

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиностроения и транспорта

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Б1.Б.10

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Технология машиностроения

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	5
4.3 Лабораторные работы.....	34
4.4 Семинары / практические занятия.....	34
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	34
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	35
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	36
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	36
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	36
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	37
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	37
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата	41
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	41
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	41
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	42
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	45
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	46
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	47

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование знаний и навыков выбора и применения технологических методов получения деталей машин из различных конструкционных материалов, а также способов их обработки, обеспечивающих высокое качество готовых изделий, экономию материалов и высокую производительность.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, а также проблем, связанных с машиностроительными производствами;
- формирование навыков и умений разработки процессов изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, решения проблем, связанных с машиностроительными производствами;
- решение задач, связанных с разработкой процессов изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественно-го труда и выбор на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	знать: - основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества; уметь: - разрабатывать процессы изготовления машиностроительных изделий требуемого качества; владеть: - навыками изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	знать: - проблемы, связанные с машиностроительными производствами; уметь: - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами; владеть: - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.10 «Технологические процессы в машиностроении» относится к базовой части.

Дисциплина «Технологические процессы в машиностроении» базируется на знаниях, полученных при изучении учебной дисциплины «Процессы и операции формообразования».

Основываясь на изучении соответствующей дисциплины, «Технологические процессы в машиностроении» представляет основу для изучения дисциплины:

- «Резание металлов»;
- «Режущий инструмент»;
- «Основы технологии машиностроения»;
- «Технология машиностроения».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
Очная	2	4	180	68	17	51	-	76	-	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	68	17	68
Лекции (Лк)	17	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	51		51
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	76	-	76
Подготовка к лабораторным работам	38	-	38
Подготовка к экзамену в течение семестра	38	-	38
III. Промежуточная аттестация Экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	180	-	180
	5	-	5

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоёмкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	Лабораторные работы	
1.	Конструкционные материалы в машиностроении	32	5	7	20
1.1.	Классификация конструкционных материалов	16	1	7	8
1.2.	Основные свойства конструкционных материалов	8	2	-	6
1.3.	Маркировка конструкционных материалов	8	2	-	6
2.	Структура технологического процесса изготовления деталей	74	6	32	36
2.1.	Общая характеристика деталей	14	2	4	8
2.2.	Содержание и последовательность этапов изготовления деталей	50	2	28	20
2.3.	Классификация заготовок и способов их получения	10	2	-	8
3.	Технологии получения заготовок и основы сборки	38	6	12	20
3.1.	Получение заготовок литьем	16	2	6	8
3.2.	Получение сварных заготовок	16	2	6	8
3.3.	Основы технологии сборки	6	2	-	4
	ИТОГО	144	17	51	76

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Конструкционные материалы в машиностроении

Тема 1.1. Классификация конструкционных материалов (лекция – дискуссия 1 час)

Классификация конструкционных материалов приведена на рис. 1.1. Под металлами в технике подразумевают как химические элементы, так и их соединения (сплавы), которые характеризуются специфическими свойствами: металлическим блеском, высокими электро- и теплопроводностью, пластичностью, способностью подвергаться обработке в холодном и горячем состояниях (обработке резанием, ковке, прокатке, волочению и т.п.).

Сплавы – это твердые вещества, полученные сплавлением двух или более компонентов. Сплав образуется в результате как чисто физических процессов (растворение, перемешивание), так и в результате химического взаимодействия между элементами. При этом возникает множество переходных, промежуточных состояний, в которых наряду с растворами образуются обособленные кристаллы отдельных элементов и их соединений. Разнообразие состава, типов межатомной связи и кристаллических структур сплавов обуславливает значительное различие их физико-химических, электрических, магнитных, механических, оптических и других свойств.

По ряду характерных признаков сплавы делят на две группы – черные и цветные. К черным относят железо и его сплавы (стали, чугуны). Остальные металлы и сплавы на их основе – цветные.

В машиностроении широко применяют неметаллические конструкционные материалы. Все они имеют некристаллическую структуру, довольно прочны, плохо передают тепло, относительно легки по весу, хорошо обрабатываются и дешевле металлов и сплавов. Например: пластмассы и композиционные материалы.

Пластмассами называют материалы, изготовленные на основе природных или синтетических полимеров, способные принимать заданную форму при нагревании под давлением и устойчиво сохранять ее после охлаждения.

Основным компонентом пластмасс, обеспечивающим работу всей композиции как единого целого, являются полимерные материалы, или смолы, представляющие собой высокомолекулярные соединения, молекулы которых (макромолекулы) состоят из большого числа (нескольких тысяч) мономерных звеньев.



Рис. 1.1. Укрупненная классификация конструкционных материалов

Полимеры получают в результате синтеза из низкомолекулярных соединений методами полимеризации или поликонденсации.

Наиболее многочисленную группу соединений составляют органические полимеры, например: полиолефины, фторопласты, полиамиды, полиимиды, фенолформальдегидные смолы, полисилоксаны, эпоксидные смолы.

По назначению пластмассы подразделяют на ряд групп: конструкционные, электроизоляционные, химически стойкие, фрикционные, теплозвукоизоляционные, светотехнические и др.

Композиционные материалы – это гетерофазные (состоящие из различных по физическим и химическим свойствам фаз) системы, полученные из двух и более компонентов с сохранением индивидуальности каждого отдельного компонента.

При этом:

- состав и форма компонентов материала определены заранее;
- компоненты присутствуют в количествах, обеспечивающих заданные свойства материала;
- материал является однородным в макромасштабе и неоднородным в микромасштабе (компоненты различаются по свойствам, между ними существует явная граница раздела);
- один из компонентов, обладающий непрерывностью по всему объему, является матрицей; компонент прерывистый, разделенный в объеме композиции, считается усиливающим или армирующим

Наноматериалы

Впервые слово нанотехника было введено в научный оборот в 1974 г. японским физиком Норпо Танигучи, который предложил называть так объекты размером менее одного микрометра.

Приставка нано означает одну миллиардную часть. Под терминами наноматериалы и нанотехнологии понимают материалы и нанотехнологии создание и реализация которых регулируется в нанометровом масштабе, т.е. в диапазоне размеров атомов и молекул. Соединяя определенным образом отдельные атомы и молекулы, стало возможным получать набор искусственно синтезированных веществ, например кристаллов, полимеров, белковых молекул. Такие структуры, построенные из атомно-молекулярных элементов, характеризуются новыми физическими, химическими и биологическими свойствами и связанными с ними явлениями.

Отличие наноматериалов от традиционных материалов связано, прежде всего, с различными размерными эффектами, возникающими на наночастицах или на других наноструктурах. При описании этих эффектов используются принципы квантовой механики вместо положений классической ньютоновской механики и такие понятия, как квантовые точки (атомные кластеры), одномерные структуры (цепочки атомов), двумерные структуры (тонкие пленки), трехмерные объемные сверхрешетки. Наноструктурированные конструкционные материалы могут иметь свойства, значительно отличающиеся от свойств их аналогов, имеющих обычное строение. Например, их прочность на растяжение выше в 1,5...2 раза, а микротвердость – в 2...7 раз. У керамических наноматериалов установлена повышенная пластичность, несвойственная подобным материалам с обычным строением. Достигнутая таким образом пластичность позволит использовать их при прокатке и экструзии.

Тема 1.2. Основные свойства конструкционных материалов (лекция – дискуссия 2 часа)

Конструкционные материалы, в том числе и металлы, обладают определенными свойствами. Различают физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства материалов, которые определяют их применение в той или иной отрасли промышленности.

К физическим свойствам материалов относят: плотность, электро- и теплопроводность, теплоемкость, магнитные свойства, температуру плавления, температурные коэффициенты линейного и объемного расширения и др.

Механические свойства характеризуют сопротивление материала деформации, разрушению или особенность его поведения в процессе разрушения.

Прочность металла при статическом нагружении – это свойство, определяющее его способность сопротивляться деформации и разрушению. Стандартными характеристиками прочности являются предел упругости, предел текучести и временное сопротивление.

Предел упругости σ , называют напряжением, при котором пластическая деформация достигает заданной малой величины, установленной условиями, например 0,05 %. Тогда предел упругости обозначают $\sigma_{0,05}$.

Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ – это напряжение, которому соответствует пластическая деформация 0,2 %.

Предел текучести физический σ , (напряжение, при котором образец деформируется (течет) без заметного увеличения нагрузки) устанавливают по диаграмме растяжения, если на ней есть площадка текучести (например, А–А' на рис. 1.2) с учетом силы P_T , соответствующей моменту наступления текучести.



Рис. 1.2. Диаграмма растяжения

Разрыв образца наступает при достижении силы $P_{раз}$. Предел прочности при разрыве (временное сопротивление) σ_b – это напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке P_{max} , предшествующей разрушению образца: $\sigma_b = P_{max} / F_0$, где F_0 – площадь поперечного сечения образца.

Твердость характеризует свойство поверхностного слоя материала оказывать сопротивление упругой и пластической деформации при местных контактных воздействиях.

Твердость имеет большое практическое значение, так как характеризует многие рабочие свойства металлов и сплавов, например износостойкость, режущие свойства и др. Поэтому сложные и требующие времени испытания на растяжение, ударную вязкость и т.д. часто заменяют испытаниями на твердость, которые выполняются значительно быстрее и не требуют больших затрат. Твердость HB связана определенным соотношением с пределом прочности σ_b при растяжении: $\sigma_b = a HB$, где коэффициент a зависит от рода материала. Так, для стали $a \approx 0,36$.

Испытание на твердость может производиться непосредственно на детали без ее разрушения, поэтому широко применяется не только для изучения свойств металла, но и как метод контроля качества металла в готовых изделиях. В зависимости от формы индентора (шарик, конус, пирамида) и измеряемой величины (отношение нагрузки к площади полученного отпечатка) различают три основных метода определения твердости материала – методы Бринелля, Роквелла, Виккерса.

Пределом выносливости (или пределом усталости) называется такое наибольшее напряжение, которое материал может выдержать без признаков разрушения после заданного количества симметричных или пульсирующих циклов нагружения.

Пластичность – свойство металлов деформироваться без разрушения под действием внешних сил и сохранять измененную форму после снятия нагрузки.

Ее характеристиками являются относительное удлинение и относительное сужение образцов после разрыва.

Относительное удлинение после разрыва δ , % – это отношение приращения расчетной длины образца после разрыва Δl к его первоначальной длине l_0 :

$$\delta = (\Delta l / l_0) 100\% = (l_k - l_0 / l_0) 100\%$$

Относительное сужение после разрыва ψ , % – это отношение уменьшения площади поперечного сечения образца в месте разрыва ΔF к начальной площади поперечного сечения F_0 :

$$\psi = \frac{\Delta F}{F_0} 100\% = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100\%$$

До точки А (см. рис. 1.2) деформация пропорциональна напряжению. Тангенс угла наклона прямой ОА к оси абсцисс характеризует модуль упругости материала $E = \sigma / \delta$ (где δ – относительная деформация). Модуль упругости E определяет жесткость материала, интенсивность увеличения напряжения по мере упругой деформации. Физический смысл E сводится к тому, что он характеризует сопротивляемость металла упругой деформации, т.е. смещение атомов из положения равновесия в решетке. Модуль упругости практически не зависит

от структуры металла и определяется силами межатомной связи. Все другие механические свойства являются структурно чувствительными и изменяются в зависимости от структуры (обработки) в широких пределах.

Удельные механические свойства (удельная прочность, удельная жесткость) характеризуют эффективность материалов по массе и представляют собой отношение соответствующих характеристик материала к его плотности. Сопротивление материала разрушению при динамических нагрузках характеризует ударная вязкость.

Ударная вязкость определяется как отношение работы, затраченной на разрушение стандартного образца, к площади его поперечного сечения. Работу разрушения определяют по результатам испытания на испытательной установке, называемой маятниковым копром. Образец на нем разрушают ударом маятника.

Долговечность называют способность материала детали сопротивляться развитию постепенного разрушения, обеспечивая ее работоспособность в течение заданного времени.

Одним из критериев долговечности является **выносливость**, под которой понимают способность материала сопротивляться усталости или постепенному накоплению повреждений под действием циклически повторяющихся нагрузок.

Под **технологическими свойствами**, или **технологичностью**, материала понимают его пригодность для изготовления деталей машин, приборов и инструментов требуемого качества при минимальных трудовых затратах различными методами и способами. Она оценивается обрабатываемостью резанием, давлением, свариваемостью, способностью к литью, а также прокаливаемостью, склонностью к деформации и короблению при термической обработке. Технологичность материала имеет важное значение, так как от нее зависят производительность и качество изготовления деталей.

Литейные свойства – жидкотекучесть, усадка, склонность к ликвации характеризуют способность металла или сплава заполнять литейную форму, обеспечивать получение отливок заданных размеров и конфигурации без пор и трещин во всех ее частях.

Жидкотекучесть – способность расплавленного металла заполнять литейную форму.

Усадка – это уменьшение линейных размеров (объема) залитого в форму металла в процессе остывания отливки.

Свариваемость – это способность металла давать прочное неразъемное соединение при нагреве свариваемых кромок до температуры плавления или белого каления и приложения определенного давления (ударов или сжатия). Свариваемость зависит как от материала свариваемых заготовок, так и от выбранного технологического процесса сварки.

Деформируемость (ковкость) – способность материала принимать необходимую форму под действием внешней нагрузки без разрушения материала. Деформируемость зависит от многих внешних факторов, в частности от температуры нагревания и схемы напряженного состояния.

Прокаливаемость – способность металла воспринимать закалку на некоторую глубину от поверхности.

Эксплуатационные свойства материалов. К ним относятся свойства материала, непосредственно влияющие на показатели, характеризующие служебное назначение машины: жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, коррозионная стойкость и др.

Жаростойкость – способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высоких температурах.

Жаропрочность – способность материала сохранять требуемые механические свойства при высоких рабочих температурах. Жаропрочные материалы характеризуются длительной прочностью и ползучестью. Под пределом длительной прочности понимают напряжение, вызывающее разрушение материала при заданной температуре за определенное время. Пределом ползучести называют напряжение, вызывающее заданную скорость деформации при установленной температуре.

Износостойкость – способность материала сопротивляться изнашиванию.

Коррозионная стойкость – это способность материала противостоять действию агрессивных сред (кислотных, щелочных и т.п.).

Хладноломкость определяет влияние снижения температуры на склонность материала к появлению хрупкости. Порог хладноломкости характеризуется температурой или интервалом температур перехода металла в хрупкое состояние. Хрупкий излом имеет кристаллическое строение. Обычно в изломе можно видеть форму и размер зерен, так как излом происходит без значительной пластической деформации и зерна при разрушении металла не искажаются.

Тема 1.3. Маркировка конструкционных материалов (лекция – дискуссия 2 часа)

Сплавы на основе железа

Наибольшее применение в промышленности находят сплавы на основе железа (черные сплавы), которые в зависимости от содержания, помимо примесей, главного составляющего элемента – углерода, делятся на стали и чугуны.

Сталь – сплав железа и углерода, в котором содержится до 2,14 % углерода.

Чугун – сплав железа и углерода, в котором содержится более 2,14 % углерода.

Количественным содержанием углерода, а также примесей определяются эксплуатационные характеристики изделий из таких материалов.

Основу классификации сталей составляют следующие признаки: химический состав; содержание углерода; содержанию легирующих элементов; степень раскисления; качество; назначение.

По химическому составу различают:

- углеродистые стали;
- легированные стали.

По процентному содержанию углерода стали разделяют на:

- низкоуглеродистые (не более 0,3 % С);
- среднеуглеродистые (0,3...0,7 % С);
- высокоуглеродистые (более 0,7 % С).

По содержанию введенных легирующих элементов в процентах разделяют:

- низколегированные стали (менее 5 %);
- среднелегированные стали (5...10 %);
- высоколегированные стали (более 10 %).

В зависимости от введенных легирующих добавок (для повышения эксплуатационных характеристик) по доминирующему элементу различают:

- хромистые (с добавлением хрома Cr);
- марганцовистые (с добавлением марганца Mn);
- хромоникелевые (с добавлением хрома и никеля Cr, Ni); и др.

По степени раскисления – процесса удаления из жидкого металла кислорода, проводимого с целью предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации, а также характеру затвердевания различают:

- стали спокойные (сп);
- стали полуспокойные (пс);
- стали кипящие (кп).

По качеству (т.е. по содержанию вредных примесей серы S и фосфора P, а также совокупности свойств, определяемых металлургическим процессом ее производства) стали разделяют на:

- обыкновенного качества (до 0,06 % S и 0,07 % P);
- качественные (не более 0,04 % S и 0,035 % P);
- высококачественные (не более 0,025 % S и 0,025 % P).

По назначению (применению для конкретных задач) стали различают:

- конструкционные стали;
- инструментальные стали;
- с особыми физическими свойствами.

Помимо указанной классификации, стали имеют более узкое разделение в рамках производства, назначения, применения, физических свойств и т.д.

Например, по структуре в равновесном состоянии стали могут быть доэвтектоидные, эвтектоидные, аустенитные и др. По способу производства: сталь, полученная в электропечах; электрошлаковый переплав; вакуумно-дуговой переплав и др. По технологичности стали делятся на: улучшенной обрабатываемости резанием; высокой пластичности; высокими литейными свойствами и др.

Конструкционные стали

Конструкционные стали представляют собой наиболее обширную группу сплавов и предназначены для изготовления строительных сооружений, деталей машин и приборов. Вместе с тем, конструкционные стали по химическому составу разделяются на: углеродистые, низколегированные и легированные.

Углеродистые стали обыкновенного качества

Производят стали в виде горячекатаного листового проката (ГОСТ 14637-89), а также сортового и фасонного (уголки, трубы, швеллеры и т.п.) проката (ГОСТ 535-88), применяемого в основном для изготовления строительных конструкций и неотчетственных деталей машин.

Согласно ГОСТ 380-2005, выпускают стали следующих марок: Ст0; Ст1 (кп, пс, сп); Ст2 (кп, пс, сп); Ст3 (кп, пс, сп); Ст3Г (пс, СП); Ст4 (кп, пс, сп); Ст5 (пс, сп); Ст5Гпс; Ст6 (пс, сп).

По степени раскисления стали делятся на: кипящие (кп), полуспокойные (пс) и спокойные (сп).

Стали маркируются сочетанием букв «Ст» и цифрой (от 0 до 6), которая показывает условный номер марки сплава в зависимости от химического состава. Буква «Г» означает, что в марке содержится марганец (Mn) до 1 %, обозначения «кп», «пс», «сп» - указывают на степень раскисления.

Например, марка стали «Ст1кп» означает: «Ст» – сталь конструкционная обыкновенного качества марки «1», по степени раскисления «кп» – кипящая.

Углеродистые качественные стали

Из углеродистых качественных сталей производят сортовой и калиброванный со специальной отделкой поверхности прокат в основном для изготовления деталей машин.

Заготовки выпускаются в виде – проката (горячекатаного и кованного), слитков, поковок, штамповок.

Химический состав качественных сталей по сравнению со сталями обыкновенного качества отличается меньшим содержанием вредных примесей серы и фосфора, а также примесей хрома, никеля, меди.

В маркировке стали указываются две цифры, которые означают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы «кп», «пс», «сп» в конце маркировки означают степень раскисления.

Например, марка стали «05кп» означает: «05» – сталь конструкционная углеродистая качественная, в которой содержится (C ≈ 0,05 %) углерода, по степени раскисления «кп» – кипящая.

Например, марка стали «20пс» означает: «20» – сталь конструкционная углеродистая качественная, в которой содержится (C ≈ 0,2 %) углерода, по степени раскисления «пс» – полуспокойная.

Например, марка стали «50» означает: «50» – сталь конструкционная углеродистая качественная, в которой содержится (C ≈ 0,5 %) углерода.

Легированные конструкционные стали

Легированные элементы добавляют для повышения эксплуатационных характеристик материалов, позволяющие использовать такие материалы в агрессивных средах и в условиях высоких динамических и статических нагрузок. Условное обозначение легирующих добавок приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Условное обозначение легирующих элементов

А	Азот	К	Кобальт	Т	Титан
Б	Ниобий	Н	Никель	Ф	Ванадий
В	Вольфрам	М	Молибден	Х	Хром
Г	Марганец	П	фосфор	Ц	Цирконий
Д	Медь	Р	Бор	Ю	Алюминий
Е	Селен	С	Кремний		

Заготовки из легированных конструкционных сталей поставляют в виде – проката (горячекатаного и кованного), слитков, поковок, штамповок.

Химический состав легированных по сравнению с углеродистыми сталями отличается более низким содержанием вредных примесей серы и фосфора, а также наличие легирующих элементов, которые определяют эксплуатационные характеристики материала изделия.

В зависимости от качества химического состава и эксплуатационных свойств конструкционная легированная сталь делится на группы:

- качественная;
- высококачественная (в конце марки указывается буква «А»);
- особовысококачественная (в конце марки указывается буква «Ш»).

В маркировке легированных конструкционных сталей принято обозначение: первые две цифры указывают среднюю массовую долю углерода в сотых долях процента, буквы за цифрами означают наименование легирующих элементов табл. 1.1

Последующие цифры, стоящие после букв, указывают массовую долю легирующего элемента в процентах. Если цифра не указана, следовательно, в марке содержится до 1,5 % данного легирующего элемента.

Буква «А» в конце марки обозначает, что сталь высококачественная; буква «Ш» через тире в конце марки означает, что сталь особовысококачественная.

Например, марка стали «30ХГС» означает: – сталь конструкционная качественная, которая содержит (C ≈ 0,3 %) углерода и легирующие добавки: «Х» – хром (Cr ≈ 1,5 %), «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5 %), «С» – кремний (Si ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «18ХГТА» означает: – сталь конструкционная высококачественная, которая содержит (C ≈ 0,18 %) углерода и легирующие добавки: «Х» – хром (Cr ≈ 1,5 %), «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5 %), «Т» – титан (Ti ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «30ХГСН2-Ш» означает: – сталь конструкционная особовысококачественная, которая содержит (C ≈ 0,3 %) углерода и легирующие добавки: «Х» – хром (Cr ≈ 1,5 %), «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5 %), «С» – кремний (Si ≈ 1,5 %), «Н» – никель (Ni = 2 %).

Например, марка стали «15ХСН4А-Ш» означает: – сталь конструкционная особовысококачественная, которая содержит (C ≈ 0,15 %) углерода и легирующие добавки: «Х» – хром (Cr ≈ 1,5 %), «С» – кремний (Si ≈ 1,5 %), «Н» – никель (Ni = 4 %).

Стали с особыми физическими свойствами

Сталь конструкционная подшипниковая

Конструкционная подшипниковая сталь применяется для производства подшипников качения, поэтому эти стали обладают высокой твердостью HRC 62...65, износостойкостью. Для подшипников, работающих в агрессивных средах, применяют стали с повышенным содержанием хрома.

При маркировке первая буква «Ш» – означает, что сталь подшипниковая, следующая за ней буква «Х» – легирующую добавку (хром, Cr), а цифра указывает на среднее содержание хрома в десятых долях процента. Буква «Ш» в конце маркировки означает, что сталь особо-высококачественная (получена методом шлакового переплава с содержанием серы (S) не более 0,01 %, а фосфора (P) – 0,025 %).

Например, марка стали «ШХ15СГ» означает: «Ш» – сталь подшипниковая, которая содержит легирующие добавки: «Х» – хром (Cr = 1,5 %), «С» – кремний (Si ≈ 1,5 %), «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «ШХ4-Ш» означает: «Ш» – сталь подшипниковая особо-высококачественная (буква «Ш» в конце), которая содержит легирующую добавку: «Х» – хром (Cr = 0,4 %).

Сталь конструкционная повышенной обрабатываемости

Стали повышенной обрабатываемости резанием используют на станках автоматах и автоматических линиях для производства изделий, не испытывающих повышенных нагрузок, в массовом и крупносерийном производстве (болты, гайки, шпильки оси и др.). За счет повышенного содержания серы (S), фосфора (P) и свинца (Pb) обеспечивается хорошее отделение стружки при резании (образование стружки скола), поэтому такие стали называют «автоматные стали».

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» – означает, что сталь повышенной обрабатываемости резанием «автоматная», следующая за ней цифра указывает среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Например, марка стали «А11» означает: «А» – сталь автоматная углеродистая сернистая с содержанием углерода (C ≈ 0,11 %).

Например, марка стали «АС40» означает: «АС» – сталь автоматная углеродистая свинецсодержащая с содержанием углерода (C ≈ 0,4 %).

Например, марка стали «АС35Г2» означает: «АС» – сталь автоматная сернисто-марганцовистая свинецсодержащая с содержанием углерода (C ≈ 0,35 %), легированная: «Г» – марганцем (Mn = 2 %).

Например, марка стали «АС20ХГНМ» означает: «АС» – сталь автоматная легированная свинецсодержащая, в которой содержится углерода (C ≈ 0,2 %), легированная: «Х» – хромом (Cr ≈ 1,5 %), «Г» – марганцем (Mn ≈ 1,5 %), «Н» – никелем (Ni ≈ 1,5 %), «М» – молибденом (Mo ≈ 1,5 %).

Сталь нержавеющая (коррозионно-стойкая)

Коррозионно-стойкие и нержавеющие стали обладают высокой устойчивостью к коррозии в атмосферных условиях и некоторых газовых средах, речной и морской воде, растворах солей, щелочей и кислот в широком диапазоне температур. Основной легирующей добавкой таких сталей является – хром, который обладает химической стойкостью за счет образования на поверхности защитной оксидной пленки. Коррозионная стойкость стали повышается, но только при содержании более 10 % хрома (Cr).

Согласно ГОСТ 5632-72 в зависимости от основных физических свойств различают следующие группы сталей:

- коррозионно-стойкие (нержавеющие), которые обладают стойкостью к электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;
- жаростойкие (окалиностойкие), обладающие стойкостью к химическому разрушению поверхности в газовых средах при температурах выше 550°C, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии;
- жаропрочные стали, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие высокой жаростойкостью.

Маркируются коррозионно-стойкие и нержавеющие стали аналогично легированным конструкционным сталям, первые цифры указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента, последующие буквы означают легирующую добавку, а цифры – процентное ее содержание.

Например, марка стали «03ХН28МДТ» означает: – сталь коррозионно-стойкая (нержавеющая), в которой содержится углерод (C ≈ 0,03 %), легированная: «Х» – хромом (Cr ≈ 1,5 %), «Н» – никелем (Ni = 28 %), «М» – молибденом (Mo ≈ 1,5 %), «Д» – медью (Cu ≈ 1,5 %), «Т» – титаном (Ti ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «03Х16Н15МЗБ» означает: – сталь жаростойкая (окалиностойкая), в которой содержится углерод (C ≈ 0,03 %), легированная: «Х» – хромом (Cr = 16 %), «Н» – никелем (Ni = 15 %), «М» – молибденом (Mo = 3 %), «Б» – ниобием (Nb ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «12Х18Н9Т» означает: – сталь жаропрочная, в которой содержится углерод (C ≈ 0,12 %), легированная: «Х» – хромом (Cr = 18 %), «Н» – никелем (Ni = 9 %), «Т» – титаном (Ti ≈ 1,5 %).

Инструментальные материалы

Углеродистые инструментальные стали

Из углеродистых инструментальных сталей изготавливают:

- слесарно-монтажные инструменты (кусачки, плоскогубцы, молотки, кувалды, отвертки, зубила, и др.);
- инструменты для обработки дерева (топоры, стамески, долота, фрезы, зенковки, дисковые пилы и др.);
- инструменты с повышенной износостойкостью (напильники, бритвенные ножи, лезвия, острые хирургические инструменты, гравировальные инструменты).

В зависимости от химического состава и эксплуатационных свойств инструментальные углеродистые стали делятся на группы:

- качественная;
- высококачественная (в конце марки указывается буква «А»).

В маркировке принято обозначение: первая буква «У» – означает, что сталь углеродистая инструментальная, следующая за ней цифра – среднее содержание углерода в десятых долях процента, буква «Г» – указывает на содержание марганца (Mn ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «У7» означает: «У» – сталь углеродистая инструментальная качественная, которая содержит (C ≈ 0,7 %) углерода.

Например, марка стали «У8Г» означает: «У» – сталь углеродистая инструментальная качественная, которая содержит (C ≈ 0,8 %) углерода и легирующую добавку: «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «У8ГА» означает: «У» – сталь углеродистая инструментальная высококачественная (буква «А» в конце марки), которая содержит (C ≈ 0,8 %) углерода и легирующую добавку: «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5 %).

Инструментальные легированные стали

Легированные стали используют в инструментальной промышленности для изготовления:

- ножей для холодной резки металла, обрезающие матрицы и пуансоны, кернеры;
- рамных, ленточных, круглых, строгальных пил;
- метчиков и других осевых режущих инструментов диаметром до 30 мм, хирургических инструментов, штампов для холодной штамповки, пуансонов, калибров;
- токарных, строгальных и долбежных резцов, работающих при небольших скоростях резания; зубил;
- сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез; деревообрабатывающего инструмента и др.

Химический состав легированных инструментальных сталей приведен в ГОСТ 5950-2000.

В маркировке легированных инструментальных сталей принято обозначение: первые две цифры указывают среднюю массовую долю углерода в десятых долях процента, буквы за цифрами означают наименование легирующих элементов, аналогично легированным конструкционным сталям (см. табл. 1.1).

Последующие после букв цифры, указывают массовую долю легирующего элемента в процентах. Если цифра не указана, следовательно, в марке содержится до 1,5 % данного легирующего элемента.

Например, марка стали «9Г2Ф» означает: – сталь инструментальная легированная качественная, которая содержит (C ≈ 0,9 %) углерода и легирующие добавки: «Г» – марганец (Mn = 2 %), «Ф» – ванадий (V ≈ 1,5 %).

Например, марка стали «05X12H6Д2МФСГТ» означает: – сталь инструментальная легированная качественная, которая содержит (C ≈ 0,05%) углерода и легирующие добавки: «X» – хром (Cr = 12%), «Н» – никель (Ni = 6%), «Д» – медь (Cu = 2%), «М» – молибден (Mo ≈ 1,5%), «Ф» – ванадий (V ≈ 1,5%), «С» – кремний (Si ≈ 1,5%), «Г» – марганец (Mn ≈ 1,5%), «Т» – титан (Ti ≈ 1,5%).

Быстрорежущие инструментальные стали

Быстрорежущие инструментальные стали за счет специального легирования и термической обработки обладают высокой теплостойкостью 580...670°C и предназначены для изготовления режущего инструмента, работающего при скоростях 50...60 м/мин.

Основным легирующим элементом быстрорежущей стали является: «В» – вольфрам (W).

В маркировке принято обозначение: первая буква «Р» (от слова «Rapid» – скорость) означает, что сталь быстрорежущая инструментальная. Следующая за буквой «Р» цифра указывает на среднее содержание основного легирующего элемента: «В» – вольфрама (W), в процентах. Цифра перед буквой «Р» показывает среднее содержание углерода (C) в десятых долях процента, когда содержание углерода менее (C ≈ 1 %) – цифра не указывается.

Последующие буквы означают наименование легирующих элементов, а цифры указывают процентное содержание данного элемента в процентах. Если цифра не указана, следовательно, в марке содержится до 1,5 % данного легирующего элемента.

Например, марка стали «P18» означает: «Р» – сталь быстрорежущая инструментальная, которая содержит (C ≈ 1 %) углерода, «18» – вольфрам (W = 18 %).

Например, марка стали «1P3AM3Ф2» означает: «Р» – сталь быстрорежущая инструментальная, которая содержит (C = 1,1 %) углерода и легирующие добавки: «3» – вольфрам (W = 3 %), «А» – азот (N ≈ 1,5 %), «М» – молибден (Mo = 3 %), «Ф» – ванадий (V = 2 %).

Например, марка стали «P6M5Ф3» означает: «Р» – сталь быстрорежущая инструментальная, которая содержит (C ≈ 1 %) углерода и легирующие добавки: «6» – вольфрам (W = 6 %), «М» – молибден (Mo = 5 %), «Ф» – ванадий (V = 3 %).

Спеченные твердые сплавы

Спеченные твердые сплавы представляют собой композиции, основу которых определяют высокотвердые тугоплавкие карбиды вольфрама, титана, тантала, соединенных металлической связкой – кобальтом. Твердые сплавы изготавливают порошковой металлургией методом спекания.

Из твердых сплавов производят пластины, которыми оснащают резцы, сверла, фрезы и другие режущие инструменты. А также используют при изготовлении инструментов для обработки металлов давлением. Такие инструменты обладают высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью. Эксплуатационные характеристики таких инструментов превосходят инструменты из других материалов.

По химическому составу твердые сплавы разделяют на группы:

- вольфрамовые, группа ВК – однокарбидные (WC-Co);
- титановольфрамовые, группа ТК – двухкарбидные (TiC – WC-Co);
- титанотанталовольфрамовые, группа ТТК – трехкарбидные (TiC – TaC – WC-Co);
- безвольфрамовые, группа ТН (TiC-Ni).

По величине зерна карбида вольфрама сплавы группы ВК разделяют на:

- особомелкозернистые (ОМ, размер зерна < 1мкм);
- мелкозернистые (М, размер зерна около 1мкм);
- среднезернистые (С, размер зерна 1...2мкм);
- крупнозернистые (В, размер зерна 2...5мкм).

Согласно ГОСТ 3882-74 область применения твердых сплавов и их марка следующая:

– группа ВК предназначена главным образом для обработки резанием всех видов чугунов и неметаллов, а также обработки давлением некоторых видов сталей.

– группа ТК используется в качестве режущих элементов при обработке различных видов сталей.

– группа ТТК применяется при обработке резанием чугунов и сталей.

– группа ТН применяется при черновой и чистовой обработке резания широкого спектра сталей, чугунов и цветных сплавов.

В маркировке вольфрамовых твердых сплавов принято обозначение:

– группа ВК: первая буква «В» указывает на принадлежность сплава к группе, буква «К» означает кобальтовую связку, последующая цифра показывает массовую долю содержания кобальта в процентах.

Например, марка «ВК3» означает: «В» – однокарбидный вольфрамовый твердый сплав, который содержит кобальта «К» (Co = 3 %), остальное карбид вольфрама WC = 97 %.

Например, марка «ВК6-М» означает: «В» – однокарбидный вольфрамовый твердый сплав, который содержит кобальта «К» (Co = 6 %), остальное – карбид вольфрама WC = 94 %, «М» – мелкозернистый.

– Группа ТК: первая буква «Т» указывает на принадлежность сплава к группе, следующая цифра указывает на массовую долю содержания карбида титана (TiC) в процентах, буква «К» означает кобальтовую связку, цифра показывает массовую долю содержания кобальта в процентах.

Например, марка «Т30К4» означает: «Т» – двухкарбидный титановольфрамовый твердый сплав, который содержит: карбид титана (TiC = 30 %), кобальта «К» (Co = 4 %), остальное – карбид вольфрама WC = 66 %.

– Группа ТТК: первые буквы «ТТ» указывает на принадлежность сплава к группе, следующая цифра указывает на массовую долю содержания карбида титана (TiC) и карбида тантала (TaC) в процентах, буква «К» означает кобальтовую связку, цифра показывает массовую долю содержания кобальта в процентах.

Например, марка «ТТ7К12» означает: «ТТ» – трехкарбидный титанотанталовольфрамовый твердый сплав, который содержит: карбид титана (TiC) и карбид тантала (TaC) – (TiC+TaC) = 7 %, кобальта «К» (Co = 12 %), остальное – карбид вольфрама WC = 81 %.

Керамические инструментальные материалы

Инструментальная керамика – материалы на основе химических соединений оксидов или нитридов, полученные порошковой металлургией.

Керамические материалы на основе оксида алюминия Al₂O₃, легированные оксидами магния (MgO) и оксидом циркония (ZrO₂) называют – оксидной чистой (белой) керамикой, легированные карбидом титана (TiC) называют оксидно-карбидной (черной, серой) керамикой.

Керамические материалы на основе нитрида кремния Si₃N₄ называют – нитридной (коричневой) керамикой.

Эксплуатационные характеристики керамических инструментальных материалов зависят от технологии их спекания.

Согласно ГОСТ 26630-85 область применения и марки керамических материалов следующие:

– оксидно-карбидная (черная) керамика «В-3» – чистовая и получистовая обработка конструкционных сталей без ударного воздействия; серых ковких и легированных чугунов, цветных медных сплавов при скоростях в 2...3 раза выше скорости резания для твердых сплавов при небольшой глубине;

– оксидно-карбидная (серая) керамика «ВОК-60» – чистовая и получистовая токарная обработка закаленных конструкционных сталей более HRC60; всех видов чугунов на больших скоростях при небольшой глубине;

– оксидная чистая (белая) керамика «ВО-13» – получистовая и чистовая обработка чугунов и сталей без ударных нагрузок при больших скоростях резания.

Чугуны

Сплавы железа с углеродом, примесями и легирующими добавками, содержащие углерода более 2,14 % называют чугунами.

Чугуны обладают высокими литейными свойствами, но не пластичны, хрупкие и деформации разрушаются, поэтому заготовки из чугуна получают только методами литья. Чугун менее прочен и более хрупок, чем сталь, но дешевле стали и хорошо отливается в формы. Углерод в чугуне может содержаться в виде цементита (Fe₃C) или графита. Цементит светлого цвета, повышенной твердости и плохо поддается механической обработке. Графит темного цвета, имеет меньшую твердость и хорошо обрабатывается резанием. По форме виду углерода различают:

- белый (перелесный) чугун – сплав с избыточным содержанием углерода в виде твердого раствора Fe₃C (цементита);
- серый чугун сплав, в котором углерод частично или полностью находится в виде графита, а также содержит кремний (Si) 1,6...2,5 %; марганец (Mn) до 1 %; серу (S) 0,05...0,12 %; фосфор (P) 0,1...0,8 %;
- ковкий чугун сплав, полученный из белого за счет перехода углерода в графит при термической его обработке;
- высокопрочный чугун сплав, полученный за счет введения в жидкий чугун при температуре 1400°C чистого магния или его сплавов с медью, с последующей модификацией, в котором графит принимает шаровидную форму.

Серый чугун

Серый чугун широко применяется в машиностроении, поскольку отличается высокими литейными свойствами, он служит основным материалом для литья станин станков и механизмов, поршней, цилиндров и других деталей машин.

В маркировке серых чугунов приняты обозначения: буквы «СЧ» – означают марку чугуна (серый чугун), следующая цифра указывает на величину минимального сопротивления при растяжении σ_E [МПа].

Например, марка «СЧ10» означает: «СЧ» – серый чугун с величиной минимального сопротивления при растяжении $\sigma_E = 100$ МПа.

Например, марка «СЧ24» означает: «СЧ» – серый чугун с величиной минимального сопротивления при растяжении $\sigma_E = 240$ МПа.

Например, марка «СЧ35» означает: «СЧ» – серый чугун с величиной минимального сопротивления при растяжении $\sigma_E = 350$ МПа.

Ковкий чугун

Отливки из ковкого чугуна отличаются однородностью свойств по всему сечению, а также наличием минимальных внутренних напряжений. Ковкий чугун применяют для производства отливок с толщиной стенок 3...50мм. За счет высокой износостойкости в условиях работы со смазкой при давлении до 20МПа позволяет использовать ковкий чугун для производства широкого ассортимента деталей водопроводных, газовых и паровых установок.

В сравнении с серым чугуном ковкий чугун менее подвержен хрупкому динамическому разрушению, однако утрачивает некоторые свойства при пониженных температурах.

В маркировке ковких чугунов приняты обозначения: буквы «КЧ» – означают марку чугуна (ковкий чугун), следующая цифра указывает на величину временного сопротивления на разрыв σ_B [МПа], цифра, стоящая в конце маркировки через тире, показывает относительное удлинение в процентах δ [%].

Например, марка «КЧ30-6» означает: «КЧ» – ковкий чугун с величиной временного сопротивления на разрыв $\sigma_B = 300$ МПа и относительным удлинением $\delta = 6$ %.

Например, марка «КЧ65-3» означает: «КЧ» – ковкий чугун с величиной временного сопротивления на разрыв $\sigma_B = 650$ МПа и относительным удлинением $\delta = 3$ %.

Например, марка «КЧ80-1,5» означает: «КЧ» – ковкий чугун с величиной временного сопротивления на разрыв $\sigma_B = 800$ МПа и относительным удлинением $\delta = 1,5$ %.

Высокопрочный чугун

Высокопрочный чугун обладает высокими механическими свойствами, за счет шаровидной формы графита, коррозионной стойкостью, жаростойкостью и антифрикционными свойствами. Помимо этого, высокопрочный чугун имеет высокие литейные свойства, а также хорошо поддается механической обработке. Поэтому из него получают отливки ответственного и особо ответственного назначения для машиностроительной и других отраслей промышленности.

В маркировке высокопрочных чугунов приняты обозначения: буквы «ВЧ» – означают марку чугуна (высокопрочный чугун), следующая цифра указывает на величину минимального временного сопротивления при растяжении σ_E [МПа].

Например, марка «ВЧ35» означает: «ВЧ» – высокопрочный чугун с величиной минимального временного сопротивления при растяжении $\sigma_E = 350$ МПа.

Например, марка «ВЧ50» означает: «ВЧ» – высокопрочный чугун с величиной минимального временного сопротивления при растяжении $\sigma_E = 500$ МПа.

Сплавы цветных металлов

В машиностроении в качестве конструкционных материалов широкое применение находят сплавы на основе алюминия (Al), меди (Cu), магния (Mg), титана (Ti) и цинка (Zn).

Аналогично сплавам на основе железа цветные также содержат примеси и легирующие элементы. Для цветных сплавов принято следующее буквенное обозначение легирующих элементов табл. 1.2:

Таблица 1.2

Условное обозначение легирующих элементов цветных сплавов					
А	Алюминий	Мг	Магний	О	Олово
Б	Бериллий	Мц	Марганец	С	Свинец
Ж	Железо	М	Медь	Су	Сурьма
К	Кремний	Мш	Мышьяк	Ф	Фосфор
Кд	Кадмий	Н	Никель	Ц	Цинк

Алюминиевые сплавы

Алюминий мягкий и очень вязкий материал, обладает высокой удельной электрической проводимостью, теплопроводностью, пластичностью и коррозионной стойкостью, в виду образования на его поверхности оксидной пленки, которая препятствует воздействию агрессивных сред.

Первичный алюминий

В зависимости от химического состава различают алюминий высокой и технической чистоты.

Чистый алюминий используют для изготовления электрических проводов, фольги, труб, химической аппаратуры и другой электро-технической продукции.

Согласно ГОСТ 11069-2001 выпускают следующие марки алюминия высокой чистоты: А995; А99; А98; А95.

В маркировке приняты следующие обозначения: первая буква «А» означает – алюминий, следующая цифра указывает на содержание алюминия в процентах.

Например, марка «А995» означает: «А» – алюминий высокой чистоты с содержанием алюминия (Al = 99,995 %).

Например, марка «А98» означает: «А» – алюминий высокой чистоты с содержанием алюминия (Al = 99,98 %).

Технический алюминий применяют для изготовления слабонагруженных деталей, когда требуется от конструкционного материала низкая плотность, высокая пластичность и коррозионная стойкость. Такие алюминии также используют в электротехнике за счет их высокой электропроводности и теплопроводности. Содержание алюминия в этих сплавах ниже, но не менее 99,0 %.

Технический алюминий согласно ГОСТ 11069-2001 выпускают следующих марок: А85; А8; А7; А7Е; А7Э; А6; А5Е; А5; А35; А0.

В маркировке приняты следующие обозначения: первая буква «А» означает – алюминий, последующая цифра указывает на содержание алюминия в процентах.

Например, марка «А85» означает: «А» – алюминий технической чистоты с содержанием алюминия (Al = 99,85 %).

Например, марка «А6» означает: «А» – алюминий технической чистоты с содержанием алюминия (Al = 99,60 %).

Например, марка «А0» означает: «А» – алюминий технической чистоты с содержанием алюминия (Al = 99,0 %).

Литейные алюминиевые сплавы

Литейные сплавы предназначены для получения отливок высокой геометрической точности и невысокой массы. Поэтому литейные сплавы обладают высокими литейными свойствами, которые, как и эксплуатационные характеристики материала, будут напрямую зависеть от легирующих добавок.

Согласно ГОСТ 1583-93 выпускают следующие марки алюминиевых литейных сплавов:

Сплавы на основе системы: алюминий-кремний-магний (Al+Si+Mg)

AK7; AK8; AK9; AK10; AK12; AK13.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» означает – алюминиевый литейный сплав, буква «К» соответствует добавке кремния, а цифра указывает на содержание его в процентах.

Например, марка «AK12» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «К» – кремний (Si = 12 %), а также другие примеси.

Сплавы на основе системы: алюминий-кремний-медь (Al+Si+Mg)

AK5M; AK5M2; AK5M7; AK6M2; AK8M; AK5M4; AK8M3; AK9M2; AK12M2; AK21M2.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» означает – алюминиевый литейный сплав, буквы «К» и «М» соответствуют легирующим добавкам кремния и меди, последующие цифры указывают на их содержание в сплаве в процентах. Если цифра не указана, содержание легирующего элемента менее 1,5 %.

Например, марка «AK5M7» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «К» – кремний (Si = 5 %), «М» – медь (Cu = 7 %), а также другие примеси.

Например, марка «AK21M2» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «К» – кремний (Si = 21 %), «М» – медь (Cu = 2 %), а также другие примеси.

Сплавы на основе системы: алюминий-медь (Al+Cu)

AM5; AM4.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» означает – алюминиевый литейный сплав, букв «М» соответствует легирующей добавке меди, последующая цифра указывает на ее содержание в сплаве в процентах. Если цифра не указана, содержание легирующего элемента менее 1,5 %.

Например, марка «AM5» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «М» – медь (Cu = 5 %), а также другие примеси.

Сплавы на основе системы: алюминий-магний (Al+Mg)

AMг4K1,5M; AMг5K; AMг5Mц; AMг6; AMг10; AMг11; AMг7.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» означает – алюминиевый литейный сплав, буквы «Mг», «Mц», «К» и «М» – соответствуют легирующим добавкам магния, марганца, кремния и меди, последующие цифры указывают на их содержание в сплаве в процентах. Если цифра не указана, содержание легирующего элемента менее 1,5 %.

Например, марка «AMг4K1,5M» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «Mг» – магний (Mg = 4 %), «К» – кремний (Si = 1,5 %), «М» – медь (Cu ≈ 1,5 %), а также другие примеси.

Например, марка «AMг5Mц» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «Mг» – магний (Mg = 5 %), «Mц» – марганец (Mn ≈ 1,5 %), а также другие примеси.

Сплавы на основе системы: алюминий – прочие компоненты (Al+(Si, Zn, Mg и др.))

AK7Ц9; AK9Ц6; АЦ4Mг.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» означает – алюминиевый литейный сплав, буквы – соответствуют легирующим добавкам, последующие цифры указывают на их содержание в сплаве в процентах. Если цифра не указана, содержание легирующего элемента менее 1,5 %.

Например, марка «AK7Ц9» означает: «А» – алюминиевый литейный сплав, в котором содержится «К» – кремний (Si = 7 %), «Ц» – цинк (Zn = 9 %), а также другие примеси.

Деформируемые алюминиевые сплавы

Алюминий и его сплавы хорошо поддаются горячей и холодной деформации – ковке, прессованию, волочению, штамповке и другим операциям.

Алюминиевые деформируемые сплавы обладают удовлетворительной свариваемостью, некоторые специальные марки сплавов свариваются не только плавлением, а также другими видами сварки.

Деформируемый чистый алюминий

Согласно ГОСТ 4784-97 выпускают следующие марки деформируемого алюминия:

A199,8; A199,7; EA199,7; A199,6; A199,5; EA199,5; A199,3; A199,0.

В маркировке приняты следующие обозначения: первая буква «А» означает – алюминий, последующая цифра указывает на содержание алюминия в процентах. Буква «Е» в начале марки означает гарантированные электрические характеристики.

Например, марка «A199,8» означает: «А» – алюминий деформируемый, высокой чистоты, содержащий алюминия (Al = 99,80 %).

Например, марка «EA199,7» означает: «А» – алюминий деформируемый, высокой чистоты, содержащий алюминия (Al = 99,70 %), «Е» – с гарантированными электрическими характеристиками.

Сплавы деформируемые алюминиевые

Алюминиевые сплавы систем: алюминий-медь-магний (Al+Cu+Mg) и алюминий-медь-марганец (Al+Cu+Mn).

Сплавы системы (Al+Cu+Mg) называют – дуралюминами. Такие сплавы упрочняются термической обработкой; характеризуются хорошим сочетанием прочности и пластичности.

Согласно ГОСТ 4784-97 выпускают следующие марки дуралюминов: Д1; Д16; Д18; Д19.

В маркировке приняты следующие обозначения: первая буква «Д» означает принадлежность сплава к группе – дуралюмин, последующая цифра указывает номер марки сплава по ГОСТ.

Например, марка «Д16» означает: «Д» – дуралюмин (деформируемый алюминиевый сплав системы (Al+Cu+Mg)), номер «16».

Сплавы системы (Al+Cu+Mn) называют – ковошные алюминиевые сплавы. Их выпускают следующих марок, согласно ГОСТ 4784-97: АК4; АК6; АК8.

В маркировке приняты следующие обозначения: первая буква «А» – означает алюминиевый сплав, буква «К» – ковошный, последующая цифра указывает номер марки сплава по ГОСТ.

Например, марка «АК4» означает: «А» – алюминиевый, «К» – ковошный, номер «4».

Алюминиевые сплавы системы: алюминий-магний (Al+Mg)

Сплавы на основе системы (Al+Mg) не упрочняются термической обработкой. Они отличаются высокой пластичностью, хорошей свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью. Обрабатываемость резанием улучшается с увеличением степени легирования спла-

вов. Применяются сплавы для изготовления трубопроводов для масла и бензина, радиаторов автомобильных и тракторных, сварных бензобаков и др.

Алюминий – магниевые сплавы по ГОСТ 4784-97 выпускают следующих марок: АМг0,5; АМг1; АМг1,5; АМг2; АМг2,5; АМг3; АМг3,5; АМг4; АМг4,5; АМг5; АМг6.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» – означает алюминиевый, «Мг» – магниевый деформируемый сплав, последующие цифры указывают на содержание магния в сплаве в процентах.

Например, марка «АМг0,5» означает: «А» – алюминиевый, «Мг» – магниевый деформируемый сплав, с содержанием магния (Mg = 0,5 %), а также другие примеси.

Например, марка «АМг1» означает: «А» – алюминиевый, «Мг» – магниевый деформируемый сплав, с содержанием магния (Mg = 1 %), а также другие примеси.

Помимо перечисленных, существуют также и другие виды алюминиевых сплавов, которые находят широкое применение в машиностроении и других отраслях промышленности.

Алюминиевые сплавы, применяемые для изготовления поршней автомобильных двигателей, насосов, компрессоров и других.

Согласно ГОСТ 30620-98 выпускают следующие марки таких сплавов: КС740; КС741; АК18; ЖЛС; АК10М2Н.

Антифрикционные алюминиевые сплавы обладают низким коэффициентом трения, высокой теплопроводностью, низкой склонностью к задирам, что позволяет применять их в качестве подшипников скольжения за счет их устойчивости к вибрациям, бесшумности работы и небольших габаритов.

ГОСТ 14113-78 определяет следующие марки антифрикционных алюминиевых сплавов: АО9-2; АО3-7; АО6-1; АО9-1; АО12-1; АО20-1; АН2,5.

В маркировке принято обозначение: первая буква «А» означает – алюминиевый сплав, буква «О» и «Н» соответствует добавке олова и никеля (см. табл. 2.2), цифра после букв указывает на содержание элемента в процентах, цифра через тире в конце маркировки указывает на содержание меди в процентах.

Например, марка «АО9-2» означает: «А» – алюминиевый антифрикционный сплав, в котором содержится «О» – олово (Sn = 9 %), а также «2» – медь (Cu = 2 %) и другие примеси.

Медные сплавы

Медь обладает высокой электрической и тепловой проводимостями, а также хорошо поддается обработке в горячем или холодном состоянии. Чистая медь пластичный и мягкий материал, имеет повышенную коррозионную стойкость, обусловленную образованием на поверхности тонкого защитного оксидного слоя.

Чистая медь применяется в производстве электрических и электротехнических изделий и агрегатов, проводов и др. продукции. Сплавы на основе меди находят широкое применение во многих отраслях промышленности.

Латуни

Латунь – это сплав меди и цинка, с содержанием цинка до 45 %. Цинк является доминирующим легирующим элементом, поэтому от процентного содержания цинка напрямую зависят технологические и эксплуатационные характеристики латуней.

Латуни, содержащие цинка менее 35 %, обладают высокой пластичностью, поэтому хорошо обрабатываются в холодном состоянии. При содержании цинка между 35 и 45 % латуни хорошо поддаются горячей обработке, но труднее холодной.

Заготовки из латуни могут быть получены литьем и ковкой.

Деформируемые латуни

Обычные латуни (двойные латуни): представляют собой сплав только меди и цинка, согласно ГОСТ 15527-2004 выпускают следующие марки латуни: Л96; Л90; Л85; Л80; Л68; Л63; Л60.

В маркировке принято обозначение: первая буква «Л» – означает латунь, последующие цифры указывают на содержание меди в процентах, остальное – цинк.

Например, марка «Л96» означает: «Л» – латунь деформируемая, с содержанием меди (Cu = 96 %) и цинка (Zn ≈ 4 %).

Например, марка «Л85» означает: «Л» – латунь деформируемая, с содержанием меди (Cu = 85 %) и цинка (Zn ≈ 15 %).

Двойные латуни имеют достаточную прочность, что позволяет обрабатывать их давлением и получать полуфабрикаты в виде проволоки, полосы, листов, ленты, труб и др. Наряду с высокими механическими и литейными свойствами двойные латуни отличаются коррозионной стойкостью. Из латуней изготавливают детали теплотехнической и химической аппаратуры, фурнитуру и украшения, детали холодильного оборудования, конденсаторные трубки, шайбы и другие детали машин.

Многокомпонентные латуни представляют собой многокомпонентный сплав меди и цинка, а также легирующих элементов, по содержанию которых определяется название латуней.

Свинцовые латуни: относятся к многокомпонентным медным сплавам, в которых основным легирующим элементом является свинец (Pb). Согласно ГОСТ 15527-2004 выпускают следующие марки свинцовых латуней: ЛС74-3; ЛС64-2; ЛС63-3; ЛС59-1; ЛС58-2; ЛС58-3; ЛС59-2; ЛЖС58-1-1.

В маркировке принято обозначение: первая буква «Л» – означает латунь, буква «С» – свинец, последующие цифры указывают на содержание меди в процентах, а цифра в конце марки через тире указывает на содержание свинца в процентах.

Например, марка «ЛС74-3» означает: «Л» – латунь деформируемая, в которой содержится медь (Cu = 74 %) и свинец «С» – (Pb = 3 %), остальное цинк (Zn ≈ 23 %) и примеси.

Например, марка «ЛЖС58-1-1» означает: «Л» – латунь деформируемая, в которой содержится медь (Cu = 58%), железо «Ж» – (Fe = 1 %) и свинец «С» – (Pb = 1 %), остальное цинк (Zn ≈ 40 %) и примеси.

Сложнолегируемые латуни: также многокомпонентные медные сплавы, в которых могут содержаться различные легирующие элементы олово (Sn), алюминий (Al), кремний (Si), мышьяк (As), бериллий (Be), железо (Fe), никель (Ni), марганец (Mn) и др.

Согласно ГОСТ 15527-2004 выпускают следующие марки сложнолегируемых латуней: ЛО90-1; ЛО70-1; ЛОМш70-1-0,05; ЛОМш70-1-0,04; ЛО62-1; ЛКБО62-0,2-0,04-0,5; ЛО60-1; ЛОК59-1-0,3; ЛАМш77-2-0,05; ЛАМш77-2-0,04; ЛА77-2; ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5; ЛК75; ЛМш68-0,05; ЛАЖ60-1-1; ЛАН59-3-2; ЛЖМц59-1-1; ЛМц58-2.

В маркировке принято обозначение: первая буква «Л» – означает латунь, последующие буквы указывают на легирующую добавку (см. табл. 2.2), первая цифра после буквенного обозначения показывает содержание меди в сплаве в процентах, а цифры через тире указывают на процент содержания легирующих добавок.

Например, марка «ЛО70-1» означает: «Л» – латунь деформируемая, в которой содержится медь (Cu = 70 %) и олово «О» – (Sn = 1 %), остальное цинк (Zn ≈ 29 %) и примеси.

Например, марка «ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5» означает: «Л» – латунь деформируемая, в которой содержится медь (Cu = 75 %), «А» – алюминий (Al = 2 %), «Н» – никель (Ni = 2,5 %), «К» – кремний (Si = 0,5 %) и «Мц» – марганец (Mn = 0,5 %), остальное цинк (Zn ≈ 19,5 %) и примеси.

Литейные латуни

Литейные латуни содержат те же легирующие элементы, что и деформируемые, но в литейных латунях большее содержание цинка и других металлами, что позволяет им обладать хорошими литейными свойствами.

В маркировке принято обозначение: первая буква «Л» – означает латунь, следующая буква «Ц» и цифра за ней указывает на содержание цинка в процентах, остальные буквы и цифры показывают наименование и содержание легирующего элемента в процентах. Кодовое обозначение легирующей добавки определяют по табл. 1.2. Если после буквы цифры отсутствует, следовательно, содержание элемента не превышает 1,5 %.

Например, марка «ЛЦ40Мц3Ж» означает: «Л» – латунь литейная марганцово-железная, в которой содержится «Ц» – цинк (Zn = 40 %), «Мц» – марганец (Mn = 3 %) и «Ж» – железо (Fe ≈ 1,5 %), остальное медь (Cu ≈ 55,5 %) и примеси.

Бронзы

Бронза – многокомпонентный сплав на основе меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием и др. добавками, в котором цинк не является основным легирующим элементом.

Доминирующая добавка легирующего элемента определяет название бронзы (оловянная, алюминиевая, кремниевая и др.).

По сравнению с латунями, бронзы обладают повышенной коррозионной стойкостью, высокими антифрикционными свойствами, что позволяет их применять в качестве подшипников скольжения, а также механическими характеристиками за счет легирования железом, фосфором, титаном и др. элементами. Бронзы хорошо обрабатываются резанием и давлением.

По технологическому признаку бронзы делят на литейные и деформируемые.

Литейные бронзы

Литейные бронзы предназначены для получения фасонных отливок различными специальными методами литья.

Оловянные литейные бронзы – сплавы меди, в которых олово является основной легирующей добавкой. Оловянные бронзы используют для изготовления подшипников скольжения, антифрикционных деталей узлов трения, высоконагруженных деталей шнековых приводов, венцов червячных шестерен и др. изделий.

Согласно ГОСТ 613-79 выпускают следующие марки оловянных литейных бронз: БрО3Ц7С5Н; БрО3.5Ц7С5; БрО4Ц7С5; БрО4Ц4С17; БрО5С25; БрО5Ц5С5; БрО6С6Ц3; БрО8Ц4; БрО10Ф1; БрО10Ц2; БрО10С10.

В маркировке принято обозначение: первые буквы «Бр» – означают бронза, следующая буква «О» и цифра за ней указывает на содержание олова в процентах, остальные буквы и цифры показывают наименование и содержание легирующего элемента в процентах. Кодовое обозначение легирующей добавки определяют по табл. 2.2. Если после буквы цифры отсутствует, следовательно, содержание элемента не превышает 1,5 %.

Например, марка «БрО3Ц12С5» означает: «Бр» – бронза литейная оловянная, в которой содержится «О» – олово ($S_n = 3\%$), «Ц» – цинк ($Zn = 12\%$) и «С» – свинец ($Pb = 5\%$), остальное медь ($Cu \approx 80\%$) и примеси.

Безоловянные литейные бронзы – сплавы меди, в которых олово не является основной легирующей добавкой и содержится широкий спектр элементов для придания специфических технологических и эксплуатационных характеристик. Такие бронзы также применяют в качестве антифрикционных материалов, деталей химической и пищевой промышленности, а также деталей работающих в агрессивных средах.

ГОСТ 493-79 определяет следующие марки безоловянных литейных бронз: БрА9Мц2Л; БрА10Мц2Л; БрА9Ж3Л; БрА10Ж3Мц2; БрА10Ж4Н4Л; БрА11Ж6Н6; БрА9Ж4Н4Мц; БрС30; БрА7Мц15Ж3Н2Ц2; БрСу3Н3Ц3С20Ф.

В маркировке принято обозначение: первые буквы «Бр» – означают бронза, следующие буквы и цифры показывают наименование и содержание легирующих элементов в процентах. Кодовое обозначение легирующей добавки определяют по табл. 2. Если после буквы цифры отсутствует, следовательно, содержание элемента не превышает 1,5 %. Буква «Л» в конце маркировки означает, что сплав литейный.

Например, марка «БрА9Мц2Л» означает: «Бр» – бронза литейная алюминиевая, в которой содержится «А» – алюминий ($Al = 9\%$), «Мц» – марганец ($Mn = 2\%$), остальное медь ($Cu \approx 89\%$) и примеси. Буква «Л» в конце марки – сплав литейный.

Например, марка «БрС30» означает: «Бр» – бронза литейная свинцовая, в которой содержится «С» – свинец ($Pb = 30\%$), остальное медь ($Cu \approx 70\%$) и примеси.

Например, марка «БрСу3Н3Ц3С20Ф» означает: «Бр» – бронза литейная, в которой содержится «Су» – сурьма ($Sb = 3\%$), «Н» – никель ($Ni = 3\%$), «Ц» – цинк ($Zn = 3\%$), «С»1 – свинец ($Pb = 20\%$), «Ф» – фосфор ($P \approx 1,5\%$), остальное медь ($Cu \approx 69,5\%$) и примеси.

Деформируемые бронзы – предназначены для получения заготовок, деталей и полуфабрикатов методами пластической деформации в холодном и горячем состоянии.

Оловянные деформируемые бронзы

ГОСТ 5017-2006 определяет следующие марки оловянной бронзы, обрабатываемой давлением: БрОФ8-0,3; БрОФ7-0,2; БрОФ6,5-0,4; БрОФ6,5-0,15; БрОФ4-0,25; БрОФ2-0,25; БрОЦ4-3; БрОЦ4-4-2,5; БрОЦ4-4-4.

В маркировке принято обозначение: первые буквы «Бр» – означают бронза, следующая буква «О» указывает на легирующую добавку олова, последующие буквы обозначают наименование легирующего элемента. Кодовое обозначение легирующей добавки определяют по табл. 2.2. Первая цифра в конце марки показывает среднее содержание олова, а цифра через тире – содержание легирующего элемента в процентах. Если цифра отсутствует, следовательно, содержание элемента не превышает 1,5 %.

Например, марка «БрОФ8-0,3» означает: «Бр» – бронза оловянная деформируемая, в которой содержится «О» – олово ($S_n = 8\%$) и «Ф» – фосфор ($P = 0,3\%$), остальное медь ($Cu \approx 91,7\%$) и примеси.

Например, марка «БрОЦ4-4-2,5» означает: «Бр» – бронза оловянная деформируемая, в которой содержится «О» – олово ($S_n = 4\%$), «Ц» – цинк ($Zn = 4\%$) и «С» – свинец ($Pb = 2,5\%$), остальное медь ($Cu \approx 89,5\%$) и примеси.

Безоловянные деформируемые бронзы

Согласно ГОСТ 18175-78 безоловянные деформируемые бронзы выпускают следующих марок: БрА5; БрА7; БрАМц9-2; БрАМц10-2; БрАЖ9-4; БрАЖМц10-3-1,5; БрАЖН10-4-4; БрБ2; БрБНТ1,9; БрКМц3-1; БрМц5; БрАЖНМц9-4-4-1; БрМг0,3.

В маркировке принято обозначение: первые буквы «Бр» – означают бронза, следующие буквы обозначают легирующие элементы, кодовое обозначение которых определяют по табл. 2.2. Первая цифра после буквенного обозначения указывает на содержание первого легирующего элемента, а цифры после тире – последующих элементов в процентах. Если цифра отсутствует, следовательно, содержание элемента не превышает 1,5 %.

Например, марка «БрА5» означает: «Бр» – бронза алюминиевая деформируемая, в которой содержится «А» – алюминий ($Al = 5\%$), остальное медь ($Cu \approx 95\%$) и примеси.

Например, марка «БрБНТ1,9» означает: «Бр» – бронза бериллевая деформируемая, в которой содержится «Б» – бериллий ($Be = 1,9\%$), «Н» – никель ($Ni \approx 1,5\%$) и «Т» – титан ($Ti \approx 1,5\%$), остальное медь ($Cu \approx 98,1\%$) и примеси.

Например, марка «БрАЖН10-4-4» означает: «Бр» – бронза деформируемая, в которой содержится «А» – алюминий ($Al = 10\%$), «Ж» – железо ($Fe = 4\%$) и «Н» – никель ($Ni = 4\%$), остальное медь ($Cu \approx 82\%$) и примеси.

Титановые сплавы

Титановые сплавы обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью, пластичностью и малой плотностью.

Благодаря своим уникальным свойствам, титановые сплавы находят применение в машиностроительной, космической и авиационной, а также других отраслях промышленности.

Деформируемые титановые сплавы

Сплавы имеют высокую термическую стабильность свойств и обладают отличной свариваемостью при всех видах контактной, электронно-лучевой и аргонодуговой сварке, а также обладают удовлетворительной обрабатываемостью резанием.

ГОСТ 19807-91 устанавливает следующие марки деформируемых титановых сплавов: ВТ1; ВТ3; ВТ4; ВТ5; ВТ6; ВТ8; ВТ9; ВТ14; ВТ20; ВТ22.

В маркировке принято обозначение: первые буквы «ВТ» – означают титановый деформируемый сплав, последующая цифра указывает номер марки сплава.

Например, марка «ВТ1» означает: «ВТ» – титановый деформируемый сплав марки 1.

Например, марка «ВТ4» означает: «ВТ» – титановый деформируемый сплав марки 4.

Литейные титановые сплавы

Литейные титановые сплавы обладают хорошей жидкотекучестью, низкой склонностью к образованию трещин и небольшой объемной усадкой, что позволяет получать отливки с высокой плотностью различными методами специального литья.

Недостатком литейных сплавов титана является их невысокие механические свойства по сравнению с деформируемыми сплавами.

Наиболее распространенные марки титановых литейных сплавов: ВТ5Л; ВТ6Л; ВТ9Л; ВТ14Л; ВТ20Л.

В маркировке принято обозначение: первые буквы «ВТ» – означают титановый сплав, последующая цифра указывает номер марки сплава, буква «Л» в конце маркировки обозначает, что сплав литейный.

Например, марка «ВТ5Л» означает: «ВТ» – титановый литейный сплав марки 5.

Магниеые сплавы

Магниеые сплавы обладают рядом физико-механических свойств, благодаря которым они находят применение в машиностроительной, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. Различают деформируемые и литейные магниеые сплавы.

Деформируемые магниеые сплавы

Сплавы обладают хорошей обрабатываемостью многими методами пластической деформации в горячем состоянии. Их применяют для производства заготовок и полуфабрикатов для ответственных деталей машин, механизмов и других изделий.

Согласно ГОСТ 14957-76 деформируемые магниеые сплавы выпускают следующих марок: МА1; МА2; МА5; МА8; МА11; МА14; МА15; МА17; МА19; МА20; МА12; МА18; МА21.

В маркировке прямо обозначение: первые буквы «МА» – означают магниеый деформируемый сплав, последующая цифра указывает номер марки сплава.

Например, марка «МА1» означает: «МА» – магниеый деформируемый сплав марки 1.

Например, марка «МА20» означает: «МА» – магниеый деформируемый сплав марки 20.

Литейные магниеые сплавы

Сплавы обладают удовлетворительными литейными свойствами, их применяют при получении фасонных отливок различными методами специального литья для авиационной, автомобильной и других отраслей промышленности.

ГОСТ 2856-79 устанавливает следующие марки литейных магниеых литейных сплавов: МЛ3; МЛ4; МЛ5; МЛ6; МЛ8; МЛ9; МЛ10; МЛ11; МЛ12; МЛ15; МЛ19.

В маркировке прямо обозначение: первые буквы «МЛ» – означают магниеый литейный сплав, последующая цифра указывает номер марки сплава.

Например, марка «МЛ5» означает: «МЛ» – магниеый литейный сплав марки 5.

Например, марка «МЛ15» означает: «МЛ» – магниеый литейный сплав марки 15.

Раздел 2. Структура технологического процесса изготовления деталей

Тема 2.1. Общая характеристика деталей (лекция – дискуссия 2 часа)

Деталь представляет собой изделие, изготовленное из однородного (по наименованию и марке) материала, без применения сборочных операций и не являющееся составных частей. Таким образом, деталь является неспецифицированным изделием и входит как структурная единица в такие специфицированные изделия, имеющие составные части, как сборочная единица, комплекс и комплект. Например, валик из стали заданной марки; литой корпус; пластина из биметаллического листа; маховичок из пластмассы (без арматуры).

Деталью являются также изделия, подвергнутые защитным или декоративным покрытиям (независимо от вида, толщины и назначения покрытия) или изготовленные из одного куска материала, с применением местной сварки, пайки, склеивания и т.д. Например, винт, подвергнутый хромированию; трубка, сваренная или спаянная из одной заготовки листового проката.

Базовая деталь – это деталь, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней сборочные единицы или другие детали.

Основным способом представления детали является ее плоское и (или) пространственное графическое изображение – рабочий или ремонтный чертеж детали, выполненный с соблюдением всех требований, установленных стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Рабочий чертеж детали дает полное представление о конструкции детали и содержит все данные, необходимые для ее изготовления, контроля, испытания и приемки. Так, указанные на чертеже форма, размеры, их точность, параметры шероховатости, твердость и т.д. относятся к конструктивным признакам детали, а информация о марке материала, виде заготовки (отливка, поковка и т.п.) – к технологическим признакам. На рабочем чертеже дают также исчерпывающие указания о виде покрытия и о предъявляемых к покрытию требованиях, указывают размеры и шероховатость поверхности до и (или) после покрытия.

Ремонтный чертеж детали содержит данные для подготовки и осуществления ремонта детали, ее контроля и приемки после ремонта. Как правило, этот чертеж содержит только те изображения детали, размеры, их предельные отклонения и дополнительные данные, которые необходимы для проведения ремонта и контроля детали при выполнении ремонта и после него.

Точность изготовления деталей машин

Под **точностью деталей** машин понимают степень соответствия параметров изготовленной детали данным чертежа или ее прототипу. Различают точность, достигаемую при изготовлении детали, и точность машины или соединения, достигаемые при сборке. Точность является важнейшим показателем качества деталей машин. Понятие точности распространяется на все показатели качества как деталей, так и машин в целом. Чаще всего имеют дело с точностью геометрических параметров.

Точность геометрических параметров представляется точностью размеров, формы и взаимного расположения поверхностей детали. Поскольку абсолютных значений показателей качества достичь нельзя, оценивают значение погрешностей параметров.

Допускаемая погрешность, т.е. допуск представляет собой разность между наибольшим и наименьшим предельным значением параметра качества, например размера.

Под **погрешностью обработки** понимают отклонение полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного.

Функциональные допуски устанавливают исходя из допускаемых отклонений эксплуатационных показателей машины или детали.

Конструкторские допуски устанавливают на основе анализа работы машины с учетом затрат на ее изготовление и последующую эксплуатацию.

Допуски на промежуточные значения параметров (например, размера, формы и др.) в ходе технологических процессов называют технологическими. К ним относятся и допуски, назначаемые для последних (финишных) переходов технологических процессов. Технологические допуски конкретной детали, соединения или машины должны быть меньше конструкторских или равны им. В противном случае технологический процесс должен быть пересмотрен.

Точность размеров различных поверхностей деталей должна соответствовать допускам. Так, возникающие отклонения диаметров шеек валов, глубины отверстий и их диаметров, различных углов и т.п. могут колебаться лишь в соответствии со значениями допусков. По назначению размеры относят к различным группам.

Координирующие размеры используют для определения взаимного расположения поверхностей деталей, а также осей. Координирующие размеры часто увязывают между собой различные поверхности деталей.

Сборочные размеры определяют положение одних элементов машин относительно других. Иногда вводят технологические размеры, которые оказываются необходимыми при изготовлении деталей и их контроле.

Точность форм оценивается отклонением реальных поверхностей деталей от геометрических. Так, отклонение от круглости цилиндрической детали в данном ее сечении оценивается отклонением реальной поверхности от прилегающей окружности. Аналогично оценивается отклонение от цилиндричности, плоскостности и др.

Точность деталей оценивается также отклонениями расположения их поверхностей, т.е. отклонениями реального расположения поверхностей от номинального. Каждое из отклонений расположения поверхностей имеет свое точное определение и методику оценки.

Иногда для практики оказывается удобным указывать отклонения формы и взаимного расположения в процентах от допуска на размеры.

Каждому методу обработки при изготовлении деталей соответствует определенная допускаемая точность. В свою очередь, можно по достигаемой точности определить метод обработки.

Допуски и основные отклонения системы допусков и посадок для размеров регламентируются ГОСТ 25346–89; допуски формы и расположения поверхностей деталей – ГОСТ 24642–81 (в ред. 1990 г.) и ГОСТ 24643–81.

В справочной литературе приводятся таблицы, которые содержат ориентировочные данные по точности для различных методов обработки, полученные систематизацией непосредственных наблюдений в производственных условиях.

Указанные таблицы содержат, в частности, данные о точности и параметрах поверхностного слоя при обработке наружных цилиндрических поверхностей и отверстий, данные о точности расположения осей отверстий при растачивании.

Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов допусков размеров, степеней точности формы, параметров шероховатости и глубины дефектного слоя. Для черновых переходов обработки это в первую очередь связано с точностью исходной заготовки, для чистовых – с точностью выполнения предшествующих переходов обработки и с условиями осуществления данного перехода.

Точность на каждом последующем переходе обработки данной элементарной поверхности обычно повышается: на черновых переходах – на один–три квалитета или одну–три степени точности, на чистовых – на один–два квалитета точности размера или одну–две степени точности формы обрабатываемой поверхности. Для деталей из чугуна, цветных сплавов размеры обрабатываемых поверхностей выдерживают на один квалитет, а отклонения формы – на одну степень точности выше, чем для деталей из стали, обрабатываемых в аналогичных условиях. На точность отверстий при зенкеровании влияет, выполняется оно после сверления или в отверстиях, полученных в отливках или поковках.

Что касается способов обеспечения заданной точности, то при изготовлении деталей сравнительно малыми партиями оправдывает себя **метод пробных ходов и измерений**. Он состоит в том, что заготовку выверяют на станке, закрепляют и, совершая последовательно ряд пробных ходов режущего инструмента или заготовки, каждый раз с помощью измерительных средств определяют степень приближения параметров точности (например, размеров) обрабатываемых поверхностей заготовки к размерам готовой детали. Метод позволяет добиться весьма высокой точности деталей, однако производительность оказывается, как правило, низкой, поскольку большое число рабочих ходов, выверка и измерения могут потребовать больших затрат времени.

Метод обработки на предварительно настроенных станках используют при сравнительно большом количестве обрабатываемых заготовок. В этом случае заготовки не выверяют, а закрепляют, как правило, в приспособлениях, которые определяют положение заготовок относительно оборудования и инструмента.

Инструмент или заготовка совершают один ход, в результате которого технологическая система обеспечивает все необходимые точностные показатели детали.

Производительность в этом случае повышается, а точностные показатели детали зависят от состояния технологической системы.

Условия формообразования деталей настолько сложны, что одновременно может возникнуть ряд отклонений формы и расположения поверхностей – отклонение от цилиндричности, перпендикулярности, параллельности и др.

Технологическое обеспечение допускаемых параметров является одним из условий повышения качества машин. Так, у пары вал – корпус невозможно обеспечить прямолинейное перемещение вала при его поступательном движении, если он и (или) отверстие в корпусе имеют отклонения от цилиндричности.

Таким образом, отклонения параметров деталей в этом случае не позволяют обеспечить заданное качество – соблюдение необходимой формы траектории перемещения.

Дальнейшее ужесточение в машиностроении всех параметров точности привело к введению понятия нанотехнологии, предусматривающей как изготовление, так и измерение (например, с помощью лазерных интерферометров) параметров (прежде всего геометрического характера) с точностью до нанометра – одной миллиардной метра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

В нанотехнологии режущие инструменты в виде клина уже не могут обеспечить заданную точность, так как режущая кромка лезвийного или абразивного инструмента имеет скругление. Поэтому часть материала при обработке резанием сходит по передней грани инструмента, а другая часть тем же инструментом сглаживается на обработанной поверхности заготовки. На смену таким традиционным методам достижения точности путем уменьшения массы металла (с образованием отходов в виде стружки, шлама) приходит метод нанесения материала в виде тончайших слоев с размерами в нанометрах. Нанесение таких слоев, когда на слой из одного материала наносится и прочно с ним скрепляется слой из другого материала, позволяет буквально конструировать деталь не только с заданной точностью, но и с заданными свойствами.

Качество поверхностного слоя деталей машин

Качество поверхности – это совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя детали. Поверхностным слоем детали называют ее поверхность с прилегающим к ней относительно тонким слоем, отличающимся от материала сердцевины. Глубина поверхностного слоя различная в зависимости от условий эксплуатации детали: несколько микрометров – для измерительного калибра, несколько сотен микрометров – для вала машины.

В условиях эксплуатации машины внешним воздействиям в первую очередь подвергаются поверхности деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения, разрушение в результате кавитации и другое – все это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к ней слое. Естественно, что придание поверхностям деталей специальных свойств способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и в первую очередь – показателей надежности.

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин. Наиболее существенным для практических целей является установление зависимости между параметрами конкретного технологического метода обработки поверхности, показателями качества поверхностного слоя и эксплуатационными показателями деталей машин.

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная, например, с помощью базовой длины.

Оценка шероховатости поверхности производится по двум основным параметрам: среднему арифметическому отклонению профиля R_a и по высоте неровностей профиля по десяти точкам R_z .

Параметр R_a нормируется значениями от 0,008 до 100 мкм.

Параметр R_z нормируется значениями от 0,025 до 1600 мкм.

Чем меньше шероховатость, тем меньше вероятность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Поэтому отделочная обработка деталей (доводка, полирование и т.п.) значительно повышает предел их усталостной прочности.

Уменьшение шероховатости поверхности значительно улучшает антикоррозионную стойкость деталей, что очень важно для поверхностей, на которые не могут быть нанесены защитные покрытия (например, поверхности цилиндров двигателей).

От качества поверхности зависят плотность и герметичность сопряжений, их теплопроводность. С понижением шероховатости поверхностей: улучшается их способность к отражению электромагнитных, ультразвуковых и световых волн; уменьшаются потери электромагнитной энергии в волнопроводных трактах, резонирующих системах; уменьшается емкость электродов; в электровакуумных приборах уменьшается газопоглощение и газовыделение, облегчается очистка деталей от адсорбированных газов, паров и пыли.

Важной геометрической характеристикой качества поверхности является направленность штрихов – следов механической и других видов обработки. Она влияет на износостойкость поверхности, определенность посадок, прочность прессовых соединений. В ответственных случаях (например, в связи с направлением относительного скольжения сопряженных деталей или с направлением движения по детали струи жидкости или газа) конструктор оговаривает направленность следов обработки на поверхности детали. Изнашивание уменьшается и достигает минимума при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей.

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны с точностью размеров, так как точность сопряжения, устанавливаемая и определяемая размером зазора в соединении, в значительной степени зависит от соотношения высоты неровности и поля допуска (точности обработки) каждой из сопрягаемых деталей. Высокой точности всегда отвечают малые значения параметров шероховатости и волнистости поверхности. Это определяется не только условиями работы сопряженных деталей, но и необходимостью получения надежных результатов измерения в производстве. Малую шероховатость поверхности бывает необходимо использовать и для придания красивого внешнего вида детали или удобства содержания поверхностей в чистоте и т.п.

Целенаправленное формирование поверхностного слоя с заданными свойствами в процессе изготовления деталей является одной из важнейших задач современного машиностроения. Существенный резерв в повышении качества изделий следует искать в правильном формировании контура поверхности в зависимости от ее служебной функции, причем конструктор должен знать, что нужно задать, а технолог

– уметь осуществить заданное. Это непростая задача, поскольку речь идет о формировании контура неровностей и их совокупности, измеряемых в микрометрах и долях микрометра.

Многие характеристики качества поверхности, влияющие на эксплуатационные свойства, зависят от технологического метода и условий изготовления деталей. Исследование путей улучшения качества поверхности с целью повышения эксплуатационных свойств до недавнего времени ограничивалось рассмотрением методов и условий осуществления последней операции, завершающей технологический процесс обработки детали, при этом исключалась возможность влияния результатов предшествующих операций. Исследованиями доказана несостоятельность подобного положения и установлено существование *технологической наследственности* при образовании качества рабочих поверхностей.

Под *технологической наследственностью* подразумевается явление переноса свойств обрабатываемого изделия (заготовки) от предшествующих операций к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин. При этом изменение эксплуатационных свойств определяется методами и режимами, применяемыми на отдельных операциях термической и механической обработки, видом и состоянием режущего инструмента, условиями охлаждения, размерами операционных припусков, последовательностью и содержанием операций технологического процесса и т.д.

В машиностроительном производстве успешно реализуются методы обработки, позволяющие управлять качеством поверхности в широких пределах.

Сложные условия, в которых работают современные машины, привели к созданию большого количества таких методов и требуют частую их комбинированного применения.

Шероховатость поверхностей заготовок и деталей после различных видов и методов обработки приведена в справочной литературе по машиностроению.

Если поверхность детали подвергается действию повышенных температур, агрессивных сред, то большое значение приобретают физико-химические характеристики поверхностного слоя, например его химический состав и электродный потенциал. В этом случае надо воздействовать и на эти характеристики поверхностного слоя, изменяя их в благоприятном направлении, для чего следует изменить химический состав поверхностного слоя или создать на поверхности защитные металлические или неметаллические слои.

Тема 2.2. Содержание и последовательность этапов изготовления деталей (лекция-дискуссия 2 часа)

Технологический процесс изготовления детали включает в себя целенаправленные действия поэтапного преобразования сырья или исходного конструкционного материала в готовую деталь. Основным этапом придания конструкционному материалу требуемой чертежом геометрической формы детали является формообразование. В зависимости от степени приближения к форме и размерам детали различают *первичное, промежуточное и окончательное формообразование*.

Первичное формообразование – придание «бесформенному» исходному конструкционному материалу формы и размеров исходной заготовки, подлежащей дальнейшей обработке.

Промежуточное формообразование – придание исходной заготовке формы и размеров, близких к форме и размерам готовой детали.

Окончательное формообразование – преобразование заготовки (полуфабриката) в деталь, форма и размеры которой полностью соответствуют требованиям чертежа.

При получении деталей с использованием ряда точных технологических методов промежуточное формообразование не предусматривается, оно заменяется окончательным. При изготовлении деталей из композиционных материалов формообразование совмещается с процессом получения самих конструкционных материалов. Формообразование с применением методов порошковой металлургии, пластического деформирования материала, литья, наплавки, напыления сопровождается одновременно изменением свойств предмета труда – свойств поверхности и (или) материала.

В зависимости от состояния сырья и исходных конструкционных материалов различают формообразование из *парообразного, жидкого и твердого состояний*.

Так, ряд методов нанесения покрытий основан на осаждении и конденсации из парогазовой смеси или фазы. Методы литья, сварки, наплавки связаны с формообразованием из жидкого состояния.

К формообразованию в твердом состоянии относятся методы пластического деформирования, резания, электрохимические и электрофизические методы формообразования.

Особое место занимает формообразование композиционных материалов, получаемых объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними. Обычно эти компоненты бывают в виде порошков, волокон, гранул, нитей и (или) тканей в сочетании с жидкоподвижными связующими. Формообразование композиционных материалов осуществляют методами порошковой металлургии, а также пропиткой расплавленными металлами пористых каркасов, электролитическим осаждением, литьем под давлением и т.д.

Все многочисленные технологические методы изготовления деталей можно разделить на группы А, Б, В (по отношению к объему исходной заготовки).

К группе А относятся такие технологические методы, при которых объем исходной заготовки $V_{из}$ при получении детали уменьшается из-за необходимости преднамеренного удаления припусков, напусков, облоя и других «излишков» металла в отходы, т.е. объем готовой детали $V_d < V_{из}$.

К группе Б относятся технологические методы, при которых объем исходной заготовки $V_{из}$ практически сохраняется постоянным, т.е. $V_d \approx V_{из}$.

К группе В относятся технологические методы, при которых объем исходной заготовки $V_{из}$ немного увеличивается за счет присадочного или наплавленного металла, слоев материала покрытия, а также дополнительных материалов при припекании, инфильтрации и пропитке деталей из металлических порошков, т.е. $V_d > V_{из}$.

В *группу А* включают большинство методов литья, ковку, листовую (с образованием отходов) и объемную (с образованием облоя) штамповку, обработку резанием, все разновидности химической и физико-химической обработки.

К *группе Б* относят методы точного литья, основные разновидности точной объемной и безотходной листовой штамповки, практически все методы порошковой и гранульной металлургии, методы получения пластмассовых деталей.

В *группу В* включают методы получения сварных комбинированных заготовок, методы плакирования, металлизации, наплавки, наварки, напыления, припекания, пропитки, инфильтрации.

Основные этапы изготовления деталей с применением, например, технологических методов горячего пластического деформирования, отнесенных к группе А, в общем виде реализуются в следующей последовательности:

– первичное формообразование исходного конструкционного материала (получение исходной заготовки – слитка или сортового проката);

– подготовка исходной заготовки к последующему этапу формообразования: обрезка головной и донной частей слитка или разделка проката на мерные заготовки, зачистка поверхности и устранение поверхностных дефектов, нанесение (при необходимости) защитного покрытия перед нагревом, нагрев;

– промежуточное формообразование: получение заготовки, полуфабриката в виде поковки или штампованной заготовки;

– подготовка заготовки, полуфабриката к дальнейшей обработке: обрезка облоя и пробивка отверстий, термическая обработка, очистка поковки, правка, калибровка, технический контроль и приемка заготовки;

– окончательное формообразование (получение готовой детали) обработкой резанием: размерная обработка лезвийным инструментом соответствующих поверхностей заготовки, обработка отверстий, образование резьбовых поверхностей, обработка абразивным инструментом, применение (при необходимости) отделочных операций (хонингование, суперфиниширование, доводка, полирование, отделочно-зачистная обработка), технический контроль и приемка детали.

Для окончательного формообразования можно также при необходимости взамен резания использовать электрофизическую и электрохимическую обработку – электроэрозионную, анодно-механическую, ультразвуковую, плазменную, лазерную и т.д.

Основные этапы изготовления деталей с применением, например, высокоточных методов полугорячей штамповки, отнесенных к *группе Б*, выполняют в следующей последовательности:

- первичное формообразование исходного конструкционного материала (получение исходной заготовки – сортового проката);
- подготовка исходной заготовки к последующему этапу формообразования: разделка проката на мерные заготовки, нанесение (при необходимости) защитного покрытия перед нагревом, нагрев;
- промежуточное формообразование: получение заготовки, полуфабриката в виде предварительно штампованной заготовки;
- подготовка заготовки, полуфабриката к дальнейшей обработке: отжиг, галтовка, нанесение теплостойкого смазочного материала, нагрев;
- окончательное формообразование (получение готовой детали): полугорячая штамповка, отделочно-зачистная обработка, технический контроль и приемка детали.

Основные этапы изготовления деталей с применением, например, отнесенных к *группе В* методов нанесения покрытий выполняют в следующей последовательности:

- первичное и промежуточное формообразование с использованием методов литья, пластического деформирования, порошковой или гранульной металлургии;
- предварительная подготовка поверхности под покрытие (например, струйно-абразивная обработка, обезжиривание, промывка, декапирование);
- окончательное формообразование (получение готовой детали): нанесение покрытия на соответствующие поверхности детали, технический контроль и приемка детали.

Тема 2.3. Классификация заготовок и способов их получения (лекция – дискуссия 2 часа)

Заготовка – это предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) свойств материала изготавливают деталь. Все разнообразие заготовок деталей массой от нескольких граммов до сотен тонн можно классифицировать по следующим признакам:

- базовый технологический метод и выбранный способ получения заготовки;
- материал заготовки;
- точность заготовки;
- себестоимость заготовки и затраты на ее обработку;
- предназначение заготовки.

Под термином «технологический метод получения заготовки» понимают совокупность «способов получения заготовки», в основе которых лежит единый принцип ее формообразования, изготовления. Так, технологический метод литья включает в себя все способы литья, т.е. изготовления заготовки из жидкого материала заполнением им полости литейной формы – песчаной, металлической, оболочковой, керамической, ферромагнитной, вакуумно-пленочной. Обычно при выборе метода необходимо ориентироваться в первую очередь на заданный конструктором материал детали и требования к нему с точки зрения обеспечения служебных свойств изделия. Например, если на чертеже детали указан материал БрА10Ж4Н4Л или сталь 30ГСЛ, то эту деталь следует изготавливать из заготовки, полученной методом литья, на что указывает буква «Л» в конце маркировки. Выбор способа литья (в песчаную форму, кокиль и т.д.) является следующим этапом выбора заготовки.

Так как при изготовлении заготовки могут применяться в определенной последовательности различные технологические методы, то один из них следует считать основным – базовым. Например, базовый технологический метод порошковой металлургии включает в себя не только методы получения и подготовки порошковых конструкционных материалов, но и методы прессования, спекания, пропитки, а также допрессовывания и калибрования спеченной прессовки.

Заготовки принято различать по виду, отражающему характерные особенности базового метода ее изготовления. Выделяют следующие виды заготовок:

- получаемые литьем (отливки);
- получаемые обработкой давлением (прокатные, волоченые, прессованные, гнутые профили, кованные и штампованные заготовки);
- получаемые методами порошковой и гранульной металлургии (порошковое изделие);
- получаемые комбинированными методами (комбинированные и сварные заготовки);
- получаемые специализированными методами из композиционных материалов (композитные заготовки и полуфабрикаты).

В зависимости от материала различают следующие разновидности заготовок:

- металлические – из сплавов черных и цветных металлов;
- неметаллические – из пластмасс, эластомеров;
- комбинированные – из комбинации различных металлов или комбинации металл – неметалл;
- порошковые – из металлического порошка или из его смеси с неметаллическим порошком, а также из неметаллического порошка, частицы которого покрыты слоем металла;
- волоконные – из порошкового волокна, т.е. разновидности частиц металлического порошка, у которых один из габаритных размеров не менее чем в 5 раз превышает остальные;
- гранульные – из гранулируемых сложнелегированных жаропрочных сплавов.

Как известно, под точностью деталей машин понимают степень соответствия параметров изготовленной детали данным чертежа или ее прототипу. В отличие от этого определения под точностью заготовки следует понимать степень соответствия (приближения) размеров, формы и взаимного расположения ее поверхностей к аналогичным параметрам готовой детали.

При повышении точности изготовления заготовки снижается трудоемкость последующей обработки резанием и сокращается отход материала в стружку.

Точность изготовления заготовок, деталей и собранной машины или отдельных ее частей связаны между собой и находятся в определенной зависимости. Одним из примеров такой зависимости служит явление копирования. Оно состоит в том, что погрешности заготовки (овальность, отклонения от прямолинейности, плоскостности и др.) в определенной степени переносятся на готовую деталь.

Так, если заготовка вала в поперечном сечении имела овал, то и готовый вал в поперечном сечении овал сохранит, но только с иным соотношением большой и малой осей. Это соотношение зависит от состояния используемой технологической системы.

Характеристики точности заготовок необходимы для назначения режима обработки, проектирования технологической оснастки (приспособлений), прогнозирования точностных показателей деталей и решения ряда других технологических задач.

Способы достижения точности размеров заготовок и деталей при механической обработке тесно связаны между собой.

Заготовки, полученные единственным способом, обычно устанавливают на станках с помощью выверки. Положение инструмента также обеспечивают наладки.

Обработка на автоматическом металлорежущем оборудовании проводится способом партионной наладки технологической системы. В этом случае необходимо иметь более точные заготовки вне зависимости от объема выпуска продукции.

Интегральным показателем точности заготовки в первом приближении может служить *коэффициент использования металла* $K_{и.м}$, т.е. безразмерная величина, определяемая отношением массы изделия к норме расхода металла на его изготовление. По точности заготовки можно разделить на следующие разновидности:

- особо высокой точности ($K_{и.м} \geq 0,98$);
- высокой точности ($0,98 > K_{и.м} \geq 0,90$);
- точные ($0,90 > K_{и.м} \geq 0,70$);
- обычной точности ($0,70 > K_{и.м} \geq 0,50$);
- низкой точности ($0,50 > K_{и.м} \geq 0,30$);
- грубые ($0,30 > K_{и.м} \geq 0,15$);

– очень грубые (Ки.м < 0,15).

По себестоимости заготовки можно разделить на следующие группы:

- весьма дорогие;
- дорогие;
- относительно недорогие;
- дешевые.

При определении себестоимости заготовки и технологической себестоимости детали выявляют критерий, который и позволяет отнести заготовку к той или иной группе себестоимости, т.е. считать заготовку дорогой или дешевой.

Следует учитывать, что при окончательном выборе вида заготовки и способа ее изготовления во внимание принимают не только себестоимость заготовки, но и затраты на ее последующую механическую обработку резанием. Эти затраты могут быть существенными при использовании дешевой, но, как правило, грубой заготовки, обработка которой связана с большими отходами в виде стружки.

По своему назначению заготовки могут быть адресованы для обработки:

- на неавтоматизированном оборудовании (станках нормальной точности с ручным управлением), на котором ведется обработка относительно грубых и дешевых заготовок;
- на автоматизированном оборудовании (станках повышенной, высокой и особо высокой точности), т.е. на агрегатных станках, автоматических линиях, станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (ГПС), где заготовка должна быть точной или высокоточной и, как правило, относительно дорогой.

Основы выбора заготовок

Выбор способа получения заготовки – сложная, подчас трудно разрешимая многофакторная задача, так как часто различные способы могут надежно обеспечить технические и экономические требования, предъявляемые к детали.

Оценку целесообразности и технико-экономической эффективности применения того или иного способа необходимо производить с учетом всех его недостатков и достоинств.

Все факторы, влияющие на себестоимость производства в машиностроении, можно разделить **на три группы:**

- конструктивные факторы, т.е. конструктивное решение самой детали, обеспечивающее приемлемость ее изготовления обработкой давлением, литьем, сваркой, выбор марки материала и технических условий;
- производственные факторы, т.е. характер и культура производства, технологическая оснащенность, технологические и организационные уровни производства;
- технологические факторы, характеризующие способ формообразования заготовки, выбор самой заготовки, оборудования и технологического процесса получения детали.

Все три группы факторов взаимосвязаны и оказывают существенное влияние на себестоимость изделий, так как способ получения заготовки в значительной мере предопределяется конструкцией детали, ее материалом, а также характером производства, его технологическим и организационным уровнем. И то, насколько полно в заготовке учтено влияние факторов, позволяет судить о технологичности заготовки. Под технологичностью заготовки в данном случае понимается, насколько данная заготовка соответствует требованиям производства и обеспечивает долговечность и надежность работы детали при эксплуатации.

Оптимальное решение при выборе заготовки может быть найдено только при условии комплексного анализа влияния на себестоимость всех факторов, при обязательном условии положительного влияния способа получения заготовки на качество изделия.

Наиболее часто **при выборе заготовки учитываются** следующие факторы:

а) тип производства.

Для мелкосерийного и единичного производства в качестве заготовок используют прокат, отливки, полученные в песчано-глинистых формах, и поковки, полученные ковкой. Эти заготовки имеют большие припуски и напуски, что приводит к увеличению трудоемкости из-за низкой технологической оснащенности.

При крупносерийном и массовом производстве используют заготовки, полученные горячей объемной штамповкой, кокильным литьем, литьем под давлением, в оболочковые формы и по выплавляемым моделям. Использование этих заготовок позволяет сократить припуски на механическую обработку и снизить трудоемкость изготовления деталей;

б) материал детали.

При использовании технологического метода обработки давлением необходимо учитывать технологическую пластичность. Пластичность снижается с повышением массовой доли углерода и легирующих элементов. Чем ниже пластичность, тем сложнее получить качественную заготовку, тем сложнее технологический процесс, тем выше себестоимость детали. Так, при изготовлении поволоков из высокопрочных сплавов осуществить заданную степень деформации за один нагрев не удается, поэтому используется промежуточный нагрев, что повышает себестоимость и трудоемкость изготовления поволоков.

При получении отливок также необходимо учитывать технологические свойства сплавов. Например, если материал обладает пониженными литейными свойствами (низкая жидкотекучесть), не рекомендуется применять для получения отливок такие способы, как кокильное литье или литье под давлением: из-за низкой податливости литейных форм и возникновения литейных напряжений происходит коробление отливки и могут появиться даже трещины.

Из-за значительного поглощения газов и образования раковин сплавы на основе алюминия нежелательно применять для получения заготовок литьем под давлением. Для центробежного литья не рекомендуется применять сплавы, склонные к ликвации.

При выборе заготовок для ответственных, тяжело нагруженных деталей в качестве заготовок целесообразно использовать поковки, поскольку при их изготовлении обработкой давлением формируется мелкозернистая, благоприятно направленная волокнистая структура, которая повышает физико-механические свойства материала;

в) масса, размеры и конфигурация детали.

На удельную трудоемкость механической обработки заготовки резанием (и, следовательно, на себестоимость детали) существенное влияние оказывает масса детали. Удельная стоимость отливок и поволоков растет с уменьшением их массы, особенно резко при массе до 20 кг. Эта закономерность является общей для всех способов получения и обработки заготовок. Обработку резанием необходимо исключить для тех деталей, которые могут быть получены в заготовительном производстве экономически более выгодными способами.

Иногда размеры детали играют решающую роль при выборе способа получения заготовки. Так, для многих способов литья (по выплавляемым моделям, кокильное литье, литье под давлением) размеры отливки ограничены техническими возможностями применяемого оборудования и инструмента. Массой поволоков до 1000 кг ограничено также использование оборудования для горячей объемной штамповки;

г) точность и качество поверхности заготовок.

Использование прецизионных способов получения обеспечивает точность и хорошее качество рабочих поверхностей заготовок. Так, некоторые процессы ковки и штамповки позволяют получать заготовки, шероховатость поверхности и точность размеров которых соответствуют достигаемым при обработке резанием, а в отдельных случаях – и при финишных операциях (шлифовании). Специальные виды штамповки (калибровка, холодное выдавливание) обеспечивают получение готовых деталей (заклепки, гайки, болты и пр.) и деталей машин, пригодных для сборки без дополнительной обработки резанием. Большинство специальных видов литья (кокильное, литье в оболочковые формы, под давлением, по выплавляемым моделям, с кристаллизацией под давлением и др.) позволяют получить достаточно качественные отливки с точностью, соответствующей 12...15-му классам, и параметром шероховатости Ra = 3,2...6,3 мкм;

д) возможности имеющегося оборудования.

При получении заготовок обработкой давлением необходимо учитывать возможности оборудования, которые являются определяющим моментом. Например, наличие радиально-обжимных машин позволяет получать ступенчатые заготовки практически без механической обработки резанием, того же эффекта можно добиться при наличии механических прессов двойного действия или гидравлических многоступенчатых прессов, предназначенных для штамповки деталей в разъемных матрицах. При наличии чеканочных прессов использование калибровки позволяет значительно уменьшить припуск на механическую обработку.

Пути снижения себестоимости деталей, а следовательно, и изделий наиболее целесообразно искать в снижении расхода материала, т.е. в выборе наиболее экономичной, рациональной заготовки.

В развитии машиностроения трудно найти пример более быстрого прогресса, чем в области производства и применения различных материалов для изготовления заготовок. Это в какой-то мере связано с тем, что ежегодно в мире создается более 50 000 новых соединений, из них более 15 % неорганических, часть из которых может быть использована для производства заготовок.

С другой стороны, это объясняется тем, что в серийном и массовом производствах стоимость обработки резанием в результате применения высокопроизводительных методов, резко сокращается, а стоимость материалов достигает 80 % и более от общей стоимости машин.

Рассматривая структуру себестоимости изготовления изделий, можно с уверенностью прогнозировать дальнейшее возрастание доли затрат на материалы при производстве различных изделий

$$C = M + O + A,$$

где C – себестоимость изготовления изделия; M – затраты на материалы; O – затраты на изготовление и эксплуатацию оснастки; A – расходы на оплату работы, топлива и т.д.

Поэтому снижение массы используемых заготовок и одновременное применение материалов, имеющих повышенную обрабатываемость (цветные металлы, пластмассы и другие материалы), является одной из основных тенденций современного машиностроения. Это находит отражение во все увеличивающейся доли пластических масс в различных технических изделиях.

Основными методами получения заготовок деталей машин являются технологические *методы литья, обработки давлением, сварки и порошковой металлургии.*

Выбор метода изготовления заготовки обычно не представляет особых затруднений, так как он в некоторой степени регламентируется материалом детали. Однако каждый из основных технологических методов заключает в себе большое число возможных способов изготовления заготовок. Это многообразие способов и возможность их комбинирования, а также границы применимости, в зависимости от типа производства, точности изготовления и особенности конструктивных форм и размеров заготовок обуславливают такое число сочетаний различных факторов, что выбор способа изготовления заготовок становится все более и более сложной технико-экономической задачей.

В ряде случаев разные методы и их способы и даже разные способы одного метода могут одинаково надежно обеспечивать технические требования, предъявляемые к заготовке. Поэтому одновременно с расчетом на прочность необходимо путем сопоставления заготовок выбрать такие из них, которые в наибольшей степени отвечают конструктивным, технологическим и экономическим требованиям.

Это сопоставление проводится по одному из следующих вариантов:

- а) выбор одного технологического метода изготовления заготовки;
- б) комбинирование различных технологических методов получения заготовок (литье – штамповка, литье – сварка, литье – ковка – сварка);
- в) выбор одного из способов получения заготовки внутри одного и того же технологического метода (ковка, молотовая штамповка, штамповка на прессе и т.д.);
- г) комбинирование различных способов внутри одного и того же технологического метода (ковка-штамповка, молотовая штамповка – высадка, периодический прокат – штамповка);
- д) комбинирование различных технологических методов и способов (литье – штамповка – сварка).

Пример выбора способа изготовления заготовки по качественным характеристикам.

Для имеющего отверстие фланца из стали марки 35ХЛ необходимо выбрать заготовку и способ ее получения. Масса готовой детали 20 кг, большинство поверхностей имеют параметр шероховатости $Ra = 2,5 \dots 10$ мкм и точность, соответствующую 13...14-му квалитетам. Годовой объем выпуска 50 000 шт.

В данном случае заготовка – это отливка, так как задана литейная марка стали. Далее определяется способ литья.

Так как годовой объем выпуска составляет 50 000 шт, а масса детали 20 кг, то тип производства – массовый или крупносерийный. В этом случае целесообразно применить специальные способы литья, обеспечивающие заданные точность, параметр шероховатости поверхности и максимально возможное приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали. К таким способам относятся кокильное литье, литье в оболочковые формы, по выплавляемым моделям и под давлением.

Сопоставив эти способы, убеждаемся, что литье под давлением необходимо сразу исключить, так как этот способ для литья стальных заготовок еще не нашел широкого применения из-за низкой стойкости литейной оснастки; по той же причине нежелательно применение и способа кокильного литья (стойкость кокиля при получении стальных отливок не превышает 500 шт).

Остаются два способа: литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям. Оба способа могут обеспечить заданные параметры шероховатости и точность отливки.

Учитывая, что литье по выплавляемым моделям – достаточно трудоемкий и дорогостоящий способ литья, применение его рационально лишь тогда, когда отливку невозможно получить никаким другим способом.

Поэтому в рассматриваемом случае наиболее целесообразно применение литья в оболочковые формы.

Рассмотренная методика выбора способа получения заготовки ориентировочна, так как была использована только качественная оценка сравниваемых способов («можно» – «нельзя», «лучше» – «хуже»). Более точные результаты дает технико-экономический анализ. Выбор способа получения заготовки определяется факторами, перечисленными выше.

Технологический процесс изготовления заготовок должен отвечать определенным техническим и технико-экономическим требованиям.

Технические требования регламентируются чертежом детали, техническими условиями, государственными стандартами, в которых установлены ограничения по химическому составу, микроструктуре, физико-механическим и специальным свойствам материала, геометрической форме и размерам заготовки, состоянию поверхности, а также указаны допустимые дефекты.

К технико-экономическим требованиям относятся: снижение затрат труда, энергии и материалов на изготовление заготовки, использование средств механизации и автоматизации производства, сокращение потерь, вызываемых неудовлетворительным качеством заготовок, возможность применения более эффективного материала, назначение и обоснование минимальных величин припусков на механическую обработку резанием, назначение отрицательных отклонений на размеры заготовки.

При разработке ТП сначала устанавливают наиболее вероятные технологические методы изготовления заготовок, проверяют возможность комбинирования различных методов применительно к условиям производства (литье – сварка, обработка давлением – сварка и т.п.).

Затем выбирают способ формообразования заготовки (литье в песчаные, стержневые, оболочковые или металлические формы; ковка в подкладных, открытых или закрытых штампах), а также рациональное оборудование (формовочные, стержневые или специальные машины, молоты, прессы, горизонтально-ковочные машины и т.п.), от которых зависят точность изготовления заготовки, припуски, напуски, уклоны и т.п.

Способ изготовления заготовки должен обеспечивать точность и качество детали, а также условия ее работы. При наличии нескольких способов выбор делают, исходя из условий обеспечения наибольшего коэффициента использования металла, минимальной трудоемкости и себестоимости, максимальной производительности и возможности полной механизации и автоматизации процесса.

Корпусные коробчатые детали закрытого типа (станины, ползуны, траверсы и т.п.) независимо от типа производства целесообразно изготавливать литьем или сваркой.

Детали узлов машин (зубчатые колеса, маховики, корпуса и крышки подшипников, рычаги и т.п.) обычно изготавливают литьем или ковкой.

На основании проведенного анализа методов получения аналогичных заготовок на данном заводе и других предприятиях, а также литературных данных и сравнительной технико-экономической оценки следует принять оптимальный способ получения заготовок.

При выборе одного из возможных способов изготовления заготовки необходимо исходить не только из экономических показателей, но и из того, какое влияние они оказывают на снижение трудоемкости последующих способов формо- и размерообразования.

Например, сравнительная целесообразность применения различных способов получения литой заготовки без учета трудоемкости обработки резанием позволяет отдать предпочтение заготовке, отлитой в разовые песчаные формы, в то время как уменьшение трудоемкости механической обработки при литье в многократные формы делает выгодным применение последнего способа.

Переход на более точные способы изготовления заготовок (отковки к точной штамповке, от литья в разовые формы к литью в многократные формы) нередко бывает связан с повышением стоимости изготовления заготовки; и основной экономический смысл данного перехода должен заключаться в таком снижении трудоемкости механической обработки (а в некоторых случаях – обработки резанием и сборки), которое делало бы переход на более точные способы экономически целесообразным.

Поэтому выбор способов получения заготовок нужно рассматривать в комплексе с методом и способом изготовления заготовки, с характером и трудоемкостью механической обработки, характером и трудоемкостью сборки.

Все стадии формо- и размерообразования нужно рассматривать по степени геометрического подобия форм и размеров заготовки, формам и размерам детали, изготовленной из этой заготовки. Степень геометрического подобия является тем критерием, который отличает заготовку детали от самой детали, и такой критерий является часто основным при оценке того или иного способа изготовления заготовок.

В этом отношении допуски на заготовку и конечную точность являются показателями геометрического подобия. В тех случаях, когда допуски совпадают, понятия «заготовка» и «деталь» технологически совпадают, при этом имеет место максимальная экономия металла в связи с устранением технологических отходов.

В настоящее время наблюдается тенденция переноса наиболее трудоемких формо- и размерообразующих операций из сферы последующих стадий в область предыдущих, например, из стадии обработки резанием – в стадию объемной штамповки, что приводит к сокращению цикла технологического процесса и снижению трудоемкости изготовления. Поэтому окончательный выбор технологического метода и способа изготовления заготовки должен производиться на основе сравнительного технико-экономического анализа.

Раздел 3. Технологии получения заготовок и основы сборки

Тема 3.1. Получение заготовок литьем (лекция – дискуссия 2 часа)

Литейное производство – отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки или детали. При охлаждении расплавленный металл затвердевает, сохраняя конфигурацию той полости, в которую он залит.

Заготовка или деталь, полученная литьем, **называется отливкой**. В процессе кристаллизации и последующего охлаждения металла формируются механические и эксплуатационные свойства отливок.

Отливки, как правило, являются заготовками, которые затем подвергаются обработке для получения требуемой геометрической формы, размеров и т.д.

Появление прогрессивных способов литья позволяет получать готовые изделия без дальнейшей обработки.

Роль литейного производства в современном машиностроении огромна, так как отливки составляют из общего количества деталей машин, изготавливаемых другими методами, примерно 60 %. Это объясняется тем, что методом литья можно получить отливки самой разнообразной конфигурации, различные по массе и размерам и, что очень важно, с небольшими припусками на механическую обработку.

По условиям эксплуатации независимо от способа изготовления различают **отливки общего, ответственного и особо ответственного** назначений.

В зависимости от способа изготовления, массы, конфигурации поверхностей, максимальных габаритных размеров, толщины стенок, количества стержней, назначения и особых технических требований отливки делят на шесть групп сложности.

В зависимости от способа изготовления отливок, их габаритных размеров и типа сплава ГОСТ 26645–85 (в ред. 1990 г.) устанавливает 22 класса точности.

Так, литьем в песчаные формы и центробежным литьем получают отливки 4–6 классов точности, в оболочковых формах и кокилях – 4–11 классов точности, в формах по выплавляемым моделям – 3–8 классов точности; литьем под давлением – 3–7 классов точности. Кроме класса размерной точности в стандарте

дается степень коробления, степень точности поверхности, класс точности массы.

Литьем изготавливают ответственные детали машин: поршни, блоки цилиндров, рамы экскаваторов, коленчатые валы автомобилей и многое другое.

Метод литья позволяет широко использовать в машиностроении дешевый чугун, а также и другие литейные сплавы.

Перспективность литейной технологии обуславливается универсальностью, позволяющей получать из сплавов практически любого состава, в том числе из трудно-деформируемых, различные отливки.

Есть у этого метода и недостатки. Литые заготовки, например, отличаются пониженной плотностью, неоднородностью химического состава, крупнокристаллическим строением и т.д. Исправляют эти недостатки термической обработкой.

Таблица 3.1.

Области применения и краткая характеристика способов литья		
Способ литья	Область применения	Характеристика
В песчаные формы	От опытного до крупносерийного производства отливок массой от 0,2 кг до десятков тонн	Универсальный способ литья практически из любых сплавов. Большой расход формовочных материалов, необходимость в больших производственных площадях
Под давлением	В массовом и крупносерийном производстве сложных по конфигурации отливок массой до 50 кг	Высокопроизводительный способ, хорошо автоматизируется и механизуется. Отливки изготавливают из цветных сплавов и стали очень точными, с высоким качеством поверхности. Большая трудоемкость при изготовлении пресс-форм
В кокиль	В массовом и крупносерийном производстве разнообразных несложных по конфигурации отливок массой от нескольких десятков граммов до нескольких сотен килограммов	Способ литья деталей из чугунов, стали и цветных сплавов. Отливки имеют мелкозернистую структуру, повышенные механические характеристики, минимальные припуски на механическую обработку
В оболочковые формы	В крупносерийном и массовом производстве отливок массой до 100 кг	Позволяет получать тонкостенные отливки (толщина стенки 6...8 мм) практически из любых сплавов. Очень хорошо автоматизируется и механизуется. Отливки используют практически без механической обработки
По выплавляемым моделям	В крупносерийном и поточном массовом производстве отливок массой 0,02...100 кг, а также в мелкосерийном производстве, когда отливку другим способом получить невозможно	Позволяет получать отливки из любых сплавов, в том числе из жаропрочных недеформируемых, с минимальными припусками на механическую обработку (0,2...0,7 мм) и высоким качеством поверхности. Дает возможность снизить трудоемкость изготовления деталей, уменьшить отходы дорогостоящих и дефицитных металлов, а также объединить отдельные детали в целые неразъемные литые узлы
В керамическую форму	В опытном, мелкосерийном и среднесерийном производстве отливок массой 0,005...200 кг	Способ литья деталей из черных, цветных и драгоценных металлов с минимальными (до 0,2 мм) припусками на механическую обработку и высоким качеством поверхности. Позволяет снизить объем механической обработки в 50...100 раз, исключить потери дорогостоящих и дефицитных металлов

Для изготовления отливок применяют большое количество способов литья.

Наиболее распространенными являются: литье в песчаные формы, в металлические формы (кокиль), под давлением, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, центробежное литье и другие (табл. 3.1).

Литьем получают разнообразные конструкции отливок массой от нескольких граммов до 300 т, длиной от нескольких сантиметров до 20 м. Продукция литейного производства распределяется между основными отраслями укрупненно следующим образом: машиностроение – 60 %, строительство – 20 %, металлургия – 15 %, остальное – 5 %.

Принципиальная схема технологического процесса литья в песчаные формы показана на рис. 3.1.

Литейная форма – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка.

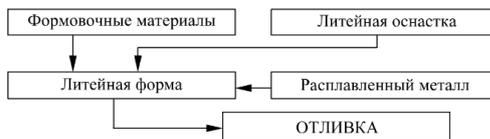


Рис. 3.1. Схема технологического процесса литья

Материалы литейных форм: песчано-глинистые смеси; песчано-смоляные смеси; металлы: чугуны, стали, алюминиевые и медные сплавы; керамика, графит и др.

Литейные сплавы в жидком состоянии должны хорошо заполнять полости литейной формы и обеспечивать после затвердевания требуемые механические, физические и химические свойства, а также точные размеры и плотность отливок при наименьшем браке и низкой стоимости.

Особенно важно, чтобы сплав имел невысокую температуру плавления. Чем ниже температура плавления сплава, тем легче его расплавить, а затем нагреть до требуемой для заливки температуры.

Кроме того, литейные сплавы должны обладать *следующими свойствами:*

- высокой жидкотекучестью в расплавленном состоянии, обеспечивающей хорошую наполняемость полостей литейной формы;
- небольшой усадкой при затвердевании и охлаждении, что уменьшает образование в отливках полостей и неплотностей усадочного характера, а также ослабляет внутренние литейные напряжения в отливках;
- незначительной способностью в жидком состоянии к поглощению газов, что уменьшает опасность образования газовых раковин при затвердевании и способствует получению более высоких свойств отливок после охлаждения;
- кристаллическим строением (структурой), обеспечивающим необходимые свойства отливок после затвердевания и охлаждения;
- незначительной ликвацией (неоднородностью химического состава);
- наименьшей стоимостью, т.е. изготавливаться из наиболее дешевых и недефицитных материалов;
- легко обрабатываться резанием;
- не должны быть вредными для окружающей среды.

Жидкотекучесть – способность сплава в жидком состоянии заполнять литейную форму и воспроизводить контуры полостей формы и стержней. Она определяется по специальным технологическим пробам.

Чистые металлы и сплавы, затвердевающие при постоянной температуре (эвтектические сплавы), обладают лучшей жидкотекучестью, чем сплавы, образующие твердые растворы и затвердевающие в интервале температур.

Чем выше вязкость расплава, тем ниже его жидкотекучесть. С увеличением поверхностного натяжения жидкотекучесть понижается тем больше, чем тоньше канал в литейной форме. С повышением температуры заливки расплавленного металла и температуры формы жидкотекучесть улучшается. Увеличение теплопроводности материала формы снижает жидкотекучесть. Наибольшей жидкотекучестью обладает серый чугун, наименьшей – магниевые сплавы.

Усадка литейных сплавов – это свойство сплавов уменьшать объем при затвердевании и охлаждении. Усадочные процессы в отливках протекают с момента заливки металла в форму вплоть до полного охлаждения отливки.

В литейном производстве различают объемную и линейную усадку. Под объемной усадкой подразумевают разницу между объемом жидкого сплава, заполнившего полость формы, и объемом отливки после ее полного охлаждения.

Линейной усадкой называют разницу линейных размеров полости формы и охлажденной отливки. Для удобства усадку обычно выражают в процентах по отношению к первоначальному объему жидкого сплава (объемная усадка) или к первоначальным размерам полости формы (линейная усадка). Можно считать, что для ряда сплавов объемная усадка в 3 раза больше линейной.

Если при усадке сплава нет препятствий к уменьшению его объема и размеров, то такую усадку называют свободной.

Усадка меняется в зависимости от химического состава сплава. Так, усадка серого чугуна уменьшается при увеличении массовой доли углерода и кремния, а также при уменьшении содержания марганца и серы. В алюминиевых сплавах усадка уменьшается при увеличении массовой доли кремния. Наличие меди и магния, наоборот, увеличивает усадку этих сплавов. Повышенная массовая доля алюминия и цинка понижает усадку магниевых сплавов.

Практически при изготовлении отливок уменьшение их размеров происходит в условиях затрудненной усадки, когда препятствием являются выступающие части формы, стержни и т.д. Поэтому во многих случаях действительная усадка получается меньше свободной.

Действительная линейная усадка называется линейной и выражается также в процентах. Величина литейной усадки всегда меньше свободной, причем разница между ними тем больше, чем крупнее и сложнее отливки.

Усадка в отливках приводит к образованию усадочных раковин, пористости, трещин и короблений. Усадочные раковины – крупные полости, расположенные в местах отливки, затвердевающих последними. Снижение уровня расплава при затвердевании приводит к образованию сосредоточенной усадочной раковины.

Усадочная пористость – скопление пустот (в результате усадки при затвердевании) в тех местах отливки, которые затвердели последними без доступа к ним расплавленного металла. Получить отливки без усадочных раковин и пористости возможно за счет непрерывного подвода расплавленного металла в процессе кристаллизации до полного затвердевания.

Ликвацией называется неоднородность химического состава как в отдельных частях отливки (зональная ликвация), так и в отдельных кристаллитах сплава (внутрикристаллическая ликвация); кроме того, она может иметь место при значительно отличающейся плотности составляющих сплава (ликвация по плотности).

Ликвация – крайне нежелательное явление в отливках, так как она может привести к понижению их свойств и даже к поломке в ликвационных зонах.

Литье в разовые песчаные формы



Рис. 3.3. Схема технологического процесса литья в разовые формы

В песчаных формах производят около 80 % всего объема выпуска отливок. Способ позволяет получать отливки самой разнообразной конфигурации и размеров из различных литейных сплавов в условиях как единичного, так и массового производства.

Отливки имеют невысокую точность (14...17 квалитет) и параметр шероховатости поверхности $Rz = 80...320$ мкм и, следовательно, большие припуски на механическую обработку.

Обработываемые материалы: чугуны, углеродистые и легированные стали, алюминиевые и медные сплавы.

Для наглядности структурная схема этого метода литья представлена на рис. 3.3.

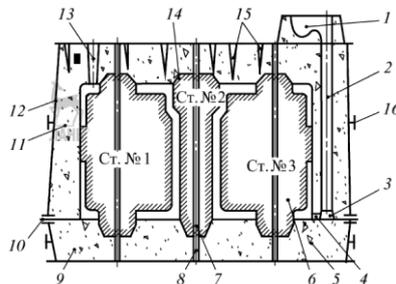


Рис. 3.4. Песчаная форма в сборе:

1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель; 5 – формовочная смесь; 6 – стержни (Ст. № 1, № 2 и № 3); 7 – газоотводный канал стержня; 8 – выход газоотводного канала; 9 – нижняя полуформа; 10 – плоскость разъема формы;

11 – верхняя полуформа; 12 – верхняя опока; 13 – выпор; 14 – знак стержня; 15 – газоотводные каналы формы; 16 – цапфы

Литейная форма (рис. 3.4) в большинстве случаев состоит из двух полуформ: верхней 11 и нижней 9, которые получают уплотнением формовочной смеси вокруг модели в специальных металлических рамках – опоках. Наличие двух полуформ необходимо для извлечения деревянной или металлической модели из формы.

Для получения отверстий и внутренних полостей в отливке применяют литейные стержни 6. Их изготавливают отдельно от полуформ в стержневых ящиках из стержневой смеси и вставляют в форму при сборке. В верхней полуформе 11 с помощью соответствующих моделей выполняют литниковую чашу 1 и систему каналов литниковой системы 2, 3, 4, по которым из ковша литейный сплав поступает в полость формы. Отливка получается в результате заполнения расплавленным металлом рабочей полости литейной формы. После затвердевания и охлаждения металла форма разрушается для извлечения отливки

Литниковая система 4 представляет собой систему каналов и элементов литейной формы, обеспечивающих подвод расплавленного металла в полость формы и ее заполнение, а также питание отливки 1 (при ее затвердевании) с помощью прибыли 3 или выпора (рис. 3.5).

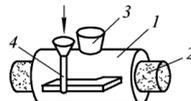


Рис. 4.5. Отливка с литниковой системой:

1 – отливка; 2 – стержень; 3 – прибыль; 4 – литниковая система

Опока – приспособление для удерживания формовочной смеси при изготовлении формы. Опоки изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевых сплавов. По конфигурации опоки бывают прямоугольными, круглыми и резе – фигурными.

Модельный комплект – это совокупность технологической оснастки, необходимой для образования в литейной форме рабочей полости, литниковой системы, а также изготовления стержней.

В модельный комплект включают модели, модельные плиты, стержневые ящики и другие приспособления.

Модельная плита – металлическая плита с закрепленными на ней моделями и элементами литниковой системы. Ее применяют при машинной формовке.

Формовка – это процесс изготовления разовых литейных форм, при котором выполняют следующие технологические операции:

- уплотнение смеси, позволяющее получить точный отпечаток в форме и придать ей необходимую прочность в сочетании с податливостью, газопроницаемостью и другими свойствами;
- извлечение модели из формы;
- отделку и сборку формы, включая установку стержней.

Выбивка – процесс удаления затвердевшей и охлажденной до нужной температуры отливки из литейной формы. Форма при этом разрушается.

Литейные формы делают вручную, на формовочных машинах, полуавтоматических и автоматических линиях.

Литье в оболочковые формы

Сущность процесса сводится к тому, что расплав заливают в тонкостенную, толщиной 6...10 мм, форму, изготовленную из песчано-смоляной формовочной смеси с термопластичными и термореактивными связующими смолами (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Схема технологического процесса литья в оболочковые формы

Для этого способа используют чугуны, углеродистые и легированные стали, алюминиевые, медные, магниевые, цинковые сплавы. Особенности способа обусловлены свойствами связующего, в качестве которого обычно используют смесь фенолформальдегидной смолы с 8 % уротропина.

В исходном состоянии смола термопластична, а в присутствии уротропина она становится термореактивной, полимеризуется и затвердевает необратимо.

Формовочная смесь содержит 94...96 % мелкого кварцевого песка и 4...7 % смолы.

Способ позволяет получать сложные тонкостенные отливки массой до 300 кг, точные по размерам и с поверхностью, имеющей низкую шероховатость. Точность отливки достигает 0,2...0,4 мм на 100 мм длины. Параметр шероховатости $Rz = 20...40$ мкм.

Оболочковые полуформы (см. рис. 3.6) получают на модельных плитах 1, нагретых до 200...250 °С. На поворотный бункер 2 устанавливают горячую подмодельную плиту, укрепляют ее и затем поворачивают бункер на 180°. Песчано-смоляная смесь 3 выссыпается на плиту. Под действием теплоты модельной плиты слой смеси 4, прилегающий к ней, за 15...25 с прогревается до температуры расплавления смолы на глубину 6...10 мм. Зерна смеси оказываются склеенными смолой. После возвращения бункера в исходное положение модельную

плиту вместе с оболочкой помещают в печь, где она при 300...350 °С необратимо затвердевает за 50...60 с. Прочную оболочковую полуформу 5 снимают с модельной плиты с помощью выталкивателей 6.

При сборке в одну полуформу устанавливают стержни и накладывают вторую полуформу. Полуформы скрепляют и склеивают. Перед заливкой оболочковые формы засыпают с внешней стороны в металлических опоках-контейнерах песком или дробью, чтобы предохранить тонкостенную форму от разрушения под тяжестью металла.

Литье по выплавляемым моделям

Литье по выплавляемым моделям – способ получения отливок в многослойных оболочковых неразъемных разовых формах, изготовляемых с использованием выплавляемых, а также выжигаемых и растворяемых моделей однократного использования.

Сущность процесса (рис. 3.7) заключается в использовании точной неразъемной разовой модели, по которой из жидких формовочных смесей изготавливается неразъемная керамическая оболочковая форма.

Перед заливкой расплава модель удаляется из формы выплавлением, выжиганием. Рациональная область использования – изготовление мелких сложных отливок во многих отраслях машиностроения (например, детали турбинных лопаток из жаропрочных сплавов, колеса насосов из коррозионно-стойких сплавов, постоянные магниты и т.д.).

В качестве материала для изготовления модели применяют парафин, стеарин, воск, которые легко могут быть удалены из форм путем расплавления.

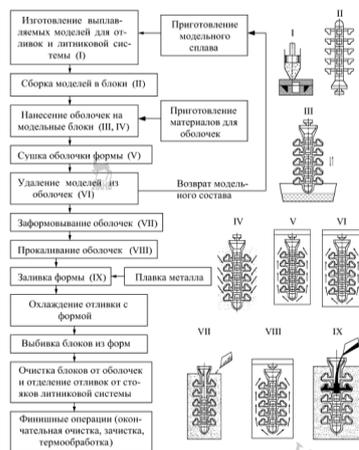


Рис. 3.7. Схема технологического процесса литья по выплавляемым моделям

Материалом для изготовления оболочковой формы является кварцевый песок и керамическая суспензия, состоящая из пылевидного кварца, электрокорунда и связующего в виде гидролизованного раствора этилсиликата или жидкого стекла. Модельный комплект погружают в суспензию, а затем обсыпают кварцевым песком.

Этот способ особенно эффективен в серийном и массовом производстве мелких деталей из труднообрабатываемых резанием сплавов. Для получения отливок могут применяться любые литейные сплавы – стали, чугуны, цветные, жаропрочные и другие сплавы.

Металл заливается в предварительно нагретые формы, что создает благоприятные условия для их заполнения и питания отливки. Форма после прокаливания при температуре 900...950 °С не содержит газотворных составляющих, что исключает образование газовых раковин в отливках.

Повышению точности отливки способствует отсутствие разъемов в оболочковой форме.

К недостаткам способа можно отнести его высокую трудоемкость и снижение механических свойств литейных сплавов из-за повышенной температуры заливки металла и применения предварительно прогретых форм.

Литье в кокиль

Литье в кокиль – это процесс получения отливок свободной (под действием сил тяжести) заливкой расплавленного металла в металлические формы – кокили.

Кокиль (от французского coquille) – металлическая форма из чугуна, стали или алюминиевых сплавов, которая заполняется расплавом под действием гравитационных сил. В отличие от разовой песчаной формы кокиль может быть использован многократно.

В кокилях получают точные отливки (12...14 квалитет) с параметром шероховатости $Rz = 10...40$ мкм массой до 200 кг. Повышенная скорость охлаждения способствует получению плотных отливок с мелкозернистой структурой, что улучшает прочность и пластичность материала отливок.

К особенностям технологического процесса следует отнести нанесение на рабочую поверхность кокиля огнеупорного покрытия (рис. 3.8, а), уменьшающего скорость нагрева кокиля.

Покрытие снижает разность температур по толщине кокиля, снижает температурные напряжения в нем и повышает его стойкость. В качестве огнеупорных материалов применяют пылевидный кварц, оксиды и карбиды металлов, графит, асбест. После нанесения покрытия кокиль нагревают до рабочей температуры. Затем в кокиль устанавливают песчаные, керамические или металлические стержни.

Части кокиля соединяют и скрепляют, после чего заливают в него расплав (рис. 3.8, б). Часто в процессе затвердевания отливки после того, как она приобретает достаточную прочность, металлические стержни подрывают, т.е. частично извлекают из отливки (рис. 3.8, в), чтобы уменьшить обжатие стержня усаживающейся отливкой и обеспечить его беспрепятственное извлечение из отливки.

После охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают и удаляют отливку (рис. 3.8, г). Из отливки выбивают песчаный стержень, обрезают литники, прибыли. Затем цикл повторяется.

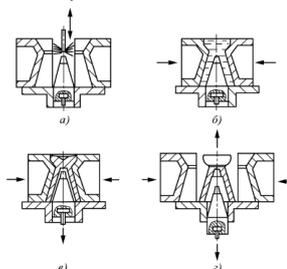


Рис. 3.8. Схема получения отливки в кокиле:

- а – нанесение огнеупорного покрытия; б – скрепления частей кокиля;
- в – затвердевание отливки и подрыв стержня; г – удаление отливки

Литьем в кокиль изготавливают различные по назначению и размерам отливки из стали, чугуна и сплавов цветных металлов. Алюминиевые, магниевые и медные сплавы наиболее технологичны, а железоуглеродистые, особенно сталь – менее. Это связано с тем, что при повышении температуры кристаллизации сплава уменьшается стойкость кокиля.

Высокая скорость затвердевания отливок в кокилях повышает качество отливок. Таким образом, процесс литья в кокиль – малооперационный. Лимитирующей по продолжительности операцией является охлаждение отливки в кокиле до заданной температуры. Практически все операции могут быть выполнены механизмами кокильной машины, что является существенным преимуществом способа.

Литье под давлением

Суть процесса (рис. 3.9) заключается в том, что литейная форма заполняется расплавом под действием внешних сил, значительно превосходящих силы гравитации, а затвердевание отливки протекает под избыточным давлением. Обрабатываемые материалы – алюминиевые, цинковые, медные сплавы. Расплав заполняет пресс-форму за доли секунды (0,01...0,6 с) при скорости до 120 м/с.

При этом он сильно фонтанирует, ударяется о стенки формы, закупоривает вентиляционные каналы.

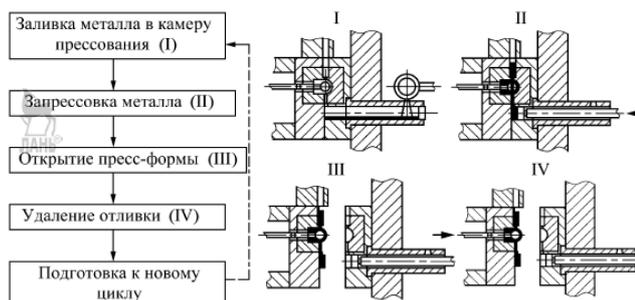


Рис. 3.9. Схема технологического процесса литья под давлением

Вследствие гидравлического удара поверхностный слой (0,2 мм) отливок получается плотным, без газовой пористости, пузырьки газа остаются во внутренних сечениях отливки. Пресс-форма для этого способа является весьма сложным и точным инструментом. Она имеет: одну или несколько рабочих полостей для получения отливки; стержни или вставки для выполнения отверстий в отливке; системы каналов для подвода расплава в рабочую полость (литниковую систему) и отвода воздуха и газов из полости формы (вентиляционную систему); системы толкателей для выталкивания отливки из пресс-формы.

Изготавливают отливки массой от нескольких граммов до 50 кг, обычно тонкостенные (до 0,8 мм), сложной конфигурации. Отливки имеют высокую точность размеров (8...12 квалитет), параметры шероховатости поверхности $Rz = 10...20$ мкм и $Ra = 0,63...1,25$ мкм.

Формообразующие детали изготавливают из специальных сталей, легированных вольфрамом, хромом, никелем. Рациональная область использования – крупносерийное производство тонкостенных точных отливок с минимальными допусками на обработку. В зависимости от способа подачи расплава в пресс-форму различают машины с холодной и горячей камерами прессования.

Машины с горячей камерой прессования более производительны. Их применяют для изготовления мелких отливок из легкоплавких сплавов.

Машины с холодной камерой позволяют получать высокие давления прессования. Их применяют для получения отливок из алюминиевых и медных сплавов, стали. Однако на них трудно получать особо мелкие отливки, так как расплав быстро охлаждается и заполняемость форм ухудшается.

Достоинства процесса:

- высокая точность размеров и качество поверхности отливок;
- возможность изготовления отливок с малой (менее 1 мм) толщиной стенки;
- значительное улучшение условий труда в литейном цехе вследствие устранения формовочных материалов.

Наряду с этим способ имеет ряд недостатков: высокая стоимость пресс-формы, наличие в отливках газовой пористости; размеры и масса отливок ограничены мощностью машины. Совершенствование этого способа литья направлено на предупреждение образования газовой и усадочной пористости.

Центробежное литье

Центробежное литье – способ производства фасонных изделий с формой тел вращения преимущественно при их крупносерийном изготовлении.

При этом процессе (рис. 3.10) расплавленный металл в процессе заполнения литейной формы и формирования отливки находится под действием центробежных сил, которые возникают в результате вращения формы.

Обрабатываемые материалы – чугуны, медные сплавы, стали, титановые сплавы. Способ пригоден для получения пустотелых отливок: втулок, колец и т.д. Центробежное литье применяют для изготовления роторов электродвигателей, двухслойных и многослойных изделий.

Во вращающуюся форму через специальный желоб заливают металл. Под действием центробежной силы, во много раз превышающей силу тяжести, расплав заполняет полость литейной формы и затвердевает. После затвердевания и частичного остывания отливки вращение формы прекращают, горячую отливку извлекают и охлаждают на воздухе или в охлаждающей камере.

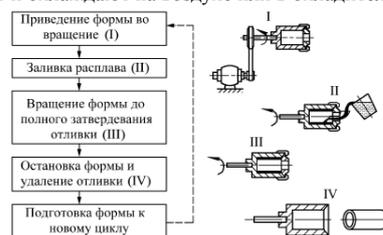


Рис. 3.9. Схема технологического процесса центробежного литья

Центробежные силы улучшают заполнение форм жидким металлом и ускоряют выделение и перемещение газовых пузырьков и неметаллических включений. Менее плотные, чем расплав, включения выносятся на внутреннюю поверхность отливки, а более плотные скапливаются у наружной поверхности.

Повышенное давление способствует устранению в отливках пористости.

По мере удаления от оси вращения центробежная сила возрастает, соответственно повышается плотность отливки. Из-за повышенного давления расплава тормозится усадка и уменьшается зазор между отливкой и формой. Конвективное перемешивание металла в период кристаллизации и быстрое охлаждение способствуют измельчению структуры отливки.

Для изготовления отливок центробежным способом используют толстостенные (до 300 мм) и длинномерные (до 8000 мм) литейные формы: металлические (изложницы), песчаные, комбинированные (песчано-металлические), керамические, оболочковые и др.

Способом центробежного литья с горизонтальной осью вращения в массовом производстве изготавливают длинномерные отливки, например чугунные водопроводные трубы диаметром до 300 мм и канализационные трубы диаметром до 1800 мм и длиной до 6000...8000 мм. Из чугуна, стали и медных сплавов этим способом получают толстостенные (до 300 мм) и длинномерные (до 8000 мм) массой до 60 т заготовки валков бумагоделальных машин и прокатных станов, детали химических агрегатов, гильзы крупных дизелей, кольца подшипников качения и др.

Для центробежного литья применяют специальные машины. Они бывают шпиндельные и роликовые. Для литья коротких втулок, гильз, колец используют шпиндельные машины с горизонтальной осью вращения, для литья чугунных труб – роликовые машины с горизонтальной осью, а для изготовления фасонных отливок – машины с вертикальной осью вращения.

Специальные способы литья

Электрошлаковое литье (ЭШЛ). Сущность процесса состоит в том, что приготовление расплава совмещено по месту и времени с заполнением литейной формы: отливка последовательно наплавляется в форме.

Отливку получают электрошлаковым переплавом электродов из металла, требуемого химического состава. Обрабатываемые материалы – углеродистые и легированные стали, стали и сплавы со специальными свойствами (коррозионно-стойкие, жаропрочные и др.).

Способ позволяет изготавливать сложные отливки массой до 300 т. Отливки имеют высокие механические свойства, высокое качество поверхности, плотное однородное кристаллическое строение без растворенных газов и неметаллических включений.

Электрошлаковым литьем получают прокатные валки, сосуды, работающие под сверхвысоким давлением, коленчатые валы и шатуны судовых двигателей, ответственные детали тепловых и атомных электростанций и др.

Этот метод имеет технологические преимущества перед общепринятой технологией литья и обеспечивает повышенные свойства литого металла и качество отливок за счет:

- высокой температуры расплава при ЭШЛ (до 1800 °С) и активного рафинирующего модифицирующего действия шлака при прохождении через него металла;
- отсутствия контакта расплава с воздухом при плавлении и заполнении металлом литейной формы, что исключает его окисление;
- направленного затвердевания расплава в охлаждаемой литейной форме с формированием плотной литой структуры, отсутствия усачных раковин и пустот;
- высокой скорости затвердевания отливки, исключающей ликвацию даже в толстых сечениях отливки.

Особенно эффективно ЭШЛ при изготовлении изделий из дорогостоящих инструментальных сталей и использовании изношенных инструментов для расходоуемых электродов.

Литье выжиманием

Сущность процесса в том, что геометрические размеры полости литейной формы изменяются по мере заполнения расплавом и затвердевания отливки. Это позволяет уменьшать тепловые потери расплава, заполнять формы тонкостенных крупногабаритных отливок, осуществлять компенсацию усадки отливки путем уменьшения ее объема при кристаллизации.

Обрабатываемые материалы – алюминиевые и магниевые сплавы. Этот способ применяют для получения отливок с малой (до 2 мм) толщиной стенки при значительных габаритах (до 1000×3000 мм). Отливки имеют хорошие структуру и механические свойства.

Экономическая эффективность процесса литья выжиманием тонкостенных крупногабаритных отливок определяется исключением трудоемких операций штамповки, сварки, клепки, сборки многочисленных деталей в один узел, уменьшением массы конструкции таких узлов, снижением в несколько десятков раз трудоемкости их изготовления.

Литье с кристаллизацией под давлением (штамповка из расплава)

Литьем с кристаллизацией под давлением получают плотные заготовки с уменьшенными припусками на обработку резанием и высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

При этом методе расплав заливают в металлическую форму до определенного предела и затем погружают пуансон, давление которого используют для уплотнения кристаллизующейся отливки.

Штамповка из расплава совмещает, по существу, заполнение формы выжиманием и кристаллизацию под давлением. В зависимости от конфигурации отливок применяют открытую или закрытую пресс-форму.

Важным достоинством рассматриваемых процессов является отсутствие расхода металла на литники и прибыли. Отливки обладают высокой прочностью, большим, в 2...4 раза, чем отливки в песчаные формы, относительным удлинением, высокой ударной вязкостью. Отливки, полученные кристаллизацией под давлением, обладают механическими свойствами, не уступающими поковкам. Однако, реализация способа требует сложной, дорогостоящей оснастки и оборудования.

Непрерывное и полунепрерывное литье

Непрерывное литье – это способ получения протяженных отливок постоянного поперечного сечения путем непрерывной подачи расплава в форму и вытягивания из нее затвердевшей части отливки. Если непрерывность подачи расплава в форму ограничена по времени или массе, то способ литья называется полунепрерывным.

Обрабатываемые материалы – чугуны, стали, медные, алюминиевые, магниевые сплавы.

Отливки получаемые этим методом, имеют плотное строение при постоянном поперечном сечении неограниченной длины, малую ликвационную неоднородность и газосодержание, чистую поверхность, довольно высокую точность размеров (втулки для гильз дизелей, направляющие станины металлорежущих станков, заготовки для шестерен, корпусов гидро- и пневмоаппаратуры, чугунные трубы диаметром до 1 м, слитки для последующей прокатки).

Этот способ применяется в крупносерийном и массовом производстве.

Достоинства способа:

- высокий выход годного литья из-за отсутствия литниковой системы и прибылей;
- возможность получения отливки неограниченной длины постоянного поперечного сечения;
- высокое качество металла: повышение плотности, точности и улучшение поверхности отливки;
- полная автоматизация процесса.

Недостатки способа:

- ограниченность геометрических форм отливок;
- непрерывное литье не позволяет получать отливки сложной конфигурации.

Тема 3.2. Получение сварных заготовок (лекция – дискуссия 2 часа)

Физические основы и классификация процессов сварки

Сваркой называют технологический процесс получения неразъемных соединений из металлов, сплавов и других однородных или разнородных материалов в результате образования атомно-молекулярных связей на краях соединяемых заготовок.

Сварка – это один из ведущих технологических процессов обработки металлов. Достоинства сварки обеспечили ее широкое применение в промышленности. С помощью сварки осуществляется производство судов, турбин, котлов, самолетов, мостов, реакторов и других необходимых конструкций.

Существует более 150 способов сварки и их разновидностей. Все они значительно отличаются один от другого по технике выполнения, однако по характеру протекания процессов формирования соединения и в зависимости от агрегатного состояния металла свариваемых поверхностей во время сварки все существующие способы сварки принято объединять в две группы: сварка **плавлением** и сварка с применением **давления**.

При сварке **плавлением** происходит совместное расплавление кромок свариваемых заготовок, а в случае необходимости – также прилегающего материала для дополнительного заполнения зазора между ними. В результате образуется сварочная ванна металла, после затвердевания, которой формируется сварной шов.

При сварке с **применением давления** заготовки соединяются в результате совместного воздействия нагрева и давления, а в ряде случаев только под воздействием давления без нагрева.

Выбор того или иного способа сварки и его режима зависит, в первую очередь, от свойств свариваемого материала, толщины, геометрической формы и габаритов свариваемых заготовок, служебного назначения изделия.

Энергия активации поверхностных атомов может передаваться в виде теплоты и в виде упругопластической деформации. В зависимости от формы энергии, используемой для образования соединения, все виды сварки разделяют на три класса: **термический**, **термомеханический** и **механический**.

Термический класс состоит из видов сварки, осуществляемых плавлением с применением тепловой энергии (дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменная, лазерная, газовая и др.).

Термомеханический класс содержит виды сварки, осуществляемые тепловой и механической энергией (контактная, индукционно-прессовая, газопрессовая и др.). Для получения соединений используют нагрев поверхности деталей и давление.

Механический класс включает в себя виды сварки, осуществляемые механической энергией: сварка взрывом и трением, ультразвуковая, магнитно-импульсная и др. В этом случае поверхности деталей не подвергают нагреву, однако на них происходит преобразование подводимой к свариваемым поверхностям механической энергии в тепловую форму.

В результате выполнения технологического процесса сварки образуется **сварное соединение**.

Сварное соединение – это неразъемное соединение нескольких деталей, выполненное сваркой. Конструктивный тип сварного соединения определяется взаимным расположением свариваемых частей. При сварке плавлением различают следующие типы сварных соединений: **стыковое, угловое, тавровое, нахлесточное и торцовое**.

Металлическую конструкцию, изготовленную сваркой из отдельных деталей, называют **сварной конструкцией**. Часть такой конструкции называют **сварным узлом**.

Сварной шов – участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла сварочной ванны. Часть сварного шва, наиболее удаленную от его лицевой поверхности, называют **корнем шва**.

Сварочная ванна – это часть металла сварного шва, находящаяся в момент выполнения сварки в расплавленном состоянии.

Углубление, которое образуется в сварочной ванне под действием дуги, называют **кратером**.

Металл соединяемых частей, подвергающихся сварке, называют **основным металлом**. Металл, который вводится в сварочную ванну в дополнение к расплавленному основному, называют **присадочным металлом**.

Глубина, на которую расплавляется основной металл, называется **глубиной проплавления**.

Переплавленный присадочный металл, введенный в сварочную ванну или наплавленный на основной металл, называют **наплавленным металлом**.

В зависимости от расположения швов в конструкции сварку выполняют в разных положениях: **нижнем, горизонтальном, вертикальном и потолочном**.

Электрическая дуговая сварка

Наибольшее распространение в разных отраслях промышленности получила электрическая дуговая сварка, при которой источником теплоты является электрическая сварочная дуга.

Электрическая сварочная дуга представляет собой устойчивый длительный электрический разряд в газовой среде между твердыми или жидкими электродами, осуществляемый при высокой плотности тока и сопровождаемый выделением большого количества теплоты. Потребляемая дугой электрическая энергия преобразуется в световую и тепловую. Поэтому сварочная дуга является концентрированным источником света и тепловой энергии, используемой для расплавления электрода и свариваемого металла.

Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

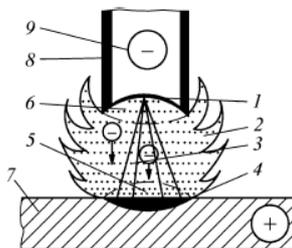
Катодное пятно образуется на нагретой торцовой поверхности электрода, из которой происходит эмиссия электронов. Температура и площадь катодного пятна зависят от силы сварочного тока. С повышением силы сварочного тока площадь катодного пятна увеличивается, а температура достигает 2200...2400 °С и более. На катодном пятне наряду с выделением тепла происходит расходование энергии на эмиссию электронов.

Анодное пятно образуется на поверхности сварочного металла. На анодное пятно падает поток электронов, при падении электроны выделяют свою кинетическую энергию. Вследствие этого площадь и температура анодного пятна больше, чем катодного. Это свойство сварочной дуги учитывается при выборе полярности электрода и изделия при сварке на постоянном токе. Обычно температура анодного пятна равна 2600...2800 °С.

Основными элементами сварочной дуги постоянного тока являются: катодное пятно, анодное пятно и столб дуги (рис. 3.10).

Рис. 3.10. Строение сварочной дуги:

1 – катодное нагретое пятно; 2 – ионизированная газовая среда; 3 – столб дуги; 4 – анодное нагретое пятно; 5 – зона анодного падения напряжения; 6 – зона катодного напряжения; 7 – изделие; 8 – покрытие электрода; 9 – электрод



Процесс соединения металлических элементов, при котором в качестве сварочного источника теплоты применяют электрическую дугу, называют **дуговой сваркой**.

Сущность процесса электрической дуговой сварки состоит в том, что расплавление кромок заготовок происходит за счет тепла сварочной дуги, возбуждаемой между электродом и кромками заготовок. Максимальная температура дуги наблюдается в осевой ее части и составляет 6000...7000 °С.

В обычном состоянии воздух и газы электрической проводимостью не обладают. Электрический дуговой разряд возможен лишь при условии ионизации воздуха или газов, применяемых при сварке, т.е. при образовании электрически заряженных частиц: электронов и отрицательно или положительно заряженных ионов. Ионизация столба дуги происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения.

Зажигание дуги происходит при мгновенном соприкосновении электрода с изделием. В момент короткого замыкания сварочной цепи место контакта электрода с изделием быстро разогревается.

Нагрев конца электрода и металла изделия при протекании тока короткого замыкания сопровождается образованием легко ионизирующихся паров металла и компонентов покрытия. Последние заполняют дуговой промежуток в момент отрыва электрода от изделия.

Электроны, движущиеся под действием электрического поля, взаимодействуют с нейтральными молекулами паров и газов, вследствие чего образуются положительные и отрицательные ионы и электроны. Дуговой промежуток при этом из диэлектрика превращается в проводник. Дуга постоянного тока питается током либо прямой, либо обратной полярности.

При прямой полярности электрод присоединяется к отрицательному полюсу источника питания дуги (катод), а свариваемая деталь – к положительному полюсу (анод).

При обратной полярности электрод присоединяется к аноду, а деталь – к катоду.

Ручная дуговая сварка

Ручная дуговая сварка применяется для соединения заготовок малых и средних толщин (до 30 мм) короткими швами в разных пространственных положениях. Ее можно осуществлять металлическим (плавающим) электродом, угольным электродом без защиты, а также угольным или вольфрамовым электродами в среде защитных газов. Этот способ сварки широко применяют во всех областях техники. Однако он малопроизводителен, и качество сварки зависит от квалификации сварщика.

Заготовку или полуфабрикат располагают на металлическом столе или стальной плите, обеспечивая при этом с помощью механических прижимов надежный электрический контакт между ними и фиксирование заданного положения свариваемых кромок. Зажигают дугу прикосновением конца электрода к металлу свариваемого изделия с последующим быстрым отводом электрода на расстояние 3...4 мм. При этом по сварочной цепи протекает рабочий (сварочный) ток, а на дуге возникает напряжение 20...25 В в зависимости от длины дуги и марки электрода.

При ручной сварке зажигание и поддержание определенной длины дуги, манипуляция электродом, перемещение электрода по линии наложения шва и прекращение процесса сварки, необходимые для образования шва, выполняются рабочим-сварщиком вручную.

Электрод представляет собой металлический стержень с нанесенным на его поверхность слоем специального покрытия. Длина металлического стержня в зависимости от его диаметра может составлять 250...450 мм.

Покрытие электрода – смесь веществ, нанесенная на электрод для усиления ионизации, защиты от вредного воздействия среды и металлургической обработки металла сварочной ванны.

Для изготовления покрытий применяют различные материалы:

– газообразующие компоненты – органические вещества: крахмал, пищевая мука, декстрин либо неорганические вещества, обычно карбонаты (мрамор, магнезит и др.), защищающие сварочную дугу и расплавленный металл;

– легирующие элементы, повышающие механические свойства, и элементы раскислителя: кремний, марганец, титан и другие, используемые в виде сплавов этих элементов с железом, так называемых ферросплавов, удаляющие из жидкого металла растворенный в нем кислород;

– стабилизирующие компоненты, содержащие элементы с низким потенциалом ионизации, а также различные соединения, в состав которых входят калий, натрий, кальций, мел, полевошпат и другие, обеспечивающие устойчивость горения дуги;

– шлакообразующие компоненты, составляющие основу покрытия, – обычно это руды (марганцевая, титановая), минералы (ильменитовый и рутиловый концентраты, полевошпат, кремнезем, гранит, мрамор, плавленый шпат и др.);

– связующие – водные растворы силикатов натрия и калия, создающие прочную обмазку;

– формовочные добавки.

Электроды по назначению подразделяются на классы, обозначаемые буквами: У – для сварки углеродистых; Л – легированных конструкционных; Т – легированных теплоустойчивых; В – высоколегированных сталей с особыми свойствами; К – для наплавки поверхностных слоев с различными свойствами.

Для сварки конструкционных сталей обозначение типа электрода содержит символ «Э», вслед за которым цифрами указано значение временного сопротивления при разрыве (в 10^{-1} Н/мм²), например: Э38, Э42, Э50, ..., Э150 (14 типов).

У некоторых типов электродов после цифр поставлена буква А, что характеризует более высокие характеристики пластичности наплавленного металла. К одному типу электрода могут быть отнесены одна или несколько марок электродов. Например, к типу электродов Э42А относятся электроды марок:

УОНИИ-13/45, СМ11, ОЗС-2; к типу Э46 относятся МР-3, ОЗС-4 и др.

Дуговая сварка под флюсом

Сварка под флюсом является одним из основных способов выполнения сварочных работ в промышленности и строительстве. Электрическая дуга горит между плавящимся электродом и изделием под слоем сварочного флюса, полностью закрывающего дугу и сварочную ванну от взаимодействия с воздухом.

Сварочными флюсами называют специально приготовленные неметаллические гранулированные порошки с размером отдельных зерен 0,25...4 мм (в зависимости от марки флюса). Флюсы, расплавляясь, дают газовый и шлаковый купол над зоной сварочной дуги, а после химико-металлургического воздействия в дуговом пространстве и сварочной ванне образуют на поверхности шва шлаковую корку, в которую выводятся оксиды, сера, фосфор, газы.

Перемещение дуги вдоль свариваемых кромок может осуществляться вручную или посредством специального привода. В первом случае процесс ведется с помощью сварочных полуавтоматов, во втором – автоматов.

Автоматическую сварку под флюсом выполняют автоматическими сварочными головками или сварочными тракторами, перемещающимися непосредственно по изделию. Сварочный автомат обеспечивает подачу электродной проволоки в дугу и поддерживает постоянный режим сварки. Автоматическая сварка под флюсом выполняется в нижнем положении шва.

Автоматическая сварка под флюсом имеет ряд преимуществ перед ручной дуговой сваркой:

– высокая производительность сварки, превышающая ручную сварку в 5...10 раз за счет применения больших токов (до 2000 А) и непрерывности процесса сварки, более полное использование теплоты в закрытой зоне дуги, снижение трудоемкости благодаря автоматизации процесса сварки;

– высокое качество сварного шва вследствие хорошей защиты металла сварочной ванны от кислорода и азота воздуха, легирования металла шва, увеличение плотности и чистоты металла в результате более полного выделения газов и неметаллических включений при медленном охлаждении под слоем застывшего шлака;

– коэффициент использования теплоты дуги на плавление электродного и основного металла составляет 90...95 %, а при ручной – меньше 80 %;

– экономия металла электрода при значительном снижении потерь на угар, разбрызгивание и огарки;

– значительно лучше, чем при ручной сварке, условия труда: дуга закрыта слоем шлака и флюса, выделение вредных газов и пыли снижено, нет необходимости в защите глаз и лица сварщика от излучения дуги.

Недостатки процесса – трудность сварки деталей небольших толщин, коротких швов и выполнение швов в основных положениях, отличных от нижних.

Дуговая сварка в защитных газах

Дуговая сварка в защитных газах – общее название многочисленных разновидностей этого способа, основная особенность которого состоит в том, что в процессе сварки вокруг факела дуги создается газовая среда, отличающаяся по составу от воздуха. Эта среда защищает расплавленный металл от вредного влияния воздуха.

В качестве защитного газа могут быть использованы инертные газы (аргон, гелий), не взаимодействующие с расплавленным металлом и не растворяющиеся в нем, и активные газы (углекислый газ, кислород, водород, азот), вступающие во взаимодействие с расплавленным металлом, причем кислород, водород и азот используют лишь для образования различных газовых смесей.

Состав защитной среды выбирают с учетом особенностей свариваемого металла, толщины кромок, типа электрода и требований, предъявляемых к сварным швам. Инертные газы, например, используют при сварке химически активных металлов. Смесь инертных газов с активными позволяет в ряде случаев повысить устойчивость дуги, увеличить глубину проплавления, улучшить внешний вид сварного шва, уменьшить разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом, повысить плотность металла шва, увеличить производительность процесса сварки.

Широкий диапазон используемых защитных газов, обладающих значительно различающимися теплофизическими свойствами, обуславливает большие технологические возможности этого способа как в отношении свариваемых металлов (практически всех), так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров). Сварку можно выполнять, используя неплавящийся (угольный, вольфрамовый) или плавящийся электрод.

По сравнению с другими способами сварка в защитных газах обладает рядом преимуществ:

– высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины;

– возможность сварки в различных пространственных положениях;

– возможность визуального наблюдения за образованием шва, что особенно важно при полуавтоматической сварке;

– отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;

– высокая производительность и легкость механизации и автоматизации;

– низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

К недостаткам способа по сравнению со сваркой под флюсом относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги.

Сварку неплавящимся электродом легированных сплавов, молибдена, тантала, серебра проводят обычно дугой постоянного тока прямой полярности.

Дуговая сварка в защитных газах неплавящимся (вольфрамовым) электродом имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами сварки плавлением:

- высокоэффективная защита расплавленного металла, возможность сварки химически активных металлов и сплавов;
- высокая степень концентрации дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений;
- возможность сварки изделий различной толщины в пределах от долей миллиметра до десятков миллиметров;
- возможность наблюдения за сварочной ванной и дугой;
- отсутствие необходимости применения флюсов и обмазок;
- высокая стабильность дугового разряда.

Электрошлаковая сварка

Принципиально отличается от вышеизложенных способов сварки плавлением. Тепловая энергия, расходуемая на нагрев и плавление металлов изделия и электрода, образуется за счет теплоты, выделяемой в объеме расплавленного флюса (шлаковой ванны) при прохождении через него преимущественно переменного тока.

Электрошлаковая сварка экономически выгодна при толщине металла более 25 мм и позволяет за один проход сваривать одним электродом заготовки толщиной до 150...200 мм. Производительность процесса в 5...15 раз выше, чем при многослойной автоматической сварке под флюсом. Условия сварки благоприятствуют повышению качества металла. Удалению газов и примесей из металла способствует его длительное пребывание в расплавленном состоянии. Малые скорости нагрева и охлаждения металла, подогреваемого шлаковой ванной, уменьшают склонность к образованию горячих трещин. Электрошлаковая сварка применяется для сварки углеродистых и легированных сталей, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов.

Газовая сварка металлов

Процесс газовой сварки заключается в нагревании кромок деталей в месте их соединения до расплавленного состояния пламенем сварочной горелки, получаемом при сжигании горючего газа в смеси с технически чистым кислородом.

Для образования сварочного пламени при газовой сварке применяют различные горючие газы или пары горючих жидкостей: ацетилен, водород, пропан, бутан, природный газ (метан), пары бензина, керосина и др. Наибольшее распространение получил ацетилен C_2H_2 , который образует пламя с более высокой температурой (до 3200 °С).

Горючие газы-заменители ацетилена дешевле и недефицитны. Максимальные температуры пламени также значительно ниже, поэтому их используют в ограниченных объемах в технологических процессах, не требующих высокотемпературного пламени (сварка алюминия, магния и их сплавов, пайка, сварка тонколистовой стали, газовая резка и т.д.). Например, при использовании пропана и пропанобутановых смесей максимальная температура в пламени 2700...2750 °С. Их используют при сварке стали толщиной до 6 мм, сварке чугуна, некоторых цветных металлов сплавов, наплавке, газовой резке и т.д.

Газовая сварка обладает следующими достоинствами: сравнительно проста, не требует сложного оборудования и источника электрической энергии.

К недостаткам газовой сварки относятся: меньшая скорость нагрева металла и большая зона теплового воздействия на металл, чем при дуговой сварке. При этом происходит большее коробление свариваемых деталей. Вследствие невысокой концентрации тепла при нагреве производительность процесса существенно снижается с увеличением толщины свариваемого металла. Процесс газосварки труднее поддается механизации и автоматизации, чем процесс электрической сварки.

Газовую сварку применяют при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали толщиной 1...3 мм, монтаже труб малого и среднего диаметра, ремонтной сварке литых изделий из чугуна, бронзы, силумина, сварке изделий из алюминия и его сплавов, меди, латуни и свинца, наплавке твердых сплавов и латуни на стальные и чугунные детали.

Практически указанным требованиям отвечают железо, низкоуглеродистые и низколегированные стали.

Электронно-лучевая сварка

Электронно-лучевая сварка – это сварка плавлением, при которой для нагрева соединяемых частей используется энергия электронного луча. Он представляет собой поток сжатых электронов, перемещающихся с большой скоростью (до 100 000 км/с) от катода к аноду в сильном электрическом поле.

Электронно-лучевой сваркой соединяются заготовки из тугоплавких химически активных металлов и их сплавов (вольфрамовых, танталовых, ниобиевых, молибденовых и т.п.), а также из алюминиевых сплавов и высоколегированных сталей. Они могут быть из материалов с разной температурой плавления и неодинаковой толщины. Минимальная толщина свариваемых заготовок составляет 0,02 мм, максимальная – до 200...300 мм.

К недостаткам способа можно отнести: высокую стоимость оборудования, невысокую производительность процесса из-за большой продолжительности откачки воздуха, ограниченность размеров изделия размерами вакуумной камеры, необходимость обеспечения защиты персонала от рентгеновского излучения.

Лазерная сварка

Лазерная сварка – это сварка плавлением, при которой для местного расплавления соединяемых частей используется энергия светового луча, полученного от оптического квантового генератора (лазера).

Достоинства лазерной сварки:

- возможность сварки прецизионных конструкций (в ряде случаев лазерная сварка – финишная операция);
- высокая производительность (скорость 100...200 м/ч);
- возможность сварки крупногабаритных конструкций малой жесткости с труднодоступными швами;
- соединение трудносвариваемых материалов, в том числе разнородных;
- возможность сварки в вакууме, на воздухе, в атмосфере инертных газов с сочетанием при этом самых разных металлов;
- значительная экономия сварочных материалов вследствие малых объемов расплавленного металла шва (например, сварка металла толщиной 5...20 мм может быть выполнена за один проход без предварительной разделки кромок и без присадочной проволоки);
- соединение деталей толщиной менее 1 мм.

Недостатки лазерной сварки:

- высокая стоимость технологических лазеров;
- перспективна лазерная сварка только тогда, когда сварка традиционными способами сопряжена с трудностями.

Плазменная сварка

Плазменная сварка – это сварка плавлением сжатой дугой. В качестве источника нагрева используют сжатую дугу – плазму. В электрической дуге происходит образование плазмы под действием электрического разряда и высокой температуры. Плазма представляет собой ионизированный газ, содержащий положительно заряженные ионы, электроны, нейтральные и возбужденные атомы и молекулы и способный проводить ток.

Дуговой плазменной струей можно сваривать практически все металлы, в том числе и тугоплавкие. Процесс высокопроизводительный. Без разделки кромок можно сваривать металл толщиной 15...20 мм. При односторонней сварке плазменная струя выходит на обратную сторону стыка. Процесс представляет собой как бы прорезание изделия с заваркой места резки. Небольшой расход присадочного материала. Сжатая дуга устойчива. Это позволяет использовать плазменную дугу при весьма малых токах, вплоть до 0,1 А, что позволяет выполнять сварку металлов толщиной менее 0,01 мм.

Сварка осуществляется на переменном или постоянном токе. Рабочее напряжение 120 В и более. В качестве плазмообразующих газов используют аргон, гелий, водород, азот, смеси газов. Наиболее часто используют аргон, который обеспечивает устойчивый процесс образования плазмы, предохраняет горелку от износа, защищает обрабатываемый материал изделия.

Плазменная струя имеет широкие технологические возможности и применяется не только при сварке, но и при резке, наплавке, напылении, плавке.

Контактная сварка

Контактной сваркой называется сварка с применением давления, при которой нагрев производится теплом, выделяемым при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые части.

Контактная сварка является комплексным термомеханическим процессом.

Для нагрева свариваемых металлов используется теплота, выделяемая при прохождении электрического тока низкого напряжения (1...8 В) и большой силы (более 5000 А) непосредственно в контактных поверхностях между деталями.

Контактная сварка может выполняться переменным и постоянным током.

Контактная сварка – процесс скоротечный и поэтому отличается высокой производительностью.

При использовании оптимального режима сварки обеспечивается высокая прочность соединения металлов. Зона нагрева минимальная, поэтому в металле не возникает значительных внутренних напряжений; металл в зоне соединения обладает достаточно высокой пластичностью. Перечисленные качества позволяют контактную сварку применять для соединения деталей малого диаметра и тонкого листового материала.

По технологическому признаку контактную сварку подразделяют на стыковую, точечную и шовную.

Различают два способа контактной стыковой сварки – *сопротивлением* и *оплавлением*.

При сварке *сопротивлением* детали сначала сжимают, а затем включают ток. Когда металл нагревается до температуры, близкой к температуре плавления (для стали до 1200 °С), выключают ток и постепенно повышают усилие сжатия. Сварка сопротивлением сопровождается рекристаллизацией металла в зоне соединения.

Процесс сварки *оплавлением* включает в себя два этапа: оплавление и осадку. В отличие от сварки сопротивлением при этом способе детали закрепляют в зажимах сварочной машины с небольшим зазором между торцами. Затем включают ток, и детали медленно сближают действием небольшой сжимающей силы.

Торцовые поверхности деталей соприкасаются в незначительном количестве точек. В местах касания деталей создается высокая плотность тока. Вследствие высокого электрического сопротивления в точках касания деталей и большой плотности тока металл быстро нагревается до температуры плавления. Между торцами свариваемых деталей образуется перемычка жидкого металла.

Точечная сварка – это разновидность контактной сварки, при которой соединение элементов происходит на участках, ограниченных площадью торцов электродов, подводящих ток и передающих силу сжатия. При точечной сварке заготовки собирают внахлестку. Контактная точечная сварка применяется для соединения заготовок из листового металла толщиной до 6 мм.

Точечная сварка металла толщиной более 6 мм связана с рядом трудностей. С увеличением толщины возрастает жесткость металла, поэтому для получения надежного контакта требуется приложение к электродам больших давлений. Кроме того, для надежного соединения нужна высокая плотность тока, вследствие чего понижается стойкость электродов. При контактной точечной сварке тонкие листы свариваются не по всей поверхности, а в отдельных точках. Сварные точки образуются в местах контакта электродов со свариваемым металлом.

Контактная сварка, при которой соединение элементов выполняется внахлестку вращающимися дисковыми электродами в виде непрерывного или прерывистого шва, называется **шовной** контактной. Электрическая контактная шовная сварка выполняется посредством двух вращающихся роликов-электродов, к которым непрерывно подводится сварочный ток. Между роликами сжимаются свариваемые детали.

В ряде случаев для соединения деталей применяется прерывистая шовная сварка, при которой детали перемещаются непрерывно, а ток включается импульсно. При каждом включении тока образуется вытнутое сварное ядро. Такой сварной шов не обеспечивает герметичности соединения. При шовной сварке детали соединяются сварным швом, который состоит из перекрывающихся друг друга точек. При сварке с перекрытием получают герметичный шов. Поэтому шовную сварку применяют для сборки топливных баков автомобилей, тракторов и других машин.

Пайка материалов

Пайкой называется образование соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, смачивания припоем, затекания припоя в зазор, последующей его кристаллизации.

Припой – это материал для пайки с температурой плавления ниже температуры плавления соединяемых материалов. Пайка имеет много общего со сваркой плавлением, принципиальное же различие со сваркой заключается в том, что если при сварке основной и присадочный металлы находятся в сварочной ванне в расплавленном состоянии, то при пайке основной металл не плавится.

По сравнению со сваркой пайка имеет ряд преимуществ, основными из которых являются:

– возможность соединения за один прием множества заготовок, составляющих изделие (пайка рам велосипедов, лопаток компрессоров, деталей печатных плат электронной аппаратуры и т.п.), поэтому пайка, как никакой другой способ соединения, отвечает условиям массового производства;

– паяные соединения в связи с отсутствием расплавления основного металла вызывают, как правило, меньшие остаточные деформации конструкции и остаточные напряжения в соединениях, что позволяет изготавливать узлы с достаточно высокой точностью «наготово», т.е. без последующей механической обработки;

– в отличие от сварных паяные соединения – разъемные, что делает пайку незаменимой при монтажных и ремонтных работах в радио- и приборостроении;

– пайка позволяет соединять разнородные металлы, а также металлы со стеклом, керамикой, графитом и другими неметаллическими материалами, что невозможно или весьма трудно осуществить сваркой.

Физические процессы образования спаев, т.е. соединения в контакте припоя – основной металл, проходят три стадии:

- активация поверхности основного металла и припоя, осуществляемая нагревом до температуры, несколько превышающей температуру плавления припоя;

- химическая реакция между основным металлом и припоем;

- кристаллизация жидкости, заполняющей зазор между соединяемыми поверхностями.

Наплавка – это процесс сварочного производства, при котором на рабочую поверхность изделия, нагретую до оплавления, наносят расплавленный металл.

Этим процессом можно восстановить размеры изношенного изделия или нанести слой металла на поверхность с заданными свойствами (износостойкостью, кислотоупорностью или жаростойкостью). Наплавкой получают биметаллические изделия, высокая прочность и долговечность которых сочетаются с низкой стоимостью их изготовления.

Она позволяет увеличить срок службы деталей и значительно сократить расход дефицитных материалов при их изготовлении. При большинстве методов наплавки, так же как и при сварке, образуется подвижная сварочная ванна. В ее головной части основной металл расплавляется и перемешивается с электродным металлом, а в хвостовой части ванны происходит кристаллизация расплава и образование металла шва. Наплавлять можно слои металла как одинаковые по составу, структуре и свойствам с металлом детали, так и значительно отличающиеся от них. Металл наплавки выбирают с учетом его эксплуатационных требований и свариваемости.

Различают ручную и механизированную наплавку.

Ручная дуговая наплавка применяется для восстановления изношенных поверхностей, исправления брака литья, получения поверхностей со специальными свойствами. Наплавку выполняют на постоянном и переменном токе штучными неплавящимися и плавящимися электродами.

К достоинствам ручной дуговой наплавки можно отнести:

– возможность наплавки поверхностей сложной формы в любых пространственных положениях;

– низкую стоимость оборудования;

– транспортабельность оборудования, позволяющую выполнять наплавку в нестационарных условиях.

Недостатками ручной дуговой наплавки являются: низкая производительность (1...3 кг/ч), тяжелые условия труда, повышенная трудоемкость процесса, нестабильность качества.

Благодаря простоте и маневренности ручную наплавку плавящимся электродом применяют для восстановления и упрочнения деталей сложной формы и различного инструмента.

Предпочтительнее является механизированная или автоматическая наплавка. Она позволяет получить более высокое качество и производительность. Обеспечение заданных свойств наплавленного металла при механизированной наплавке достигается использованием электродной и наплавочной проволоки, а также специальной порошковой проволоки и порошковых лент.

Тема 3.3. Основы технологии сборки (лекция – дискуссия 2 часа)

Особенности технологического процесса сборки

Сборка – завершающая и весьма ответственная стадия изготовления изделия, являющаяся итогом всей предшествующей работы конструкторов, технологов и производственников по созданию изделия. Качество сборочных работ оказывает значительное, а иногда определяющее влияние на работоспособность, надежность и долговечность выпускаемого оборудования.

Технологический процесс (ТП) сборки включает в себя совокупность операций установки, соединения, формообразования и прочих операций, в результате выполнения которых отдельные элементы конструкции, входящие в сборочную единицу, занимают относительно друг друга требуемое положение и соединяются способами, указанными в чертежах изделия.

Сборочная единица – сборный элемент конструкции, состоящий из нескольких монолитных и (или) сборных элементов, соединяемых друг с другом в процессе сборки.

Агрегат – часть конструкции, выполняющая одну из основных функций изделия; обычно агрегат представляет собой самостоятельный в конструктивном, эксплуатационном и технологическом отношении элемент конструкции, изготавливаемый отдельно от других элементов. Крупные агрегаты часто расчленяются на секции (отсеки); такое расчленение обычно обусловлено эксплуатационными и технологическими соображениями. Агрегаты и отсеки могут расчленяться на отдельные узлы и детали.

Сборные изделия имеют разнообразное служебное назначение, обеспечиваемое использованием различных физических эффектов и явлений – механических, гидравлических, аэродинамических, электромагнитных, электрических, оптических, электронных и т.п. Это и определяет разнообразие конструктивно-технологических свойств сборочных единиц и входящих в них элементов конструкции, влияющих на содержание ТП сборки.

Трудоемкость сборочных работ в общем объеме производства весьма велика. В зависимости от типа производства затраты времени на сборку от общей трудоемкости изготовления машин составляют: в массовом и крупносерийном производстве – 20...30 %; в серийном производстве – 25...35 %; в единичном и мелкосерийном производстве – 35...40 %.

Сборку подразделяют на общую, объектом которой является машина, и узловую, объектом которой является узел. Узлом называют часть машины, состоящую из нескольких деталей, которую можно собрать самостоятельно, отдельно от других элементов машины. Элемент, с которого начинают сборку изделия или его составной части, называют базовым.

Основными операциями сборки являются:

- операции установки элементов сборочной единицы в требуемое положение относительно друг друга;
- операции соединения установленных элементов болтами, заклепками, сварными швами и т.п.;
- формообразующие операции, связанные с обеспечением точности и взаимозаменяемости (доводочные операции при установке элементов сборочной единицы, обработка разъемов и стыков в разделочных станках и т.п.);
- прочие операции, связанные со специфическим назначением сборочной единицы (герметизация, балансировка и т.п.).

Все они относятся к группе основных технологических операций, при выполнении которых изменяются свойства объекта производства. Особую группу составляют операции контроля.

Типы соединений, виды и технологические схемы сборки

Виды соединений классифицируются по целостности и подвижности составных частей, форме соединяемых поверхностей и методам образования соединений.

Соединения деталей в узлы, а также соединения узлов друг с другом подразделяются на: **неподвижные** и **подвижные**.

При **неподвижных** соединениях взаимное расположение соединяемых деталей и узлов остается неизменным.

При **подвижных** соединениях взаимное расположение соединяемых деталей во время работы машины изменяется по заданному закону.

Неподвижные соединения, в свою очередь, разделяются на: **неразъемные** и **разъемные**.

Неразъемными или неразбираемыми называют соединения, разборка которых при эксплуатации не предусмотрена, требует больших усилий и сопровождается повреждением сопрягаемых или крепежных деталей. Неразъемные соединения выполняются сваркой, пайкой, клепкой, склеиванием, установкой стяжек и колец в горячем состоянии и др. В сварных, паяных и клеевых соединениях соединительным элементом является сварной, паяный или клеевой шов. Для выполнения таких соединений предварительно необходимы операции обработки кромок, механической и химической очистки соединяемых поверхностей в зоне соединительного шва. Разборка неразъемных соединений производится путем разрушения элементов соединения (срубание шва, заклепок и т.п.).

Разъемными или разбираемыми называют соединения, которые могут быть разобраны без затруднений и повреждений сопряженных или крепежных деталей. Разъемные неподвижные соединения выполняются в виде болтовых, винтовых, штифтовых, шпоночных, клиновых и других соединений. Их разборка производится без разрушения элементов соединения. Для выполнения таких соединений предварительно необходимы операции образования контуров для постановки соединительных элементов. Например, в болтовых, винтовых и заклепочных соединениях следует выполнить отверстия для постановки болтов, винтов и заклепок, нарезать резьбу для винтов, обработать гнезда для потайных головок болтов, винтов или заклепок и т.д.

К **подвижным** относятся различного рода соединения, осуществляющие относительное движение, например, пары соединения вала с подшипником, сцепленные шестерни и др.

Методы образования соединений разделяются в зависимости от наличия или отсутствия специальных соединительных элементов конструкции. При отсутствии таких элементов соединение осуществляется по сопрягаемым поверхностям. К таким соединениям относятся зубчатые (шлицевые), прессовые, термоусаживаемые и т.п.

Стадия сборки характеризует процесс сборки по степени его законченности. По стадиям различают следующие виды сборки:

- **предварительную** сборку, разборку с целью определения размера компенсатора;
- **промежуточную** – для совместной дальнейшей обработки сборочной единицы (например, корпус и собранная с ним крышка растачиваются совместно под размер диаметра подшипника);
- **стачельную** под сварку (может вводиться как сборочная операция в поточной линии);
- **окончательную** сборку, после которой разборка не предусмотрена.

В зависимости от метода образования соединений существуют следующие виды сборки:

- слесарная – слесарно-сборочные операции;
- монтаж – установка изделия или его составных частей на месте использования;
- электромонтаж – монтаж изделий, имеющих токоведущие элементы; сварка, пайка, клепка, склеивание.

Различают **поточную** и **непоточную** сборку.

Характерным признаком **поточного** вида сборки является непрерывное или периодическое движение собираемых изделий.

Сборка, которая осуществляется без соблюдения этих условий, является **непоточной**. Стационарная непоточная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки осуществляется на одном рабочем месте или сборочном стенде. Сборку ведет один рабочий или бригада рабочих.

При **стационарной поточной** сборке рабочий или бригада рабочих выполняют соответственно одну или нескольких операций процесса последовательно, переходя от одних собираемых объектов к другим через промежутки времени, равные такту процесса.

Поточную подвижную сборку осуществляют с непрерывным или периодическим движением собираемого изделия. В качестве транспортных устройств используют ленточные, штанговые, цепные и рамные конвейеры. Сборку средних и мелких изделий ведут на вертикально- и горизонтально-замкнутых конвейерах. Рабочие места с необходимым оборудованием размещаются вдоль конвейера. Эта сборка применяется при изготовлении изделий, выпускаемых в значительном количестве.

Наиболее прогрессивной является организация процесса сборки на основе типовых и групповых ТП. При этих методах сборки ТП создаются не на каждое изделие или сборочную единицу, а на специально подбираемые их типы или группы. Они оснащаются высокопроизводительным сборочным оборудованием и унифицированной быстропереналаживаемой оснасткой.

Точность сборки

Точность сборки характеризует процесс сборки по методу достижения точности замыкающего звена сборочной размерной цепи. Точность сборки достигается путем:

- полной взаимозаменяемости;
- неполной взаимозаменяемости;
- групповой взаимозаменяемости;
- пригонки;
- регулирования (подвижной компенсации).

Сущность *метода полной взаимозаменяемости* заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их величин.

Метод полной взаимозаменяемости экономично применять в условиях достижения высокой точности при малом числе звеньев размерной цепи в крупносерийном и массовом производстве. Метод прост и обеспечивает 100%-ную взаимозаменяемость, но имеет существенный недостаток – уменьшает допуски на составляющие звенья (что приводит к увеличению трудоемкости и себестоимости их изготовления), т.е. основывается на расчете по крайним предельным отклонениям размеров цепи при неблагоприятном их сочетании (например, вал изготовлен с минимальным диаметром, а втулка, соединяемая с ним, – с максимальным).

Если допуск замыкающего звена мал или число составляющих звеньев цепи большое, то допуски составляющих звеньев получаются небольшими и их достижение экономически невыгодно. В этом случае применяют метод неполной взаимозаменяемости.

Метод неполной взаимозаменяемости характеризуется тем, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у заранее обусловленной части собираемых объектов путем включения в нее звеньев без выбора, подбора или изменения их значений. Использование этого метода целесообразно для достижения точности в многозвенных размерных цепях. Допуски составляющих звеньев увеличивают до величины средней экономической точности. Так как сумма допусков составляющих звеньев превышает заданный допуск замыкающего звена, то при сборке методом полной взаимозаменяемости часть сборочных единиц может не собираться или собираться с превышением допуска замыкающего звена по сравнению с заданным, т.е. получится брак. В этом случае следует определить убытки от получения брака. Они должны быть меньше, чем расходы, связанные с применением других методов сборки.

Если убытки от брака значительны, то прибегают к другим методам: групповой взаимозаменяемости, пригонке или регулировке.

Метод групповой взаимозаменяемости заключается в достижении требуемой точности замыкающего звена путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к общей группе предварительно измеренных и рассортированных деталей. Метод групповой взаимозаменяемости применяют, главным образом, для размерных цепей, состоящих из небольшого числа звеньев (обычно трех, иногда четырех), сборочных единиц с точностью, практически недостижимой с помощью метода полной взаимозаменяемости.

Этот метод используют для достижения высокой точности замыкающих звеньев малозвенных размерных цепей в серийном и массовом производстве.

Метод пригонки заключается в том, что заданную точность замыкающего звена размерной цепи достигают за счет изменения размера одного заранее выбранного звена путем снятия необходимого припуска. Это звено называют компенсирующим.

Снятие припуска на пригонку осуществляют подрезкой, шабрением, шлифованием и т.д. Этот метод малозатратен, требует значительных затрат ручного труда и рабочих высокой квалификации. Метод пригонки применяют в единичном и мелкосерийном производстве для обеспечения точности замыкающего звена многозвенных размерных цепей.

Метод регулировки состоит в том, что заданная точность замыкающего звена достигается изменением размера заранее выбранного компенсирующего звена без снятия припуска. Подвижные компенсаторы позволяют поддерживать точность замыкающего звена при эксплуатации и компенсировать износ звеньев. Этот метод является весьма экономичным. При использовании неподвижных компенсаторов сначала измеряют величину замыкающего звена, а затем подбирают компенсатор или набор компенсаторов нужной величины.

Виды соединений

Резьбовые соединения относятся к разъемным и выполняются с помощью болтов, винтов, шпилек, гаек и других крепежных деталей. Основными требованиями, предъявляемыми к резьбовым соединениям, являются: точность в пределах установленных норм; прочность и устойчивость при переменных нагрузках и вибрации; стабильность эксплуатационных свойств после многократных разборок и сборок. Резьбовые соединения в конструкциях машин составляют 15...25 % от общего числа соединений, поскольку они отличаются простотой, надежностью, а также возможностью разборки и повторной сборки без замены деталей. Трудоемкость сборки резьбовых соединений (болтовых, винтовых, шпильчатых) составляет 25...35 % от общей трудоемкости сборочных работ.

Подвижные цилиндрические и конические соединения находят широкое применение в конструкциях машин и механизмов.

Подвижные цилиндрические соединения используют в амортизаторах автомобилей, клапанах и толкателях двигателей внутреннего сгорания, гидравлических и пневматических цилиндрах, шарнирах, подшипниках скольжения и т.д.

Подвижные конические соединения применяют в пробковых конических кранах, клапанах трубопроводной аппаратуры, клапанах двигателей внутреннего сгорания и т.п. Подвижные конические соединения, препятствующие проникновению газов и жидкостей, во многих случаях взаимно подгоняют (например, в соединениях клапанов двигателей внутреннего сгорания, пробковых конических кранов и др.).

Неподвижные конические соединения получают приложением осевой силы, создающей натяг, обеспечивающий передачу вращающего момента. Под действием осевой силы происходит самоцентрирование деталей. Конические соединения позволяют регулировать натяг в процессе работы и обеспечивают удобство сборки и разборки по сравнению с цилиндрическими соединениями с натягом. К преимуществам этих соединений также относится возможность большого числа переборок без повреждения сопрягаемых поверхностей.

Для разборки неподвижного конического соединения достаточно сместить одну из сопрягаемых деталей вдоль оси на незначительную величину. Эти соединения обеспечивают хорошую герметичность и самоцентрирование деталей.

Шпоночные соединения

Напряженные шпоночные соединения получают с использованием клиновых шпонок, среди которых наиболее распространены врезные. Врезная шпонка имеет уклон 1:100 по длине одной из рабочих (широких) граней. Паз в ступице выполняется с уклоном 1:100.

Клиновую врезную шпонку при сборке запрессовывают в сопряженные пазы вала и ступицы, шпонка должна плотно прилегать к дну паза вала и дну паза ступицы, а по боковым граням иметь зазор. При сборке соединения ось ступицы смещается по отношению к оси вала на величину посадочного зазора.

Ненапряженное шпоночное соединение выполняется с использованием призматических шпонок. Оно воспринимает крутящий момент, передаваемый соединением, своими боковыми гранями. Шпонки монтируют в паз вала с натягом по боковым граням, с обеспечением зазора между широкой гранью шпонки и дном паза ступицы.

Призматические шпонки подразделяются на *обыкновенные, высокие и направляющие*. *Обыкновенные и высокие* шпонки обеспечивают неподвижное соединение вала с охватывающей; *направляющие* шпонки обеспечивают свободное перемещение охватывающей детали вдоль вала.

Зубчатые (шлицевые) соединения обеспечивают более точное центрирование соединяемых деталей, чем шпоночные, имеют меньшие напряжения смятия на гранях шлицев и большую прочность валов. Эти соединения подразделяют на прямоугольные, эвольвентные и треугольные. В тяжелом машиностроении распространены прямоугольные шлицевые соединения с 6...10 шлицами и эвольвентные с 20...60 шлицами.

В шлицевых соединениях применяют три типа посадок: *тугоразъемные, легкоразъемные и подвижные*.

При *тугих соединениях* охватываемую деталь перед запрессовкой нагревают до 80...120 °С.

Легкоразъемные и подвижные соединения формируются посадкой охватывающей детали с приложением небольших усилий или от руки. Сборка шлицевых соединений ударами молотка запрещается, так как возможен перекос насаживаемой детали.

Неподвижные шлицевые соединения проверяют на биение. Величины допускаемых радиальных и торцовых биений оговариваются в чертеже на сборку технологического комплекта или узла.

Легкоразъемные и подвижные шлицевые соединения контролируют также и на перемещение охватывающей детали по шлицам. Зазоры в легкоразъемных и подвижных шлицевых соединениях приводят к перекосу сопрягаемых деталей, особенно при несимметрично действующей нагрузке относительно средней плоскости, охватывающей детали. При этом возникают дополнительные осевые силы, которые создают колебательное движение деталей вдоль оси соединений и приводят к дополнительному износу шлицев.

Соединения с гарантированным натягом

Неподвижное неразъемное соединение двух деталей часто осуществляется выполнением их посадки с гарантированным натягом. Прочность и относительная неподвижность соединяемых деталей обеспечивается силами трения, зависящими от давления, определяемого величиной натяга. Такие соединения способны препятствовать как осевому, так и угловому смещению одной детали относительно другой. Соединение деталей с гарантированным натягом осуществляется запрессовкой с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали.

Запрессовка небольших деталей осуществляется часто вручную – слабыми ударами молотка либо с использованием простых приспособлений: тисков, струбцин, домкратов, винтовых устройств, а также винтовых или рычажно-реечных ручных прессы, развивающих силу от 10 до 30 кН. При запрессовке больших деталей применяют гидравлические, механические и пневматические прессы, развивающие силу более 30 кН.

Неподвижные тяжело нагруженные соединения собирают с тепловыми посадками, осуществляемыми с нагревом охватывающей детали. Прочность такого соединения в 1,5...2,5 раза превышает прочность соединений с холодными посадками. В зависимости от размеров, конструкции, назначения соединяемых деталей и производственных условий нагрев охватывающей детали производится различными способами: газовыми горелками, в газовых или электрических печах, в ваннах, а также электрическим током – методом сопротивления или индукционным.

При нагреве может происходить нежелательное изменение структуры металла, окисление поверхности детали. Поэтому более эффективным бывает не нагрев охватывающей, а охлаждение охватываемой детали. Достоинство метода – мартенситное превращение остаточного аустенита при глубоком охлаждении закаленных стальных деталей. Для охлаждения деталей до $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ в качестве хладоносителя чаще всего используют твердую углекислоту (сухой лед). Твердую углекислоту и охлаждаемые детали помещают в ящик с надежной теплоизоляцией. В зависимости от размеров и массы детали охлаждение длится от нескольких минут до нескольких часов.

В охлаждающих установках часто используют смесь твердой углекислоты с ацетоном, денатурированным спиртом или бензином. При этом уменьшается расход твердой углекислоты и интенсифицируется процесс охлаждения благодаря уменьшению теплоотдачи. При необходимости более глубокого охлаждения используют жидкий азот ($-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Клепанные и клеевые соединения

Клепанными (заклепочными) соединениями называются неразъемные соединения деталей, образованные с помощью заклепок. Заклепками соединяют детали (листы, тонкостенные стержни) из материалов, не поддающихся сварке, а также в случае непрочных сварных швов, чувствительных к коррозии, склонных к медленному разрушению. Широкое распространение заклепочные соединения получили в конструкциях летательных аппаратов, самолетов, вертолетов и ракет. Например, на самолете ИЛ-86 полтора миллиона заклепок.

Заклепка представляет собой цилиндрический стержень – сплошной или пустотелый – обычно с головкой на конце. Заклепку вставляют стержнем в отверстие соединяемых деталей до упора торцом головки и плотно ее прижимают к поверхности детали.

Материалы заклепок – углеродистая сталь, медь, латунь и алюминиевые сплавы. В ответственных соединениях используют заклепки из сталей марок 20Х, 15ГФ, 14Г2 и 10Г2С1Д.

Заклепки имеют существенные достоинства: удобство их подачи из бункеров в зону клепки; легкую автоматизацию их установки в отверстия склепываемых деталей; обеспечивают высокую прочность соединения.

Клеевые соединения могут быть применены также вместо неподвижных посадок в тех случаях, когда величина требуемого натяга в сопряжении для получения надежного соединения оказывается недостаточной.

Склеивание – способ получения неподвижных неразъемных соединений, применяемый для соединения деталей из однородных и разнородных материалов (металлов и неметаллов). Склеивание позволяет соединять детали весьма малой толщины, дает возможность избежать значительных напряжений и деформаций деталей, позволяет получать герметичные соединения, уменьшает массу конструкций.

Клеевые соединения хорошо работают на сдвиг, равномерный отрыв, переносят динамические и переменные нагрузки.

Клей представляет собой вязкое вещество, обладающее склеивающей способностью. Он состоит из наполнителя, отвердителя, растворителя, связующего компонента, пластификатора. В зависимости от отвердителя различают клеи холодного и горячего отверждения.

Среди большого количества используемых клеев можно выделить те, которые нашли применение в машиностроении: клеи на основе эпоксидных или фенольных смол, полиуретановые и специальные клеи.

Клеи на основе эпоксидных смол применяют при соединениях металлов, керамики, пластмасс, древесины и других материалов. Предел прочности на сдвиг при склеивании стали со сталью 35...40 Н/мм².

Клеи на основе фенольных смол (типа БФ) также используются для склеивания различных видов материалов. Однако их теплостойкость не выше 70 °С, прочность на сдвиг 25...30 Н/мм². Полиуретановые клеи имеют теплостойкость до 120 °С и такую же прочность, как клеи БФ.

Дефекты склеивания могут быть следующие: непроклеи, пониженная прочность, пористость, утолщенный или тонкий слой клея, трещины и расслаивание клеевой прослойки.

Клеевые соединения применяют не только как самостоятельные, но и в комбинации с другими видами соединений. Благодаря этому можно значительно повысить прочность соединений.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объём (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Измерение размеров деталей мерительным инструментом	4	-
2	1.	Классификация и маркировка конструкционных материалов	7	-
3	3.	Получение отливки литьем в песчано-глинистые формы	6	-
4	3.	Ручная дуговая сварка	6	-
5	2.	Точение. Изготовление деталей на токарном станке	8	-
6	2.	Фрезерование. Обработка деталей на фрезерном станке	8	-
7	2.	Сверление. Обработка деталей на сверлильном станке	6	-
8	2.	Шлифование. Обработка на шлифовальном станке	6	-
ИТОГО			51	-

4.4. Семинары / Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных за- нятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>					
		<i>1</i>	<i>4</i>				
1. Конструкционные материалы в машиностроении	32	+	+	2	16	Лк, ЛР, СР	Экзамен
2. Структура технологического процесса изготовления деталей	74	+	+	2	37	Лк, ЛР, СР	Экзамен
3. Технологии получения заготовок и основы сборки	38	+	+	2	19	Лк, ЛР, СР	Экзамен
<i>всего часов</i>	144	72	72	2	72		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - СПб.: Лань, 2016. - 352с. [Электронный ресурс] URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>

Лабораторная работа № 1. Стр. 10 – 36.

2. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гирн. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Лабораторная работа № 2. Стр. 8 – 11.

Лабораторная работа № 3. Стр. 28 – 51.

Лабораторная работа № 4. Стр. 112 – 120.

Лабораторная работа № 5. Стр. 140 – 150.

Лабораторная работа № 6. Стр. 132 – 137.

Лабораторная работа № 7. Стр. 132 – 137.

Лабораторная работа № 8. Стр. 132 – 137.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экз. в библ., шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
Основная литература				
1.	Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с	Лк, ЛР, СР	10	0,5
2.	Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.	Лк, ЛР, СР	22	1
Дополнительная литература				
3.	Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - СПб.: Лань, 2016. - 352с. [Электронный ресурс] URL: http://e.lanbook.com/book/71767	Лк, ЛР, СР	ЭР	1
4.	Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гирн. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://e.lanbook.com/book/630	Лк, ЛР, СР	ЭР	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР	Рекомендуемая литература	Форма отчета	Всего часов
1.	1. Конструкционные материалы в машиностроении 1.1. Классификация конструкционных материалов 1.2. Основные свойства конструкционных материалов 1.3. Маркировка конструкционных материалов	[1], [2], [3], [4]	Экзамен, ЛР №2	20
2.	2. Структура технологического процесса изготовления деталей 2.1. Общая характеристика деталей 2.2. Содержание и последовательность этапов изготовления деталей 2.3. Классификация заготовок и способов их получения	[1], [2], [3], [4]	Экзамен, ЛР № 1, ЛР № 5 – 8	36
3.	3. Технологии получения заготовок и основы сборки 3.1. Получение заготовок литьем 3.2. Получение сварных заготовок 3.3. Основы технологии сборки	[1], [2], [3], [4]	Экзамен, ЛР № 3 – 4	20
ИТОГО				76

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 Измерение размеров деталей мерительным инструментом

Цель работы:

Ознакомление с видами, устройством и принципом работы мерительного инструмента, применяемого в машиностроении, получение практического навыка измерения диаметральных и линейных размеров деталей штангенциркулем и микрометром.

Содержание работы

Освоение методов практического использования мерительного инструмента при контроле получаемых размеров и определение погрешности действительного размера, возникающей при измерении.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскиз детали.
4. Измерить все размеры детали (наружный диаметр, внутренний диаметр, ширину и т.д.) штангенциркулем по методу многократного измерения.
5. Найти среднее значение измеренного размера и внести результат измерений на эскиз.
6. Наружный диаметр детали измерить микрометром по методу многократного измерения, результаты занести в таблицу.
7. Выполнить обработку полученных данных, используя методы математической статистики.
8. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 166–89 «Штангенциркули. Технические условия».
2. ГОСТ 6507–90 «Микрометры. Технические условия».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - СПб.: Лань, 2016. - 352с. [Электронный ресурс] URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что означает понятие «измерение»?
2. Дайте определение понятию «средство измерения».
3. Что означает понятие «точность средства измерения»?

Лабораторная работа № 2 Классификация и маркировка конструкционных материалов

Цель работы:

Познакомиться с материалами, применяемыми в машиностроительной, инструментальной и других отраслях промышленности для изготовления деталей и узлов машин, инструментов и прочих изделий; получить навыки в расшифровке маркировок различных металлов и сплавов на основе железа, меди, алюминия, магния, титана, а также композиционных материалов

Содержание работы

Получение навыков в расшифровке маркировок различных металлов и сплавов на основе железа, меди, алюминия, магния, титана, а также композиционных материалов, применяемых в машиностроении.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.

3. Расшифровать предлагаемые марки материалов в соответствии с вариантом задания.
4. Составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 380–2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества».
2. ГОСТ 1050–88 «Сталь качественная и высококачественная».
3. ГОСТ 801–78 «Сталь подшипниковая».
4. ГОСТ 4543–71 «Прокат из легированной конструкционной стали».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите основные материалы, применяемые в машиностроительной промышленности.
2. Назовите сплавы железа с углеродом.
3. Назовите виды инструментальных материалов

Лабораторная работа № 3 **Получение отливки литьем в песчано-глинистые формы**

Цель работы:

Ознакомление с технологией и оснасткой процесса получения отливки в разовые песчано-глинистые формы

Содержание работы

Разработка технологического процесса получения отливки в разовые песчано-глинистые формы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. В соответствии с выданным вариантом выполнить эскиз детали.
4. По эскизу детали выполнить эскиз литейной модели, в соответствии с принятыми в данной работе допущениями по припускам на изготовление отливки.
5. Используя литейную модель, разработать литейную форму.
6. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 26645–85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку».
2. ГОСТ 18169–86 «Процессы технологические литейного производства. Термины и определения».
3. ГОСТ 17819–84 «Оснастка технологическая литейного производства. Термины и определения».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключается технологический процесс получения отливки в песчано-глинистые формы?
2. Дайте определение понятиям «литейная модель», «литейная форма», «литейный стержень», «модельный комплект».
3. Какова последовательность изготовления литейной формы для получения отливки в песчано-глинистые формы при ручном способе формовки?

Лабораторная работа № 4 **Ручная дуговая сварка**

Цель работы:

Изучение особенностей процесса дуговой сварки, характеристик оборудования и материалов, применяемых для сварочных операций, а также приобретение навыков выбора режимов и условий при получении неразъемных соединений ручной дуговой сваркой плавящимся электродом.

Содержание работы

Получение практических навыков назначения режимов и выполнения операции ручной дуговой сварки плавящимся электродом.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Пройти инструктаж по технике безопасности.
3. Выбрать диаметр электрода и режим сварки в соответствии с выданным заданием по толщине свариваемых металлов.
4. Подготовить сварочный инвертор к работе и установить выбранные режимы.
5. Выполнить практические упражнения по ручной дуговой сварке.
6. Составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 2601–84 «Сварка металлов. Термины и определения основных понятий».
2. ГОСТ 11533–75 «Сварка, пайка и термическая резка металлов».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключается процесс ручной дуговой сварки?
2. Дайте понятие электрической дуги. Какова последовательность ее зажигания?
3. В чем заключается сущность дуговой сварки плавящимся электродом?

Лабораторная работа № 5

Точение. Изготовление деталей на токарном станке

Цель работы:

Изучение особенностей технологического процесса токарной обработки, применяемых инструментов и оборудования, а также получение навыков выбора режимов и настройки оборудования для формообразования поверхностей на токарном станке.

Содержание работы

Освоение методики разработки технологического процесса токарной обработки, а также получение практических навыков выполнения операций на токарном станке.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Пройти инструктаж по технике безопасности.
3. Получить индивидуальное задание.
4. Выполнить эскиз детали.
5. Определить режимы обработки и выбрать инструмент.
6. Подготовить оборудование к работе и установить выбранные режимы.
7. Выполнить обработку детали на токарном станке.
8. Составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 25762–83 «Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключается процесс обработки резанием?
2. Что такое главное движение и движение подачи?
3. Назовите основные виды движения подачи.

Лабораторная работа № 6

Фрезерование. Обработка деталей на фрезерном станке

Цель работы:

Изучение особенностей технологического процесса фрезерования, применяемых инструментов и оборудования, а также получение навыков выбора режимов и настройки оборудования для формообразования поверхностей на фрезерном станке.

Содержание работы

Освоение методики разработки технологического процесса фрезерной обработки, а также получение практических навыков выполнения операций на фрезерном станке.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Пройти инструктаж по технике безопасности.
3. Получить индивидуальное задание.
4. Выполнить эскиз детали.
5. Определить режимы обработки и выбрать инструмент.
6. Подготовить оборудование к работе и установить выбранные режимы.
7. Выполнить обработку детали на фрезерном станке.
8. Составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 25762–83 «Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключается процесс фрезерования?
2. В чем главное отличие фрезерования от точения?
3. В чем заключается метод встречного фрезерования?

Лабораторная работа № 7

Сверление. Обработка деталей на сверлильном станке

Цель работы:

Изучение особенностей технологического процесса сверления, применяемых инструментов и оборудования, а также получение навыков выбора режимов и настройки оборудования для обработки деталей на сверлильном станке.

Содержание работы

Освоение методики разработки технологического процесса обработки отверстий, а также получение практических навыков выполнения операций на сверлильном станке.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Пройти инструктаж по технике безопасности.
3. Получить индивидуальное задание.
4. Выполнить эскиз детали.
5. Определить режимы обработки и выбрать инструмент.
6. Подготовить оборудование к работе и установить выбранные режимы.
7. Выполнить обработку детали на сверлильном станке.
8. Составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 25762–83 «Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятию «сверление».
2. Дайте определение понятию «рассверливание».
3. В чем заключаются главное и вспомогательное движения при сверлении?

Лабораторная работа № 8

Шлифование. Обработка на шлифовальном станке

Цель работы:

Изучение особенностей технологического процесса шлифования, применяемых инструментов и оборудования, а также получение навыков выбора режимов и настройки оборудования для обработки деталей на шлифовальном станке.

Содержание работы

Освоение методики разработки технологического процесса шлифования, а также получение практических навыков выполнения операций на шлифовальном станке.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Пройти инструктаж по технике безопасности.
3. Получить индивидуальное задание.
4. Выполнить эскиз детали.
5. Определить режимы обработки и выбрать инструмент.
6. Подготовить оборудование к работе и установить выбранные режимы.
7. Выполнить обработку детали на шлифовальном станке.
8. Составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ Р 52781–2007 «Круги шлифовальные и заточные».
2. ГОСТ 3647–80 «Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля».
3. ГОСТ 21445–84 «Материалы и инструменты абразивные. Термины и определения».

Основная литература

1. Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624с.
2. Архипов, П. В. Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / П. В. Архипов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков. - Братск: БрГУ, 2016. - 202с.

Дополнительная литература

3. Самойлова, Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум: учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гири. - СПб.: Лань, 2011. - 160 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/book/630>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятию «шлифование».
2. Какие параметры точности и качества достигаются при шлифовании?
3. Перечислите основные виды обработки и операции, выполняемые на шлифовальных станках.

9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата

Учебным планом не предусмотрено.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР, ПЗ</i>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
ЛР	Лаборатория технологии машиностроения	Учебная мебель; Токарно-винторезный станок 1К62 Горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г Вертикально-сверлильный станок 2Н135 Плоскошлифовальный станок 3Е711В	ЛР № 1...3 ЛР № 5...8
ЛР	Лаборатория сварочных технологий	Учебная мебель; Сварочный инвертор Ресанта 250 Проф Сварочный полуавтомат Феникс	ЛР № 4
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	1. Конструкционные материалы в машиностроении. 2. Структура технологического процесса изготовления деталей. 3. Технологии получения заготовок и основы сборки.	1.1. Классификация конструкционных материалов. 1.2. Основные свойства конструкционных материалов. 1.3. Маркировка конструкционных материалов. 2.1. Общая характеристика деталей. 2.2. Содержание и последовательность этапов изготовления деталей. 2.3. Классификация заготовок и способов их получения. 3.1. Получение заготовок литьем. 3.2. Получение сварных заготовок. 3.3. Основы технологии сборки.	Экзаменационный билет
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа			

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	1. Классификация конструкционных материалов. 2. Основные свойства конструкционных материалов. 3. Маркировка конструкционных материалов. 4. Общая характеристика деталей. 5. Содержание и последовательность этапов изготовления деталей. 6. Классификация заготовок и способов их получения. 7. Получение заготовок литьем. 8. Получение сварных заготовок. 9. Основы технологии сборки.	1. Конструкционные материалы в машиностроении. 2. Структура технологического процесса изготовления деталей. 3. Технологии получения заготовок и основы сборки.
2.	ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа		

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать: ОПК-1 - основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества; ОПК-4 - проблемы, связанные с машиностроительными производствами;</p> <p>Уметь: ОПК-1 - разрабатывать процессы изготовления машиностроительных изделий требуемого качества; ОПК-4 - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами;</p> <p>Владеть: ОПК-1 - навыками изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда. ОПК-4 - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения.</p>	отлично	<ul style="list-style-type: none"> - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	хорошо	<ul style="list-style-type: none"> - даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы; - твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на полученные знания; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - владеет системой основных понятий дисциплины.
	удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> - даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без достаточного обоснования; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении полученных знаний; - слабо аргументирует научные положения; - частично владеет системой основных понятий дисциплины.
	не удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> - допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Технологические процессы в машиностроении» направлена на освоение основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, а также проблем, связанных с машиностроительными производствами. Процесс прохождения дисциплины включает изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области разработки процессов изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда, а также выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

Изучение дисциплины «Технологические процессы в машиностроении» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Конструкционные материалы в машиностроении» студенты должны уяснить классификацию, основные свойства и маркировку конструкционных материалов.

В ходе освоения раздела 2 «Структура технологического процесса изготовления деталей» студенты должны раскрыть возможности, содержание и последовательность этапов изготовления деталей, а также знать классификацию заготовок и способы их получения.

В ходе освоения раздела 3 «Технологии получения заготовок и основы сборки» студенты должны ознакомиться с технологическими процессами получения заготовок методом литья и сварки, а также уяснить основы технологии сборки.

Необходимо овладеть умениями разрабатывать процессы изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, а также обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами. Получить навыки изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда, а также выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется обратить внимание на особенности технологических процессов получения, обработки и сборки изделий, основанных на использовании современного оборудования с числовым программным управлением.

Овладение ключевыми понятиями является необходимым для корректного оперирования общепринятыми терминами при подготовке выпускной квалификационной работы.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить вопросам назначения, классификации и основным свойствам конструкционных материалов, возможностям, содержанию и последовательности этапов изготовления деталей, а также способам их получения и обработки.

При проведении лабораторных работ происходит закрепление знаний об основных закономерностях, действующих в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, а также проблемах, связанных с машиностроительными производствами. Навыков изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда и выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с предложенной основной и дополнительной литературой для последующего рассмотрения вопросов, связанных с технологиями получения и изготовления изделий в машиностроении.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной, активной, инновационной формах с дискуссией, в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Технологические процессы в машиностроении

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование знаний и навыков выбора и применения технологических методов получения деталей машин из различных конструкционных материалов, а также способов их обработки, обеспечивающих высокое качество готовых изделий, экономию материалов и высокую производительность.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, а также проблем, связанных с машиностроительными производствами;
- формирование навыков и умений разработки процессов изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, решения проблем, связанных с машиностроительными производствами;
- решение задач, связанных с разработкой процессов изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда и выбор на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемого решения.

2. Структура дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 17 часов; лабораторные работы – 51 час; самостоятельная работа – 76 часов.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Конструкционные материалы в машиностроении.
2. Структура технологического процесса изготовления деталей.
3. Технологии получения заготовок и основы сборки.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;

ОПК-4 – способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

4. Вид промежуточной аттестации: Экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	1. Конструкционные материалы в машиностроении. 2. Структура технологического процесса изготовления деталей.	1.1. Классификация конструкционных материалов. 1.2. Основные свойства конструкционных материалов. 1.3. Маркировка конструкционных материалов. 2.1. Общая характеристика деталей. 2.2. Содержание и последовательность этапов изготовления деталей. 2.3. Классификация заготовок и способов их получения.	Отчет по ЛР № 1...8
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	3. Технологии получения заготовок и основы сборки.	3.1. Получение заготовок литьем. 3.2. Получение сварных заготовок. 3.3. Основы технологии сборки.	

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать <i>ОПК-1</i> - основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества; <i>ОПК-4</i> - проблемы, связанные с машиностроительными производствами;</p> <p>Уметь <i>ОПК-1</i> - разрабатывать процессы изготовления машиностроительных изделий требуемого качества; <i>ОПК-4</i> - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами;</p> <p>Владеть <i>ОПК-1</i> - навыками изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда. <i>ОПК-4</i> - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения.</p>	зачтено	<ul style="list-style-type: none"> - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	не зачтено	<ul style="list-style-type: none"> - допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» октября 2016 г. № 684,

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125,

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130.

Программу составил:

Архипов П.В., доцент кафедры МиТ, канд. техн. наук. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиТ от «11» декабря 2018 г., протокол № 6

И.о. заведующего кафедрой МиТ _____ Е.А. Слепенко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой МиТ _____ Е.А. Слепенко

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета МФ от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета МФ _____ Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____