоляных смесей. Смесь состоит из кварцевого песка и 6...7% формальдегидной порошкообразной смолы. Смола при 70°C размягчается и при температуре 120°C плавится, превращаясь в клейкую массу. При температуре 200...300°C смола становится твердой и при повтор-

ном нагреве не расплавляется. При температуре 450°C смола выгорает. Учитывая эту особенность смолы, строится техпроцесс литья. Формовочная смесь засыпается на нагретую металлическую плиту с закрепленной на ней моделью. Под действием тепла подмодельной плиты формовочная смесь, расплавляясь, обволакивает модель слоем заданной толщины. Затем освобожденную от нерасплавленной смеси плиту нагревают в печи до температуры отвердевания. После охлаждения модель отделяют от полученной полуформы и жестко соединяют с другой половиной полуформы. В полученную форму заливают металл. После охлаждения металла форма легко разрушается, освобождая отливку.

Преимущества метода: литье отличается высокой чистотой поверхности и высокой точностью размеров отливок сложной конфигурации ($\pm 0,2$ мм на 100 мм длины). Хорошая газопроницаемость формы обеспечивает отсутствие газовых пор. Легко удаляется отливка из формы, так как при выгорании смолы создается тонкая газовая рубашка, которая защищает поверхность отливки от пригара смеси. Форма легко разрушается. Расход формовочной смеси в 5...10 раз меньше, чем при литье в земляные формы.

Недостатком метода является дороговизна эпоксидной смолы, а также ограничение размеров и массы отливок.

Данный способ применяется для отливки чугунных коленчатых валов автомобилей, чугунных ребристых цилиндров для тяжелых мотоциклов, литого режущего инструмента и других отливок.

Литье по выплавляемым моделям. В качестве материала для модели используют легкоплавкие модели из смеси парафина и стеарина, из пенопласта и др.

Модель (или блоки моделей) соединяют с литниковой системой и погружают в клейкую огнеупорную суспензию, сушат, снова погружают в суспензию до тех пор, пока не образуется форма толщиной 5...8 мм. Модель выплавляют из формы горячим воздухом или паром при температуре 120...150°C. Готовую форму прокаливают при температуре 850...900 °C, при которой остатки легкоплавкого сплава выгорают. Форма при этом превращается в прочную керамическую оболочку. Форму заливают металлом. После остывания металла форму разбивают, остатки формы удаляют в специальных растворах.

Преимущества. Отсутствие у формы разъема обеспечивает повышенную точность отливки. Важным преимуществом способа является возможность получения отливок самой сложной формы практически из любых сплавов. Высокая точность и чистота отливки позволяет исключить механическую обработку. Недостатком способа является длительный технологический процесс и высокая стоимость отливки.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru