

**МПС РОССИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**29/21/1**

Одобрено кафедрой  
«Железнодорожный путь,  
машины и оборудование»

Утверждено деканом  
факультета  
«Транспортные сооружения  
и здания»

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ  
И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ**

Рабочая программа  
и задание на контрольную работу  
с методическими указаниями  
для студентов IV курса  
специальности

**330100 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ТЕХНОСФЕРЕ (БЖТ)**



Москва - 2003

**Рецензент — канд. техн. наук, проф. В.С. СОКОЛОВ**

© **Российский государственный открытый технический университет  
путей сообщения Министерства путей сообщения Российской  
Федерации, 2003**

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

## 1. Цель и задачи дисциплины

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» (БЖД) состоит из двух основных разделов: материаловедения, изучающего строение и свойства материалов и технологии материалов, изучающей способы обработки материалов для получения заготовок (литье,ковка, штамповка обработка резания и др.), для получения готовой продукции (деталей, узлов, механизмов, машин).

**Цель изучения дисциплины** – дать студентам необходимые знания в области теории строения материалов, свойств материалов и обработки их различными способами.

**Задачи изучения дисциплины** – научить студентов правильно выбирать материалы для деталей машин, на основе знания теории строения материалов создавать новые более совершенные конструкционные материалы, применяя экологически чистые технологии. Используя знания теории обработки материалов и современного оборудования, научить студентов самостоятельно разрабатывать технологические процессы получения заготовок деталей подвижного состава железных дорог, машин и механизмов, применяемых на железнодорожном транспорте; разрабатывать технологические процессы обработки деталей, сборки и ремонта машин и механизмов, создавать новые перспективные технологии обработки деталей машин для повышения надежной работы железнодорожного транспорта.

В процессе изучения дисциплины предусмотрены лекции, лабораторные занятия, контрольная работа и зачет. Особое место отводится самостоятельной работе студентов с рекомендованной литературой.

## **2. Содержание дисциплины**

### **2.1. Введение**

### **2.2. Материаловедение**

2.2.1. Материалы, применяемые в железнодорожном транспорте. Кристаллическое строение металлов, кристаллические решетки. Кристаллизация. Превращения в твердом состоянии, аллотропия. Строение сплавов. [7.1, с. 7; 3, ст. 7].

2.2.2. Диаграмма состояния железо-цементит и ее практическое значение. Стали и чугуны: классификация и маркировка. [7.1, с. 72; 3, с. 120].

Легированные стали. Инструментальные стали и сплавы.

2.2.3. Термическая и химико-термическая обработка [7.1, с. 97; 7.3, с. 252].

2.2.4. Цветные металлы и сплавы: алюминий, медь, титан и сплавы на их основе. Полимерные материалы. [7.1, с. 176; 7.3, с. 378, 434].

### **2.3. Технология конструкционных материалов**

2.3.1. Основы металлургического производства. Производство чугуна и стали. Металлургия меди, алюминия, основы порошковой металлургии. Напыление металлов. [7.1, с. 270; 7.4, с. 22].

2.3.2. Способы производства заготовок методом литья. Формовочная смесь, модели, литейные формы. Технология получения отливок. [7.1, с. 316; 7.4, с. 42]

2.3.3. Производство заготовок пластическим деформированием. Горячая и холодная штамповка, ковка, волочение, прокатка, прессование. [7.1, с. 390; 7.4, с. 56].

2.3.4. Производство неразъемных соединений. Электрические виды сварки. Свариваемость, структура сварного



соединения. Электроды для сварки. Припой и клеи. Технология пайки и склеивания. [7.1, с. 445].

2.3.5. Технология получения деталей и заготовок из композиционных материалов. Физико-технологические основы получения композиционных материалов. Изготовление резиновых деталей и полуфабрикатов. [7.1, с. 251; 7.7, с. 782].

2.3.6. Формообразование поверхностей деталей резанием. Основные способы обработки деталей резанием: точение, сверление, фрезерование, шлифование, строгание. Геометрия режущего инструмента и режимы резания. Кинематические схемы металлорежущих станков. [7.1, с. 557; 7.4, с. 420].

2.3.7. Электрофизические и электрохимические методы обработки поверхности заготовок. [7.1, с. 597; 7.4, с. 420].

### **3. Виды работ с распределением времени**

Курс — IV.

Всего часов — 102.

Лекционные занятия — 8 ч.

Лабораторные занятия — 4 ч.

Контрольные работы (количество) — 1.

Самостоятельная работа — 75 ч.

Зачет с оценкой.

### **4. Перечень тем лекционных занятий**

4.1. Строение металлов и сплавов. Диаграмма Fe—C. Стали и чугуны. — 2 ч.

4.2. Термическая обработка. Цветные металлы и сплавы, пластические массы. — 2 ч.

4.3. Технология изготовления деталей сваркой. — 2 ч.

4.4. Производство заготовок способом литья и пластического деформирования. — 2 ч.

4.5. Обработка металлов резанием. — 2 ч.

## 5. Перечень лабораторных занятий

- 5.1. Микроструктура стали и чугунов. — 2 ч.
- 5.2. Определение твердости металлов. — 2 ч.
- 5.3. Определение механических свойств металлов. — 2 ч.
- 5.4. Влияние термической обработки на микроструктуру и свойства стали. — 2 ч.
- 5.5. Определение параметров режима ручной электродуговой сварки стали. — 2 ч.
- 5.6. Определение элементов режима резания при обработке на станках. — 2 ч.

## 6. Контрольная работа

Технологические задачи по определению режима термической обработки и режимов резания стали. — 15 ч.

## 7. Рекомендуемая литература

### Обязательная

- 7.1. Фетисов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для вузов. — М.: Высшая школа, 2000. — 628 с.
- 7.2. Жадан В.Г. и др. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для вузов. — М.: Металлургия, 1994. — 624 с.
- 7.3. Лахитин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учеб. для вузов. — М.: Машиностроение, 1990. — 528 с.
- 7.4. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов: Учеб. для вузов. — М.: Машиностроение, 1993. — 448 с.
- 7.5. Зарембо Е.Г. Материаловедение. Превращение в структуре стали и ее свойства: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 1995. — 48 с.

## Дополнительная

7.6. Справочник технолога машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерикова/. — М.: Машиностроение, 1986.

7.7. Кнорозов Б.В. и др. Технология металлов и металловедение. — М.: Металлургия, 1987. — 800 с.

7.8. Травин О.В. и др. Материаловедение. — М.: Металлургия, 1989. — 192 с.

7.9. Зарембо Е.Г., Барышников Ю.Ю. Основы технологии производства электрического транспорта. Задания на контрольные работы № 1 и 2 с методическими указаниями. — М.: РГОТУПС, 1999. — 39 с.

## 8. Методические указания к изучению дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов»

8.1. Материаловедение. При изучении этого раздела необходимо четко представлять, что свойства металлов определяются их структурой (впервые это отметил Д.К. Чернов). Из большого разнообразия материалов необходимо выделить металлы как особый класс материалов — кристаллические тела. Уяснить принципиальную разницу между кристаллическими и аморфными телами. Понять суть кристаллического строения металлов и формы кристаллических решеток. Уяснить основные свойства тел, имеющих кристаллическое строение: анизотропия, аллотропическое превращение и их практическое значение.

Рассматривая кристаллическое строение металлов, необходимо обратить внимание на несовершенство строений кристаллических решеток, вызванное неправильным расположением атомов в пространстве в отдельных частях реальных кристаллов. Различные несовершенства строения решетки: дислокации, вакансии, включения чужеродных атомов примесей (точечные нарушения), а также их переме-

щения, скопления — в значительной мере определяют уровень прочности металла. Это влияние не однозначно, а именно: при некоторой концентрации несовершенств прочность минимальна. Уменьшая количество несовершенств, можно добиться приближения к идеальному строению кристалла и соответственно к теоретической максимальной прочности. Путем тонкой очистки металла от примесей способами химического разложения, электрошлакового переплава, зонной плавки, вакуумирования, путем сокращения числа дислокаций и вакансий удалось добиться прочности кристаллов железа до  $\sigma_v = 1500$  МПа. Повышения прочности можно добиться и увеличением количества несовершенств, применяя наклеп, закалку, легирование.

Знание физической сущности механических свойств материалов и сплавов и их числовых значений, а также методов их определения исключительно важно для инженера. Студентам следует понять явление усталости металлов, поскольку оно является одной из основных причин выхода из строя осей, рельсов, пружин, рам тележек и др.

Рассматривая процесс кристаллизации металлов, необходимо разобраться в физическом смысле температурных остановок (горизонтальных площадок на кривых нагрева и охлаждения) и дать определение физической сущности этих процессов. Рассмотреть вопросы фазовых превращений, процесса кристаллизации (образования центров кристаллизации). Разобраться в причинах образования дендритной структуры, как следствия неравномерного роста кристаллов в разных направлениях, зависящих от условий охлаждения (отвода тепла).

Одним из главных этапов в понимании процесса образования сплавов, является уяснение физической сущности взаимодействия компонентов в твердом состоянии, что определяет структуру и свойства сплава. Необходимо четко представлять: твердый раствор одного компонента в другом, что определяет свойства такого взаимодействия; химическое соединение; механическую смесь.

Зная механические свойства отдельных фаз и структур-

ных составляющих сплава, например, большую пластичность чистых металлов и повышенную хрупкость механических смесей и, особенно, химических соединений, можно предопределить поведение сплава в том или ином состоянии. Нужно уметь анализировать диаграмму состояний, пользуясь правилом фаз и правилом отрезков. При этом необходимо уметь определять процентное соотношение фаз и структурных составляющих для данного состояния сплава (температура, химический состав). Важно ответить на вопрос о разнице между эвтектическим и эвтектоидным превращениями.

Следует также четко определить условия образования неоднородности химического состава сплава (ликвации) в пределах слитка и одного кристаллита, уяснить практическое значение этого явления.

Изучение диаграммы состояний железо-цементит (железо-углерод) дает возможность разобраться в составе, строении и условиях образования различных фаз и структурных составляющих, в различии строения стали и чугуна. Необходимо четко представлять влияние углерода и постоянных примесей Si и Mn на свойства сталей, в чем состоит вредное влияние S и P (явление ликвации), определяющих явления красноломкости и хладноломкости. В связи с этим понять классификацию сталей по качеству в зависимости от содержания вредных примесей. Знать маркировку сталей и чугунов в соответствии с ГОСТами.

Изучая маркировку сталей, необходимо помнить, что в зависимости от способа раскисления может быть получена сталь различного качества. Она соответственно обозначается: сп -- спокойная, пс -- полуспокойная, кп -- кипящая.

Химический состав и механические свойства сталей определяют по ГОСТам, например, для углеродистых сталей обыкновенного качества — по ГОСТ 380-88, для качественных углеродистых сталей — по ГОСТ 1050-88, для углеродистых инструментальных сталей — по ГОСТ 1435-86, для легированных сталей — по ГОСТ 19281-89, 14959-73, 4543-71 и др.

В ответах на вопросы, касающиеся марок сплавов, необходимо, на основании ГОСТов, указать принципы их классификации и привести необходимые примеры.

При изучении процесса графитизации важно уяснить, каково влияние формы графита на механические и эксплуатационные свойства чугуна, каково влияние Si, Mn, S, P и модифицирующих элементов на процесс графитизации и форму графита.

Серые чугуны по ГОСТ 1412-85 маркируются так: СЧ 25, где СЧ — серый чугун, 25 — предел прочности  $\sigma_b$  при растяжении (250 МПа). Известно, что  $4\sigma_b = 2\sigma_{изг} = \sigma_{сж}$  т.е. чугун работает лучше при сжатии. Ковкие чугуны (ГОСТ 1215-86) маркируются иначе: КЧ 45-7, где КЧ — ковкий чугун, 45 — предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  (450 МПа), 7 — относительное удлинение  $\delta$ , в процентах. Высокопрочные чугуны (ГОСТ 7293-85) ВЧ 80, где 80 —  $\sigma_b$  (800 МПа).

Необходимо уяснить влияние углерода и легирующих элементов на изменение прочностных, деформационных и физических свойств сталей. Обратить внимание, что изменение механических характеристик можно достигать не только изменяя процентное содержание углерода и других примесей, но и с помощью холодной пластической деформации. Необходимо понять связь между скоростью нагружения, температурой, пластической деформацией, механическими характеристиками и характером разрушения. Рассмотреть влияние рекристаллизационных процессов.

Термическая обработка — один из главных способов влияния на строение, а следовательно, и на свойства сплавов. Вопросы термической обработки стали и чугуна можно понять, лишь зная структурные превращения, происходящие при нагреве и охлаждении железоуглеродистых сплавов с различным содержанием углерода.

Необходимо знать, какие превращения претерпевают феррит, перлит и ледебурит при нагреве и какое влияние оказывает скорость охлаждения на превращение аустенита. Вопросы охлаждения аустенита лучше разобрать, используя диаграмму изотермического распада аустенита и на ее

основе уяснить, при какой скорости охлаждения образуются перлит, сорбит, тростит и мартенсит, что называется критической скоростью закалки, в чем различие между мартенситом и приведенными выше структурами.

Следует иметь в виду, что чем ниже содержание углерода в стали, тем больше критическая скорость закалки, вследствие чего низкоуглеродистые стали (менее 0,3% С) в практических условиях не принимают закалку на мартенсит.

Нужно усвоить, что при образовании мартенсита кристаллическая решетка перестраивается из гранцентрированной в объемно-центрированную, но вследствие того, что углерод не успевает выделиться, а остается в пересыщенном твердом растворе в объемно-центрированной решетке, она искажается и приобретает тетрагональность.

Процесс образования мартенсита бездиффузионный, поскольку низкая температура процесса препятствует диффузии углерода из ферритных зерен. Образование мартенсита происходит между температурами начала  $M_n$  и конца  $M_k$  мартенситного превращения тем полнее, чем ниже температура в этом интервале. Интервал мартенситного превращения при увеличении содержания углерода смещается в область более низких температур. Часть аустенита, находясь между образовавшимися пластинами мартенсита в состоянии всестороннего сжатия, не превращается в мартенсит. Этот остаточный аустенит снижает твердость стали. Поэтому для уменьшения количества остаточного аустенита некоторые стали необходимо охлаждать до отрицательных температур. Такая обработка называется обработкой холодом. Иногда ее проводят дополнительно, сразу после закалки. Необходимо разобраться в структурных превращениях, происходящих при отпуске стали, а также проследить за изменением свойств закаленной стали в результате низкого, среднего и высокого отпуска. Важно понять, почему уменьшается искаженность (тетрагональность) мартенсита, какие условия необходимы для перехода остаточного аустенита в мартенсит и для его распада на феррито-цементитную смесь.

Под улучшением стали понимают закалку на мартенсит с последующем высоким отпуском. Следует усвоить, какие стали подвергают улучшению.

При рассмотрении вопросов термической обработки чугуна нужно изучить процесс графитизирующего отжига, который применяется для получения ковкого чугуна. Необходимо ознакомиться с превращениями в структуре и изменениями свойств при термической обработке деталей из углеродистых и легированных сталей.

Поверхностная прочность деталей может быть повышена непосредственно термической обработкой, химико-термической обработкой и методами пластической деформации поверхности. Важно уяснить, какие стали относятся к улучшаемым, а какие — к цементируемым, а следовательно, какому способу упрочнения можно подвергнуть деталь, изготовленную из той или иной марки стали.

При изучении различных способов поверхностной закалки особое внимание нужно уделить высокочастотной закалке. Изучение различных видов химико-термической обработки надлежит начать с цементации в твердой, газовой и жидкой средах (карбюризаторах). После этого легче понять и другие процессы, так как принцип всех видов химико-термической обработки один и тот же: получение насыщающего вещества в атомарной форме, захват этих атомов поверхностью металла и диффузия их внутрь металла. Необходимо уяснить назначение отдельных процессов и свойства, усталостную прочность, коррозии-устойчивость.

Рассматривая влияние легирующих элементов на структуру и свойства сталей, необходимо изучить особенности вновь появляющихся фаз: легированного феррита, легированного аустенита и специальных карбидов. Нужно иметь в виду, что принципы термической обработки для легированных сталей остаются неизменными, однако положение критических точек меняется и соответственно меняются структуры стали в равновесном состоянии, критическая скорость закалки, глубина прокаливаемости. Изменяются необходимые температуры нагрева для различных видов термичес-



кой обработки. Надо помнить, что различные легирующие элементы и разная степень легирования придают сталям различную структуру и свойства.

Необходимо ознакомиться с литыми и порошковыми твердыми сплавами как для наплавки изнашивающихся деталей машин, так и для режущего инструмента. Особое внимание нужно обратить на красностойкость и твердость этих сплавов.

Изучить материалы, применяемые в электротехнике: медь, алюминий, пластмассы, резину. Обратить внимание, что в электротехнике применяются «чистые» металлы (без примесей) медь, алюминий. Чем меньше в них примесей, тем лучше их электрические свойства. По ГОСТ 859-78 медь маркируется М00, М0, М1, М2, М3 в зависимости от содержания вредных примесей. Уяснить, что для изменения физико-механических характеристик в медь добавляются легирующие элементы. Если основным легирующим элементом является цинк, то сплавы называют латунями (ГОСТ 15527-89 и 17711-80). Маркировка ЛЦ30АЗЖ5, где Л — латунь, Ц — цинк (30%), А — алюминий (3%), Ж — железо (5%), остальное медь.

Вторым основным сплавом на основе меди являются бронзы (ГОСТ 5017-87 и 613-79). Это сплавы на основе меди, где цинк не является основным легирующим элементом. Маркировка БрОБЦБС3, где Бр — бронза, О, Ц, С — олово, цинк, свинец, а цифры — их процентное содержание, остальное медь.

Чистый алюминий маркируется А0, А1, А2, А5 (цифра показывает процентное содержание примесей). В зависимости от содержания легирующих элементов и состояния алюминиевые сплавы подразделяются: деформируемые (ГОСТ 4784-74) — АМц (с марганцем), АМг2 (марганец, магний 2%), Д16 (марганец, магний, медь); высокопрочные В95 (то же и хром, цинк), ковочные АК6 (то же и кремний); литейные (ГОСТ 2685-75) — АЛ2 — силумины, АЛ19 (с медью, титаном) и др.

Дополнительная маркировка алюминиевых сплавов.

ТН — закаленный, естественно состаренный и нагартованный; ТНН — закаленный, нагартованный и искусственно состаренный; ТПП — закаленный и естественно состаренный, повышенной прочности; ГК — горячекатаный (листы, плиты); А — нормальная плакировка; У — утолщенная плакировка (8% на сторону).

Особое внимание необходимо обратить на теорию старения деформируемых алюминиевых сплавов, изучив превращения в структуре и изменения свойств при термической обработке — закалке и последующем искусственном старении. [7.1, с.180]

Среди неметаллических материалов очень важны синтетические полимерные материалы. К ним относятся различные пластмассы, пленки, волокна, резины, клеи и лакокрасочные материалы. При изучении их структуры необходимо обратить внимание на форму элементарных звеньев и расположение химических связей и звеньев молекул.

Важно четко представлять, что полимер — химическое вещество специфического строения, а полимерный материал — технический продукт, изготовленный из полимера или на его основе.

Важно уметь оценивать эксплуатационные свойства пластмасс, так как в ряде случаев они с успехом заменяют другие, в том числе металлические материалы, а часто являются и незаменимыми. Стекловолокнистый анизотропный материал (СВАМ), например, превышает по удельной прочности сталь, титан и дюралюминий; политетрафторэтилен (фторопласт, или тефлон) обладает высокими диэлектрическими свойствами, а ретинакс — высокими фрикционными свойствами и т.д.

## **8.1. Технология конструкционных материалов**

При изучении этого раздела необходимо уяснить, что технология — это метод (способ) получения конструкционного материала и дальнейшее превращение его в готовую

продукцию методом литья,ковки,штамповки,сварки,ковки,обработки резанием и т.д.

Основным методом получения металлов является процесс восстановления их из руд.

**Производство чугуна.** Исходные материалы для доменной плавки. Подготовка руд к плавке. Основные физико-химические процессы получения чугуна в современных доменных печах. Продукция доменного производства Процесс прямого (вне доменного) получения железа из руд. [7.1, с. 480; 6, с. 492].

**Производство стали.** Исходные материалы для плавки стали. Основные физико-химические процессы получения стали. Производство стали в основных мартеновских печах, кислородных конверторах и дуговых печах. Способы разливки стали в изложницы. Строение слитков. Непрерывная разливка стали.

Способы повышения качества стали: обработка ее синтетическими шлаками в ковше, вакуумирование жидкой стали, электрошлаковый и вакуумно-дуговой переплавы. Сравнительная оценка способов повышения качества стали. [7.2, с. 508; 7.1, с. 516].

**Производство цветных металлов.** Производство меди, алюминия. Способы плавки и рафинирования цветных металлов и сплавов.

**Порошковая металлургия.** Виды и свойства металлических и металлокерамических порошковых материалов. Методы получения порошков и изготовление из них полуфабрикатов и изделий. Продукция и технико-экономические характеристики порошковой металлургии.

Основными способами получения заготовок являются литье и обработка давлением (в горячем и холодном состоянии). При получении заготовок методом литья необходимо уяснить физические способы получения отливок, влияние структуры отливок на их свойства. [7.7, с. 317; 7.4, с. 180]. Рассмотреть способы изготовления отливок. Изготовление отливок, литьем в песчаные формы. Сущность способа. Формовочные и стержневые смеси, литниковая система.

Сборка и заливка форм. Выбивка отливок и стержней из отливок. Очистка поверхности. Изготовление отливок литьем в оболочковые формы, литьем по выплавляемым моделям, литьем в кокиль, литьем под давлением, центробежным литьем. Сущность способов их достоинства и недостатки.

Особенности изготовления отливок из стали, медных, алюминиевых, магниевых и тугоплавких сплавов. Плавка сплавов и подготовка их к заливке. Особенности изготовления отливок различными способами литья. Области применения отливок из стали, медных, алюминиевых и тугоплавких сплавов. [7.7, с. 333; 7.4, с. 201].

Технологичность конструкции литых деталей. Особенности конструирования литых деталей с учетом литейных свойств сплавов (жидкотекучести, усадки), уровня напряжений в отливке, направленности затвердевания отливки, технологии изготовления литейных форм (выбора размера литейных форм, конструктивных уклонов, крепления литейных стержней в литейной форме, удобства извлечения модели из литейной формы и стержней из отливки) при литье в песчаные формы и специальными способами литья из различных сплавов. [7.7, с. 340; 7.4, с. 217].

Производство и применение фасонного литья в локомотивостроении, вагоностроении, строительном и дорожном машиностроении. Характеристика чугунного, стального и не железного литья, применяемого для деталей подвижного состава строительных и дорожных машин.

Технология производства, технологические требования и контроль качества отливок, применяемых для деталей локомотивов (гильзы, поршни, колесные центры и др.), вагонов (корпуса автосцепки, поглощающие аппараты, боковины тележки, надрессорные балки, корпуса букс и др.), строительных и дорожных машин (детали тормозных, опорных, поворотных устройств экскаваторов). [7.7, с. 350; 7.4, с. 230].

Техника безопасности и охрана окружающей среды в литейном производстве. [7.7, с. 352; 7.4, с. 234].

При рассмотрении технологий обработки металлов давлением необходимо рассмотреть физические основы обработки металлов давлением. Степень пластической деформации и сопротивление деформированию. Ковкость, штампуемость. Влияние химического состава, температуры, скорости деформации на пластичность металла и его сопротивление деформированию. Роль отечественных ученых в развитии теории и практики обработки давлением. Классификация видов обработки металлов давлением, области и объем их применения. [7.1, с. 390].

Получение профилей. Определение понятий профиля и сортамента. Значение экономических профилей, тенденции расширения сортамента профилей. Способы получения профилей.

Прокатка. Сущность процесса прокатки. Продукция прокатного производства. Разновидность листового проката, сортового проката, проката труб. Прессование. Сущность процесса, волочение, производство гнутых профилей. Сущность процессов.

Способы получения поковок.

Ковка. Сущность процесса ковки, исходные заготовки. Операции ковки и применяемый инструмент. Особенности деформирования металла в операциях ковки. Последовательность операций при ковке поковок типа ступенчатого вала, кольца.

Горячая объемная штамповка. Сущность процесса горячей объемной штамповки, применяемые заготовки. Разновидности горячей объемной штамповки. Штамповка в открытых штампах. Штамповка в закрытых штампах. Прогрессивные малоотходные способы объемной штамповки: выдавливанием, штамповкой в разъемных матрицах, поперечно-клиновой вальцовкой, ротационным обжатием.

Основные этапы технологического процесса горячей объемной штамповки. Исходные заготовки и требования к ним. Способы получения фасонных заготовок. Многооручевая штамповка.

Изготовление деталей холодной объемной штамповкой.

Сущность и схемы холодного выдавливания, высадки и объемной формовки. Типы деталей, получаемых различными способами холодной объемной штамповки, требования к их конструкции. Области применения холодной объемной штамповки.

Листовая штамповка. Сущность листовой штамповки.

Области применения способов обработки металла давлением профилей на железнодорожном транспорте. Изготовление заготовок для деталей подвижного состава, строительных и дорожных машин методом объемной штамповки (зубчатые колеса, клапаны, валики, втулки и др.).

Вопросы техники безопасности и охраны окружающей среды при применении способов обработки давлением. [7.1, с. 432].

Одним из важных технологических приемов снижения металлоемкости готовых конструкций, снижения потерь металла и повышения производительности в машиностроении является сварка. Самый распространенный способ — электросварка — великое русское изобретение. Необходимо рассмотреть классификацию способ сварки. Электрические виды сварки.

Термический класс сварки. Дуговая сварка. Сущность процесса. Электрические и тепловые свойства дуги. Статическая характеристика дуги. Источники сварочного тока, требования к источникам тока и их внешние характеристики. Источники постоянного и переменного тока. [7.2, с. 312].

Ручная дуговая сварка. Электроды для ручной дуговой сварки. Сварочная проволока. Назначение и состав покрытия электрода. Классификация электродов по назначению и типу покрытия. Основные металлургические процессы в сварочной ванне. Защита, раскисление и легирование металла сварочной ванны. Особенности кристаллизации сварного шва.

Особенности сварки различных материалов и сплавов. Свариваемость сталей, цветных и тугоплавких металлов и сплавов. Причины пониженной свариваемости. Процесс образования сварочных деформаций и напряжений. Образование горячих и холодных трещин.

Особенности сварки конструкционных углеродистых и легированных сталей. Образование закалочных структур и опасность возникновения холодных трещин. Рекомендуемые способы и режимы сварки.

Автоматическая сварка под флюсом. Сущность процесса.

Сварка в защитных газах. Сущность процесса и его разновидности: сварка неплавящимся и плавящимся электродами.

Ручная полуавтоматическая и автоматическая сварка.

Газовая сварка. Сущность процесса. Газы, применяемые при сварке. Характеристики газового напыления. Область применения газовой сварки.

Электрошлаковая сварка. Сущность и схема процесса. Особенности шлаковой ванны как распределенного источника теплоты. Разновидность способа.

Термомеханический класс сварки. Электрическая контактная сварка. Сущность процесса. Способы контактной электрической сварки: стыковая сопротивлением и оплавлением, точечная, шовная и рельефная. Принципиальное устройство машин для контактной электрической сварки. [7.2, с. 332].

Нанесение износостойких и жаростойких покрытий со специальными свойствами. Наплавка: дуговая, электрошлаковая, токами высокой частоты, плазменная и лазерная. Дуговая металлизация. Плазменное напыление покрытий. Контактнo-дуговое упрочнение деталей.

Пайка металлов. Виды пайки. Легкоплавкие и тугоплавкие припои. Особенности пайки сталей, медных, никелевых, алюминиевых и магниевых сплавов.

Формообразование поверхностей деталей резанием, электрофизическими и электрохимическими методами. При изучении этого раздела необходимо рассмотреть современные технологические методы формообразования деталей машин, классификацию технологических методов обработки заготовок. Особое внимание уделять механизму процесса резания, включающему: схему обработки, движению при резании, поверхностям на обрабатываемой детали. Рассмотреть

резец как основной инструмент при резании (его части и элементы). Материалы, применяемые для изготовления резцов и других режущих инструментов. К таким материалам относятся инструментальные стали, маркируемые У7...У13 ГОСТ 1435-90, быстрорежущие стали Р9, Р18 (ГОСТ 19265-73), твердые сплавы ВК (ВК8, ВК9 и др.), ТК (Т5К6, Т15К6, Т30К4 и др.) ГОСТ 3882-74, легированные инструментальные стали (9ХС, ХВТ и др.).

Процесс резания сопровождается стружкообразованием. В месте контакта лезвия режущего инструмента с деталью образуется нарост и наклеп, что приводит к изменению геометрии режущего инструмента. Рассмотреть физическую сущность этого процесса. Силы резания, вибрации и способы борьбы с ними. Влияние тепла, выделяемого при реакции на процесс формообразования поверхности деталей машин. Охлаждающие жидкости. [7.1, с.561, с.570].

Влияние физико-механических характеристик материалов заготовок и инструментов на физику процесса резания. Понятие об обрабатываемости материалов. [7.1, с.592].

Инструмент для формообразования поверхностей деталей машин. Кинематика и физика процессов обработки — основа проектирования инструментов. Конструктивные схемы инструментов по принципу воспроизведения образующих геометрических форм поверхностей обрабатываемых заготовок. Инструменты для воздействия на материал заготовки различными видами энергии. [7.1, с.577].

Влияние технологических методов обработки на конструктивные формы оборудования. Принципы построения конструктивных форм оборудования. Кинематика процесса формообразования поверхностей — основа проектирования оборудования. Принципиальные конструктивные формы оборудования. Классификация движений узлов металлорежущих станков. Конструирование основных узлов оборудования как результат воплощения процесса формообразования. Требования к оборудованию в зависимости от типа производства и параметров обрабатываемых заготовок деталей машин. [7.1, с. 538; 7.6, с. 215].



Станки токарной группы. Технологические методы формообразования поверхностей деталей машин резанием с использованием лезвийного инструмента. Технологические возможности метода обработки заготовок точением. Назначение метода и принципы формообразования поверхностей деталей машин на станках токарной группы. Схема обработки заготовок и физико-механические особенности процессов резания. Характеристика метода по применяемому режущему инструменту и оборудованию. Формирование показателей качества поверхностей тел вращения и управление ими при обработке точением. Элементы геометрии и технологии изготовления токарных резцов.

Станки сверлильной группы. Технологические методы обработки отверстий. Технологические возможности методов обработки отверстий сверлением, растачиванием, протягиванием и зенкерованием. Особенности конструкций протяжек и протяжных станков. Схема обработки заготовок и особенности кинематики и физики резания при обработке отверстий. Особенности формообразования отверстий при растачивании. Применяемый режущий инструмент и оборудование. Сравнительная характеристика методов обработки отверстий (обеспечение точности формы и размеров отверстий, качество поверхности, производительность и т.п.).

Станки строгальные и долбежные. Процессы строгания и долбления плоских поверхностей. Особенности конструкций строгальных и долбежных резцов и применяемых металло-режущих станков.

Фрезерные станки. Технологические возможности метода обработки заготовок фрезерованием. Назначение метода и обеспечение кинематики и физики процесса резания при использовании многолезвийного инструмента. Применяемый инструмент. Схема обработки. Особенности обработки фасонных поверхностей при фрезеровании. Принципиальные схемы конструкций станков фрезерной группы. Управление показателями качества поверхностей деталей машин при фрезеровании.

Зубообрабатывающие станки. Технологические методы нарезания зубьев зубчатых колес. Зубчатые передачи в современном машино- и приборостроении. Способы профилирования зубчатых поверхностей и технологические методы их обработки. Типы станков и применяемый режущий инструмент. Влияние технологических методов на качественные характеристики зубчатых колес. Делительная головка.

Технологические методы обработки поверхностей с учетом конструктивных особенностей деталей машин. Технологические методы обработки плоских поверхностей корпусных деталей и станин. Особенности методов формообразования глубоких отверстий сверлением. Протягивание наружных поверхностей. Специальные технологические методы обработки деталей. [7.6, с. 228].

Шлифовальные станки. Технологические методы формообразования поверхностей деталей машин с использованием абразивного инструмента. Технологические возможности метода обработки поверхностей шлифованием. Назначение метода. Физическая сущность и особенности процесса шлифования. Абразивные материалы. Характеристика метода по применяемому инструменту и оборудованию. Схемы обработки поверхностей шлифованием. Показатели качества поверхностей деталей машин при шлифовании.

Технологические методы отделочной обработки поверхностей. Роль отделочных методов обработки в технологической последовательности изготовления деталей, физическая сущность и особенности кинематики отделочных методов обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей (хонингование, суперфиниширование и др.). Технологические возможности методов доводки поверхностей. Технологические методы отделки зубьев зубчатых колес, изготовления резьбовых и шлицевых соединений. [7.6, с. 232].

Электрохимические (ЭХ) и электрофизические (ЭФ) методы формообразования поверхностей деталей машин. Роль и назначение ЭФ- и ЭХ-методов обработки в машиностроении. Физические и химические процессы, лежащие в основе тех-

нологических методов. Преимущества и недостатки методов. Реализация требований к инструментальным материалам и конструкции оборудования с учетом физики и кинематики ЭФ- и ЭХ-методов обработки. Технологические возможности методов. Основные технико-экономические показатели методов. Особенности технологичности конструкций деталей машин, обрабатываемых ЭФ- и ЭХ-методами.

Пути автоматизации технологических методов формообразования поверхностей. Автоматизация станков, станки-автоматы и полуавтоматы. Автоматизированные процессы обработки резанием на базе станков с программным управлением.

## 9. Задание на контрольную работу

Номера вопросов к контрольной работе приведены в табл. 1.

Номера вопросов выбирают в соответствии с двумя последними цифрами учебного шифра студента.

Таблица 1

Учебный шифр студента				Номера вопросов		
1	2	3	4	5	6	7
01	31	61	91	1	31	61
02	32	62	92	2	32	62
03	33	63	93	3	33	63
04	34	64	94	4	34	64
05	35	65	95	5	35	65
06	36	66	96	6	36	66
07	37	67	97	7	37	67
08	38	68	98	8	38	68
09	39	69	99	9	39	69
10	40	70	00	10	40	70
11	41	71		11	41	71
12	42	72		12	42	72
13	43	73		13	43	73
14	44	74		14	44	74
15	45	75		15	45	75
16	46	76		16	46	76

1	2	3	4	5	6	7
17	47	77		17	47	77
18	48	78		18	48	78
19	49	79		19	49	79
20	50	80		20	50	80
21	51	81		21	51	81
22	52	82		22	52	82
23	53	83		23	53	83
24	54	84		24	54	84
25	55	85		25	55	85
26	56	86		26	56	86
27	57	87		27	57	87
28	58	88		28	58	88
29	59	89		29	59	89
30	60	90		30	60	90

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**Вопросы 1–30.** По диаграмме состояний «железо — цемент» опишите, какие структурные и фазовые превращения будут происходить при медленном охлаждении из жидкого состояния сплава с заданным содержанием углерода. Охарактеризуйте этот сплав и определите для него при заданной температуре количество, состав фаз и их процентное соотношение, используя данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Номер вопроса	C, %	t, °C	№	C, %	t, °C	Номер вопроса	C, %	t, °C
1	3,8	800	11	2,8	750	21	1,2	770
2	3,7	600	12	2,7	700	22	1,1	750
3	3,6	1190	13	2,6	650	23	1,0	740
4	3,5	1200	14	2,5	600	24	0,9	600
5	3,4	1050	15	2,4	850	25	0,8	650
6	3,3	1000	16	2,3	1240	26	0,6	700
7	3,2	950	17	1,6	830	27	0,5	710
8	3,1	920	18	1,5	820	28	0,4	760
9	3,0	900	19	1,4	800	29	0,3	780
10	2,9	780	20	1,3	700	30	0,2	750

**Вопросы 31–60.** Расшифруйте марки сплавов согласно варианту (табл. 3), приведите номера ГОСТов. Постройте график термической обработки.

Таблица 3

Номер вопроса	Марка сплава	$\sigma_s$ (МПа)	Номер вопроса	Марка сплава	$\sigma_s$ (МПа)
31	40, 20ХН3А, ТТ7К12	580	46	50, О9Г2С, ВК9	800
32	40Х, 30ХГСА, Т5К10	850	47	Ст5, 35ГС, Р6М5	600
33	45, Х6ВФ, ВК18	680	48	65Г, 38ХН3МА, Т30К6	800
34	60, 10ХСНД, Т15К6	900	49	35, 30ХГСА, БрОФ4-1	550
35	Ст3, 38ХН3МА, ЛЦ39МиЖ	420	50	60, Х18Н9Т, Л62	750
36	35, Х18Н9Т, Л90	500	51	20, ХВГ, Р18	400
37	65Г, Х12Ф1, БрАМц9-2	850	52	Ст3, У8, СЧ35	350
38	20, 60С2Н2А, БрАЖ8-3	450	53	40Х, 30Х13Н7С2, 12ХМ3А	900
39	30, ХВГ, ВК6	480	54	30, 10ХВСЮ, ВЧ90	500
40	Ст4, 30Х13Н7С2	500	55	Ст4, У13А, Т15К6	450
41	20, 70С3А, БрОФ4-0,25	450	56	40, 60С2ХФА, Р12Ф4К5	650
42	38ХС, 50ХГФА, Бр04С6-6-3	950	57	20, 35НМ, КЧ60-2	400
43	40Х, 10Х13СЮ, Т15К6	1000	58	45, ШХ4РП, У8ГА	520
44	30, Х13Ф1, БрО10Ц3	520	59	60Г, ЛЦ39МиЖ, ВЧ80	900
45	Ст3, О9Г2С, Л62	390	60	60С2, БрО10Ц3, ТТ7К12	1000

**Вопросы 61–90.** Рассчитать режимы резания для деталей, выполненных из стали (первая колонка табл. 3), и определить режимы термической обработки для получения заданной твердости HRC (табл. 4, 5 и 6).

**Вопросы 61–70.** Обточить вал.

Таблица 4

Номер вопроса	$D_0$	$D_1$	$t$	$S$	$\varphi$	$T$	Резец	HRC
61	105	100	450	0,35	60	100	Т30К4	35
62	81	80	250	0,4	90	90	Т15К6	52
63	48	47,4	39	0,45	45	45	Р18	45
64	110	100	60	0,4	90	90	ВК2	55
65	95	90	300	0,35	60	100	Т30К6	50
66	35	34	80	0,45	45	45	Р9	35
67	120	110	440	0,19	45	30	Р6М5	55
68	50	42	700	0,28	60	100	Т30К4	50
69	45	38	560	0,61	45	90	Т15К6	45
70	56	47	530	0,52	45	100	ВК6	50

**Вопросы 71–80. Расточить отверстие.**

Таблица 5

Номер вопроса	$D_0$	$D_1$	$l$	$S$	$\phi$	$T$	Резец	HRC
71	52	55	45	0,35	60	60	P12	50
72	66	68	200	0,25	60	90	BK2	45
73	50	54	350	0,35	60	30	P6M5	55
74	78	79	107	0,4	30	30	P9	40
75	62	65	100	0,28	60	100	T15K6	50
76	86	88	210	0,2	90	100	BK8	45
77	120	122	100	0,34	45	45	P9	40
78	48	47	170	0,39	45	90	BK6	55
79	91	90	50	0,17	45	100	T15K6	45
80	72	67	55	0,21	90	45	P9	60

**Вопросы 81–90. Порезать торец.**

Таблица 6

Номер вопроса	$D_0$	$D_1$	$l$	$S$	$\phi$	$T$	Резец	HRC
81	120	80	2	0,3	45	60	BK6	50
82	190	90	3	0,2	90	90	T15K6	55
83	72	30	2,5	0,5	45	30	P12	45
84	32	10	1,5	0,17	60	100	T30K4	40
85	52	20	4	0,19	45	45	P18	35
86	60	15	3	0,21	100	90	T15K6	50
87	38	28	1	0,3	90	30	P9	55
88	100	30	0,5	0,4	90	90	T30K4	45
89	100	80	0,7	0,5	90	90	T15K6	60
90	70	25	0,9	0,6	100	30	P6M5	57

**Примечание.**  $D_0$  — диаметр заготовки, мм;  $D_1$  — диаметр детали, мм;  $l$  — длина обработки, мм;  $t$  — глубина резания, мм;  $\sigma_s$  предел прочности при растяжении для стали, МПа;  $S$  — подача инструмента — резца, мм/об.;  $\phi$  — главный угол резца в плане, град;  $T$  — стойкость резца, мин; HRC — твердость детали после термической обработки.

BK6, T15K6 — марки твердых сплавов; P18, P6M5 — марки быстрорежущей стали.

Выбор станка по прил. 1.

Назначте режим термической или химико-термической обработки готовой детали в зависимости от заданной HRC. Опишите превращения в структуре стали.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

Отвечая на вопросы 1–30, необходимо начертить диаграмму состояний «железо — цемент», провести на ней ординату, соответствующую заданному процентному содержанию углерода в сплаве. Точки пересечения с линиями диаграммы соответствуют критическим температурам, при которых в сплаве при медленном охлаждении происходят фазовые и структурные превращения. Рядом с диаграммой начертить кривую охлаждения данного сплава, показав связь критических точек на диаграмме и кривой охлаждения. Описать сущность превращений, происходящих в сплаве при медленном охлаждении из расплавленного состояния до нормальной температуры.

Состав фаз и их процентное соотношение при заданной температуре определите, пользуясь правилом отрезков. Для этого через точку, лежащую на ординате сплава и соответствующую заданной температуре, проведите горизонтальную линию до соответствующих фазовых областей, определите и обозначьте крайние и заданную точки. Например, определяя соотношение фаз для сплава с содержанием 2,5% углерода при температуре 900°C, в котором имеются структурные составляющие — аустенит, цементит вторичный и ледебурит, следует сначала выявить фазы, из которых состоит сплав при данных условиях (аустенит и цементит), и далее определить их количество в процентах. При этом необходимо четко представлять, что перлит и ледебурит являются механическими смесями фаз (перлит: феррит + цементит, ледебурит: аустенит + цементит, при температуре ниже 727°C ледебурит состоит из перлита и цементита, т.е., в конечном итоге, из феррита и цементита).

Вопросы 31–60 требуют знания маркировки, свойств и структуры различных сталей, чугунов, сплавов на основе цветных металлов и композиционных материалов, а также

особенностей термической обработки углеродистой качественной конструкционной и инструментальной стали.

Отвечая на вопрос, необходимо привести полный химический состав и свойства рассматриваемого материала. Следует указать, какие именно легирующие элементы или их сочетания придают сталям требуемые свойства, например, повышенную прочность и вязкость, жаропрочность и т.д.; классифицировать стали по назначению, качеству, степени раскисления и структуре.

Маркировку, химический состав и механические свойства сплавов определяют по соответствующим ГОСТам, например, сталь углеродистую обыкновенного качества — по ГОСТ 380-88; сталь углеродистую качественную — по ГОСТ 1050-88; сталь углеродистую инструментальную — по ГОСТ 1435-86; легированные стали — по ГОСТ 801-87, 14959-79, 4543-88, 5950-85 и др.; серый чугун — по ГОСТ 1412-85; высокопрочный чугун — по ГОСТ 7293-85; ковкий чугун — ГОСТ 1215-86.

В соответствии с ГОСТ 380-88 сталь углеродистую обыкновенного качества выпускают в виде проката (листов, прутков, и т.п.) в нормализованном состоянии и в зависимости от состава и свойств поставляют по группам А, Б, В. Стали маркируют сочетанием букв «Ст» и цифрой (от 0 до 6), показывающей номер марки. Стали групп Б и В имеют перед маркой буквы Б или В, указывающие на их принадлежность к этим группам. Группа А в обозначении марки стали не указывается. Степень раскисления обозначают добавлением индексов: в спокойных сталях — «сп», полуспокойных — «пс», кипящих — «кп».

Стали группы А поставляют с гарантированными механическими свойствами. Химический состав не гарантируется. Стали группы А используются в состоянии поставки для изделий, изготовление которых не сопровождается горячей обработкой. В этом случае они сохраняют структуру нормализации и механические свойства, гарантируемые стандартом.

Стали группы Б поставляют с гарантированным химическим составом. Механические свойства не гарантируют-



ся. Стали этой группы предназначены для изделий, изготавливаемых с применением горячей обработки (ковки, сварки и в некоторых случаях термической обработки), при которой исходная структура и механические свойства не сохраняются. Для таких сталей важны сведения о химическом составе, необходимые для определения режимов горячей обработки.

Стали группы В поставляются с гарантированными механическими свойствами и химическим составом. Их широко применяют для изготовления сварных конструкций. Механические свойства каждой марки стали группы В соответствуют нормам для аналогичных марок стали группы А, а химический состав — нормам для тех же номеров марок группы Б. Например, сталь ВСт4сп имеет механические свойства, аналогичные стали Ст4сп, а химический состав — одинаковый со сталью БСт4сп.

Низкоуглеродистые стали номеров 1–4 применяют для строительных конструкций, изготавливаемых сваркой и холодной деформацией. Среднеуглеродистые стали номеров 5 и 6, обладающие большей прочностью, предназначаются для изготовления валов, шкивов, шестерен и других деталей машин.

Углеродистые качественные стали поставляются в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и механическими свойствами. Маркируются двузначными цифрами 05, 10, 15, 20, ..., 60, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (ГОСТ 1050-88). Например, сталь 10 содержит в среднем 0,10% С, сталь 45—0,45% С и т.п. Качественные стали находят многостороннее применение в машиностроении и приборостроении, так как в зависимости от содержания углерода и термической обработки они обладают широким диапазоном механических и технологических свойств.

Легированные конструкционные стали выпускают качественные, высококачественные и особо высококачественные. Их, как правило, применяют после закалки и отпуска.

В обозначении марок конструкционных легированных сталей цифра слева указывает среднее содержание углерода в сотых долях процента, последующие буквы и цифры свидетельствуют о наличии и примерном содержании (в процентах) легирующих элементов. Если количество легирующего элемента около 1%, цифра за обозначением элемента не ставится. Например, сталь 20ХНЗА в среднем содержит 0,20% С, 1% Cr и 3% Ni. Буква А в конце марки означает, что сталь высококачественная. Особо высококачественные стали имеют в конце марки букву Ш, например, 30ХГС-Ш.

Некоторые группы сталей содержат дополнительные обозначения: марки шарикоподшипниковых сталей начинаются с буквы Ш, электротехнических — с буквы Э, магнитотвердых — с буквы Е, автоматных — с буквы А.

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного инструмента и штампов холодного и горячего деформирования.

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435-86) поставляют после отжига на зернистый перлит с гарантией на химический состав и твердость. Их производят качественными У7, У8, У9, ..., У13 и высококачественными У7А, У8А, У9А, ..., У13А. Буква «У» в марке показывает, что сталь углеродистая, а цифра — среднее содержание углерода в десятых долях процента.

Инструмент из углеродистых сталей теряет твердость при нагреве свыше 250°C. В связи с этим он пригоден для обработки сравнительно мягких материалов и при небольших скоростях резания или деформирования.

В инструментальных легированных сталях одна цифра в начале марки указывает на содержание углерода в десятых долях процента. При содержании в них 1% или более начальную цифру опускают. Например, в стали ХВ4 содержится более 1% С, около 1% Cr и 4% W.

Быстрорежущие стали — группа высоколегированных сталей, предназначенных для изготовления высокопроизводительно инструмента. Основное свойство этих сталей — высокая теплостойкость, которая обеспечивается введени-

ем большого количества вольфрама совместно с другими карбидообразующими элементами (Mo, V, Cr), а также кобальтом. Быстрорежущие стали обозначаются буквой Р, цифра после нее указывает содержание вольфрама — основного легирующего элемента в процентах. Содержание ванадия (20%) и хрома, количество которого примерно 4 % во всех сталях, в марке не указывается. Стали, содержащие дополнительно молибден, кобальт или повышенный процент ванадия, имеют в марке соответственно букву М, К, Ф и цифры, показывающие их количество, например, P10K5Ф5.

Твердые сплавы — материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала, связанных кобальтом. В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы группируются.

Первую (вольфрамовую) группу составляют сплавы системы WC-Co. Они маркируются буквами ВК и цифрой, показывающей содержание кобальта. Сплавы этой группы применяют для изготовления режущего инструмента, используемого при обработке материалов, дающих прерывистую стружку (чугуна, цветных металлов).

Вторую группу (титановольфрамовую) образуют сплавы системы TiC-WC-Co. Они маркируются буквами Т, К и цифрами, показывающими содержание карбида титана и кобальта. Их наиболее широко применяют для высокоскоростного резания сталей.

Третью группу (титанотанталовольфрамовую) образуют сплавы системы TiC-TaC-WC-Co. Цифра в марке после букв ТТ обозначает суммарное содержание карбидов титана и тантала, а после буквы К — кобальта. От предыдущей группы эти сплавы отличаются большей прочностью и лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию. Они применяются для наиболее тяжелых условий резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок).

Серые чугуны по ГОСТ 1412-85 маркируются так: СЧ25, где СЧ — серый чугун, 25 — предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  (250 МПа). Ковкие (ГОСТ 1215-86) и высокопрочные чугуны ГОСТ (7293-85) маркируются иначе: КЧ45 — 7 или

**ВЧ60**, где **КЧ** — ковкий, а **ВЧ** — высокопрочный чугун, 45 или 60 — предел прочности при растяжении  $\sigma_r$  (450 или 600 МПа), 7 — относительное удлинение  $\delta$ , %.

Следует помнить, что принятые условные обозначения химических элементов для латуней, бронз, алюминиевых и других сплавов цветных металлов отличаются от условных обозначений, принятых для сталей.

Латуни (сплавы меди с цинком) по ГОСТ 15527-70 и 17711-80 маркируются буквой **Л**, за которой следует цифра, показывающая среднее содержание меди в сплаве, например, **Л85** — латунь с содержанием меди 85%. В марках латуней кроме цифры, показывающей содержание меди, даются буквы и цифры, обозначающие название и количество в процентах других элементов. Например, **ЛЦ40С** — латунь, содержащая 59% **Cu**, 40% **Zn**, 1% **Pb** (литейная) или **ЛА77-2** — латунь, содержащая 77% **Cu**, 2% **Al** (деформируемая).

Бронзы маркируются согласно ГОСТ 5017-74 (деформируемые) и ГОСТ 613-79 (литейные): **БрОФ4** — 0,25, где **Бр** — бронза, **О** — олово, **Ф** — фосфор, а цифры — их процентное содержание в сплаве (деформируемая). Литейные, например, **БрО5Ц5С5**, где **О** — олово, **Ц** — цинк, **С** — свинец, а цифры — их процентное содержание в сплаве, остальное — медь.

Алюминиевые сплавы разделяются на деформируемые (ГОСТ 4784-74), литейные (ГОСТ 2685-75) и изготавливаемые способом порошковой металлургии (ГОСТ 3882-74). Деформируемые сплавы, главным образом, относятся к системе **Al - Cu - Mg**. Важнейшими из них являются дуралюмины. Дуралюмины маркируются буквами **Д** или **В**, например, **Д1**. Важнейшие литейные алюминиевые сплавы, относящиеся к системам **Al - Si** и **Al - Si - Cu**, называются силуминами. Примерами таких сплавов являются соответственно **АЛ2** и **АЛ5**.

Титановые сплавы маркируются по ГОСТ 19807-74, а баббиты — по ГОСТ 1320-74 и 1209-73.

**Вопросы 31-90.** При решении этих вопросов следует привести схему обработки заготовки и указать стрелками

главное движение и движение подачи, после чего рассчитать элементы режима резания. Марка стали и ее прочность на растяжение  $\sigma_b$  приведены в табл. 3.

Глубина резания ( $t$ , мм) — слой металла, срезаемый за один проход режущего инструмента, влияет на класс шероховатости обработанной поверхности и зависит от свойств материала обрабатываемой детали и применяемого режущего инструмента. Она определяется по формуле

$$t = (D_0 - D_1) / 2.$$

Скорость резания ( $V$ , м/мин) определяют по эмпирической формуле в зависимости от конкретных условий резания.

Скорость резания при точении

$$V = C_v K_v / T^m t^{X_v} S^{Y_v},$$

где  $C_v$  — коэффициент, зависящий от качества обрабатываемого материала и материала режущей части инструмента (табл. 11)

$K_v$  — поправочный коэффициент, учитывающий реальные условия резания;

$T$  — стойкость резца, мин;

$t$  — глубина резания;

$S$  — подача.

Поправочный коэффициент  $K_v = K_m K_i K_r K_n$ .

Поправочный коэффициент на механические свойства обрабатываемого материала при резании инструментом, оснащенным пластинами из твердого сплава, определяется по формуле

$$K_m = 750 / \sigma_b \text{ — для стали.}$$

При резании материалов инструментом из быстрорежущей стали:

$$K_m = (750 / \sigma_b)^a \text{ — при обработке стали.}$$

Значения  $\sigma_b$  приведены в табл. 3;  $K_m$  — поправочный ко-

эffiциент, зависящий от материала режущей части инструмента — марки твердого сплава (табл. 8);  $K_T$  — поправочный коэффициент, учитывающий влияние периода стойкости резца на значение скорости резания (табл. 9);  $K_n$  — поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 10).

Таблица 7

Обрабатываемый материал	Механические свойства	Точение	Сверление и рассверливание	Фрезерование
Сталь	$\sigma_b < \text{МПа}$	-1,00	-0,9	-0,90
Сталь	$\sigma_b < \text{МПа}$	1,75	0,9	0,90

Таблица 8

Марка твердого сплава	T5K10	T15K6	T30K4	BK8	BK6
$K_n$	0,65	1,00	1,50	1,00	1,20

Таблица 9

T, мин	30	45	60	75	90	120
$K_T$	1,15	1,08	1,04	0,00	0,94	0,87

Таблица 10

Обрабатываемый материал	Предел прочности, $\sigma_b$ , МПа	$K_n$ для заготовок с коркой	$K_n$ для заготовок без корки
Углеродистые легированные стали и стальное литье	400–500	1,75	2,20
	500–600	1,35	1,69
	600–700	1,03	1,29
	700–800	0,80	1,00
	800–900	0,65	0,81

Таблица 11

Обрабатываемый материал и его механические свойства	Характер обработки	S, мм/об	C <sub>v</sub>	X <sub>v</sub>	Y <sub>v</sub>	m
Сталь, σ <sub>в</sub> = 750 МПа	Обтачивание,	S < 0,3	420	0,15	0,20	0,2
	расточивание, подрезание	S > 0,3	350	0,15	0,35	0,2

Частоту вращения шпинделя станка определяют по формуле

$$n = (1000V) / \pi D,$$

где D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Сила резания, необходимая для расчета потребной мощности на резание при точении в H, определяется по формуле:

$$P_z = C_p t^{X_p} S^{Y_p} V^{n_p} K_p.$$

Поправочный коэффициент  $K_p = K_{mp} K_{\phi p}$ , где  $K_{mp}$  — коэффициент на обрабатываемый материал (табл. 12).

$K_{\phi p}$  — поправочный коэффициент на главный угол в плане резца (табл. 13).

Значения  $C_p$ ,  $X_p$ ,  $Y_p$ ,  $n_p$  приведены в табл. 14.

Эффективная мощность в кВт (при точении)

$$N_s = (P_z V) / 102 \cdot 600.$$

Таблица 12

Сталь	
σ <sub>в</sub> , МПа	K <sub>mp</sub>
400–500	0,76
510–600	0,82
610–700	0,89
710–800	1,00
810–900	1,10

Таблица 13

φ, град	$K_{\text{фр}}$ для стали
45	1,00
60	0,98
90	1,08

Таблица 14

Обрабатываемый материал	Материал режущей стали	$C_p$	$X_p$	$Y_p$	$\eta_p$
Сталь	Твердый сплав	300	1	0,75	-0,15
	Быстрорежущая сталь	200	1	0,75	0

Потребная мощность

$$N_n = N_s/\eta,$$

где  $\eta$  — КПД станка, равный 0,75–0,85.

Основное технологическое время в минутах:

$$T = Li/(ns),$$

где  $L$  — расчетная длина обработки, мм;

$n$  — частота вращения детали, об/мин;

$s$  — подача, мм/об;

$i$  — количество проходов, зависящее от припуска на механическую обработку и требуемого класса шероховатости.

Расчетная длина обработки

$$L = L_1 + L_2 + L_3,$$

где  $L_1$  — действительная длина детали (чертежный размер), мм;

$L_2$  — величина врезания, мм;

$L_3$  — выход (перебег) инструмента, мм.

При точении:  $L_2 = t \cdot \operatorname{ctg}\varphi$ ;  $L_3 = (2+3)s$ ;  $\varphi$  — главный угол резца в плане.



Далее, отвечая на вопрос определения режимов термической или химико-термической обработки, необходимо начертить «стальной» участок диаграммы состояний «железо-цементит» и нанести на него ординату сплава, соответствующего заданию. На ординате указать температуру нагрева для соответствующих видов термической обработки. Свой выбор следует обосновать.

Качественные углеродистые конструкционные и инструментальные стали обычно применяют после закалки и отпуска. Сочетание закалки с отпуском практически всегда имеет целью получения более высокого уровня свойств по сравнению с отожженным состоянием: твердости, характеристик прочности, вязкости и др.

После этого в координатах температура — время следует построить график термической обработки. При этом время нагрева, выдержки и охлаждения следует рассчитать, самостоятельно задавшись размерами условного изделия, и выбрать охлаждающую закалочную среду.

Существуют несколько приближенных способов расчета времени нагрева. Рассмотрим один из них.

Общее время нагрева складывается из времени нагрева до заданной температуры ( $\tau_n$ ) и времени выдержки при этой температуре ( $\tau_v$ ). Величина  $\tau_n$  зависит от нагревающей способности среды, от размеров и формы деталей, от способа их укладки в печь;  $\tau_v$  зависит от скорости фазовых превращений, которая определяется степенью перегрева выше критической точки и дисперсностью исходной структуры. Практически величина  $\tau_v$  может быть принята равной 1 мин для углеродистых и 2 мин для легированных сталей на 1 мм толщины детали.

В детали находят максимальное поперечное сечение и в нем — минимальный размер (например, для пластины это будет ее толщина).

Критическую скорость закалки ( $V_k$ ) можно определить по диаграмме изотермического распада аустенита заданной марки стали.

Для получения мартенситной структуры необходимо переохладить аустенит до температуры мартенситного пре-

вращения, скорость охлаждения должна превышать  $V_k$ . Исходя из этого положения и выбирают закалочную среду.

В заключение следует указать структуру стали в исходном, промежуточном и конечном состояниях.

Выбор модели металлорежущего станка. Все металлорежущие станки подразделяются на девять групп в зависимости от характера производимых на них работ и применяемых режущих инструментов. Каждая группа делится на десять типов. Основным критерием для выбора металлорежущего станка является габаритный размер обрабатываемой детали.

Выбранный станок должен иметь диапазон частот вращения шпинделя, в котором находилась бы расчетная частота  $n$ . Принятая величина подачи должна находиться в диапазоне значений, имеющихся на выбранном станке. Мощность электродвигателя станка должна быть больше потребной (табл. 15).

Таблица 15

Показатели	Токарно-винторезные станки			
	1М61	1А616	1К62	1К620
1	2	3	4	5
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	320	320	400	415
Расстояние между центрами, мм	1000	710	1000	1000
Число ступеней частоты вращения шпинделя	24	21*	23*	22***
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5–1600	9–1800	12,5–2000	12,5–1600
Число ступеней, подач суппорта	24	16*	42**	42***
Подача суппорта, мм/об:				
продольная	0,08–1,9	0,065–0,91	0,07–4,16	0,05–4,16
поперечная	0,04–0,95	0,065–0,91	0,035–2,08	0,035–2,08

Окончание табл. 15

1	2	3	4	5
Мощность главного электродвигателя, кВт	4	4	7,5–10	10
КПД станка	0,75	0,75	0,75	0,85
Наибольшая сила подачи, Н	1500	2100	3600	6000

\* Для станка модели 1А616 частота вращения шпинделя, об/мин (выборочно): 90; 122; 140; 224; 280; 355; 450; 560; 710; 900. Величина продольных подач, мм/об (выборочно): 0,1; 0,13; 0,15; 0,17; 0,2; 0,23; 0,3; 0,4; 0,45; 0,5.

\*\* Для станка модели 1К62 частота вращения шпинделя, об/мин: 12,5; 16 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000. Величина продольных подач, мм/об (выборочно): 0,15; 0,17; 0,19; 0,21; 0,23; 0,28; 0,30; 0,39; 0,43; 0,47; 0,52; 0,57; 0,61; 0,70; 0,78.

\*\*\* Для станка модели 1К620 частота вращения шпинделя, об/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Величина продольных подач, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8.

Д-р техн. наук, проф. НИСАЕВ И.П.

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ  
И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ**

*Рабочая программа*

Редактор *В.И. Чучева*  
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

---

Тип. зак. *299*

Тираж  
Офсет

Усл. печ. л. 2,5

Допечатка тиража

Формат 60×90<sub>1/16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2