

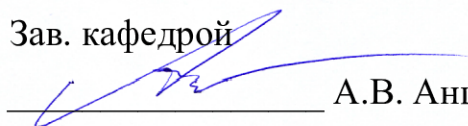
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт *политехнический*  
Кафедра «*Машиностроение и материаловедение*»

Утверждено на заседании кафедры  
«Машиностроение и материаловедение»  
«30» января 2023 г., протокол № 6

Зав. кафедрой

 А.В. Анцев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению курсовой работы**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Современные и перспективные материалы»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**22.04.02 *Металлургия***

с направленностью (профилем)  
***Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов***

Форма(ы) обучения: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 220402-01-22

Тула 2023 год

**Разработчик методических указаний**

Новикова Елена Юрьевна, доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters, followed by a closing parenthesis symbol ')

## 1. Введение

Дисциплина «Современные и перспективные материалы» относится к числу основных предметов для студентов машиностроительных специальностей. Это связано с тем, что получение, разработка новых материалов, способы их обработки являются основой современного производства и во многом определяют уровень своего развития научно-технический и экономический потенциал страны. Проектирование рациональных, конкурентоспособных изделий, организация их производства невозможны без достаточного уровня знаний в области материаловедения.

## 2. Тематика курсовой работы

В ходе контрольно-курсовой работы студент должен выполнить 2 задания:

1. Решить по требованию преподавателя несколько практических задач из приведенного ниже списка. Задачи охватывают наиболее актуальные ситуации, возникающие при выборе сплавов и методов их обработки, при использовании которых в наибольшей степени обеспечиваются надежность деталей в условиях эксплуатации, указанных в каждой отдельной задаче.

2. Провести анализ наиболее перспективных на сегодняшний день материалов и технологий для их синтеза, производства и обработки, используемых в материаловедении. Результаты исследования представить в форме реферата.

## 3. Методические указания к решению задач

Решение представленных в контрольно-курсовой работе задач предусматривает обоснованный выбор сплава и методов его обработки, которые позволяют достичь надежной работы деталей, узлов и агрегатов, описанных в условии.

Как правило, в задачах приведены более типичные условия использования изделий, имеющие место в разных отраслях промышленности. В задачах сформулированы характерные свойства, которые должен иметь сплав в соответствующем изделии. Для решения задач надо проанализировать условия работы изделий – деталей машин, инструментов и др., выяснить напряженное состояние, которое возникает в них в условиях службы, возможные виды разрушений и другие причины выхода их из строя, так как от этого зависит выбор материала и способа обработки. Далее надо определить группу сплавов (например, конструкционных сталей общего назначения, чугунов, жаропрочных сталей и сплавов, инструментальных сталей, полимерных материалов и т. п.), обладающих свойствами, близкими к требуемым.

При решении таких задач студенты должны ориентироваться на применение менее дорогих материалов, и в то же время обладающих более высоким уровнем требуемых свойств, что должно обеспечить более длительный срок службы деталей и конструкций. Все это позволяет снизить материалоемкость указанных изделий, что имеет большое технико-экономическое значение. Кроме того, необходимо, чтобы при выборе тех или иных материалов студенты учитывали и технологические их свойства, с тем, чтобы использовать при изготовлении изделий более экономичные технологические процессы, позволяющие наряду с улучшением характеристик этих изделий, снизить их трудоемкость, себестоимость и расход материалов, например, в результате сокращения количества отходов.

Если при рассмотрении свойств намечаемых сплавов окажется, что они не удовлетворяют требованиям задачи, например, по прочности или по вязкости, то следует рассмотреть возможность их улучшения выбором термической или химико-термической обработки. При этом указать их виды, режимы, получаемую структуру и свойства. При выборе режимов обработки необходимо также указывать наиболее экономичные и

производительные способы, особенно для деталей, изготавливаемых в условиях массового или крупносерийного производства. Дорогие легированные стали, содержащие никель, вольфрам, молибден или цветные сплавы, следует рекомендовать в тех случаях, когда выбор более дешевых материалов не может обеспечить требований, указанных в задаче. Сделанный выбор сплава надо обосновать.

Для получения навыков в выборе материала и обосновании принимаемой рекомендации далее приведены примерные решения типовых задач. При решении задач и указании структуры и свойств выбранных сплавов рекомендуется использовать ГОСТы и учебники, справочники и монографии.

#### 1. Конструкционные стали, чугуны и полимерные материалы

##### *Задача:*

Заводу нужно изготовить вал диаметром 70 мм для работы с большими нагрузками. Сталь должна иметь предел текучести не ниже 750 МПа, предел выносливости не ниже 400 МПа и ударную вязкость не ниже 900 кДж/м<sup>2</sup>. Завод имеет сталь трех марок; Ст.4, 45 и 20ХН3А. Какую из этих сталей следует применить для изготовления вала? Нужна ли термическая обработка выбранной стали и если нужна, то какая? Дать характеристику микроструктуре и указать механические свойства после окончательной термической обработки.

##### *Решение задачи:*

Химический состав стали марок Ст.4, 45 и 20ХН3А следующий:

Ст.4 (ГОСТ 380–71) – 0,18...0,27 % С; 0,4...0,7 % Мn; 0,12...0,30 % Si; <0,30 % Cr; <0,30 % Ni; < 0,05 % S и < 0,04 % P.

Ст.45 (ГОСТ 1050–71) – 0,42...0,50 % С; 0,50...0,80 % Мn; 0,17...0,37 % Si; < 0,25 % Cr; <0,25 % Ni; <0,045 % S; < 0,04 % P;

Ст.20ХН3А (ГОСТ 4543–71) – 0,17...0,23 % С; 0,30...0,60 % Мn; 0,17...0,37 % Si; 0,60...0,40 % Cr; 2,75...3,15 % Ni; 0,025 % S и 0,025 % P.

Сталь марки Ст.4, согласно ГОСТ, имеет следующие свойства в состоянии поставки (после прокатки иликовки):  $\sigma_B = 420...540$  МПа,  $\sigma_{0,2} > 240...260$  МПа,  $\delta > 21$  %.

Сталь 45, согласно ГОСТ, в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твердость не более 207 НВ. При твердости 190...200 НВ сталь имеет предел прочности  $\sigma_B$ , не выше 600...620 МПа, а при твердости ниже 180 НВ предел прочности не превышает 550...600 МПа. Для отожженной углеродистой стали отношение  $\sigma_{0,2}/\sigma_B$  составляет примерно 0,5. Следовательно, предел текучести стали 45 в этом состоянии не превышает 270...320 МПа.

Сталь 20ХНЗА, согласно ГОСТ, в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твердость не более 250 НВ. Следовательно, предел прочности при твердости 230...250 НВ не превышает 670...750 МПа и может быть ниже 600 МПа для плавок с более низкой твердостью. Тогда предел текучести составляет 350...400 МПа, так как  $\sigma_{0,2}/\sigma_B$  для отожженной легированной стали 0,5...0,6.

Таким образом, для получения заданной величины предела текучести вал необходимо подвергнуть термической обработке.

Для низкоуглеродистой стали Ст4 улучшающее влияние термической обработки незначительно. Кроме того, Ст4 – как сталь обыкновенного качества имеет повышенное содержание серы и фосфора, которые понижают механические свойства и особенно сопротивление ударным нагрузкам. Для такого ответственного изделия, как вал двигателя, поломка которого нарушает работу машины, применение более дешевой по составу стали обыкновенного качества нерационально.

Сталь 45 относится к классу качественной углеродистой, а сталь 20ХНЗА – к классу высококачественной легированной стали. Они содержат соответственно 0,42...0,50 и 0,17...0,23 % С и принимают закалку. Для повышения прочности можно применять нормализацию или закалку с высоким отпуском. Последний вариант обработки сложнее, но

позволяет получить не только более высокие характеристики прочности, но и более высокую вязкость. В стали 45 минимальные значения ударной вязкости КСЧ ( $a_n$ ) после нормализации составляют 200...300 кДж/м<sup>2</sup>, а после закалки и отпуска с нагревом до 500 °С достигают 600...700 кДж/м<sup>2</sup>.

Так как вал двигателя воспринимает в работе динамические нагрузки, а также и вибрации, более целесообразно применить закалку и отпуск. После закалки в воде углеродистая сталь 45 получает структуру мартенсита. Однако вследствие небольшой прокаливаемости углеродистой стали эта структура в изделиях диаметром более 20...25 мм образуется только в сравнительно тонком поверхностном слое толщиной до 2...4 мм.

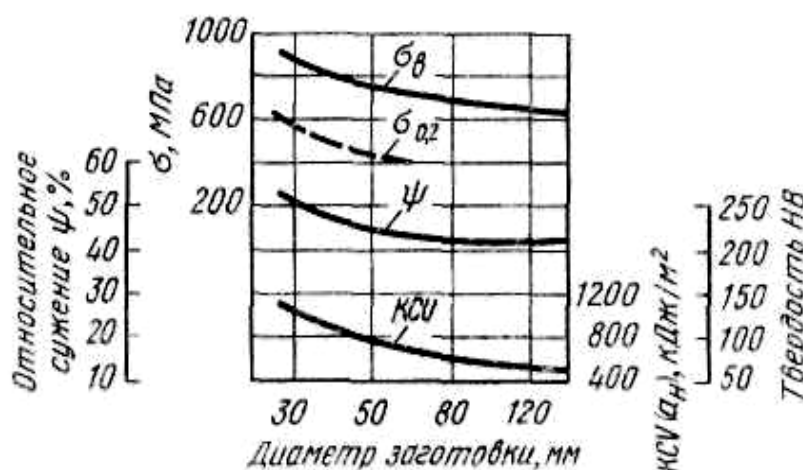


Рис. 1. Механические свойства углеродистой стали с 0,45 % С после закалки и отпуска в зависимости от диаметра заготовки

Последующий отпуск вызывает превращение мартенсита в сорбит только в тонком поверхностном слое, но не влияет на структуру и свойства основной массы изделий. Сталь со структурой сорбита отпуска обладает более высокими механическими свойствами, чем сорбита закалки и феррита + перлита. Наибольшие напряжения от изгиба, кручения и повторно переменных нагрузок воспринимают наружные слои, которые и должны обладать повышенными механическими свойствами. Однако в сопротивлении динамическим нагрузкам, которые воспринимает вал, участвуют не только поверхностные, но и нижележащие слои металла.

Таким образом, углеродистая сталь не будет иметь требуемых свойств по сечению вала диаметром 70 мм (рис. 1).

Сталь 20ХН3А легирована никелем и хромом для повышения прокаливаемости и закаливаемости. Она получает после закалки достаточно однородные структуру и механические свойства в сечении диаметром до 75 мм. Для стали 20ХН3А рекомендуется термическая обработка:

1. Закалка с 820...835 °С в масле.

При закалке с охлаждением в масле (а не в воде, как это требуется для углеродистой стали) возникают меньшие напряжения, а следовательно, и меньшая деформация. После закалки сталь имеет структуру мартенсита и твердость не ниже 50 HRC.

2. Отпуск 520...530 °С. Для предупреждения отпускной хрупкости, к которой чувствительны стали с хромом (или с марганцем), вал после нагрева следует охлаждать в масле. Механические свойства стали 20ХН3А в изделии диаметром до 75 мм после термической обработки:

Предел прочности  $\sigma_b$ , МПа.....900...1000

Предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , МПа.....750...800

Предел выносливости  $\sigma_{-1}$ , МПа.....400...430

Относительное удлинение  $\delta$ , %.....8...10

Относительное сужение  $\psi$ , % .....45...50

Ударная вязкость KCU, кДж/м<sup>2</sup>.....9

Таким образом, эти свойства обеспечивают требования, сформулированные в задаче, для вала диаметром 70 мм.

2. Выбор цветных металлов и сплавов

*Задача:*

Многие изделия изготавливают из латуни вытяжкой из листа в холодном состоянии. Иногда в изделиях обнаруживаются трещины, возникающие при вылеживании без приложения внешних нагрузок (так называемое «сезонное растрескивание»).



Объяснить сущность этого явления и указать способы его предупреждения. Подобрать марку латуни, не подверженной сезонному растрескиванию. Кроме того, описать структуру, механические и технологические свойства  $\alpha$ - и  $\alpha + \beta'$ -латуней.

*Решение задачи:*

Латуни в зависимости от содержания цинка и структуры можно разделить на три класса:

1.  $\alpha$ -латуни – до 39,5% Zn;
2.  $\alpha + \beta'$ -латуни – от 39,5 до 45,7 % Zn;
3.  $\beta'$ -латуни – от 45,7 до 51 % Zn.

Увеличение содержания цинка изменяет структуру и свойства латуни (рис. 2). Увеличение содержания цинка до определенного предела повышает пластичность и прочность. Пластичность достигает максимальных значений при 30...32 % Zn, а прочность – при 40 %. При дальнейшем увеличении содержания цинка прочность и пластичность снижаются.

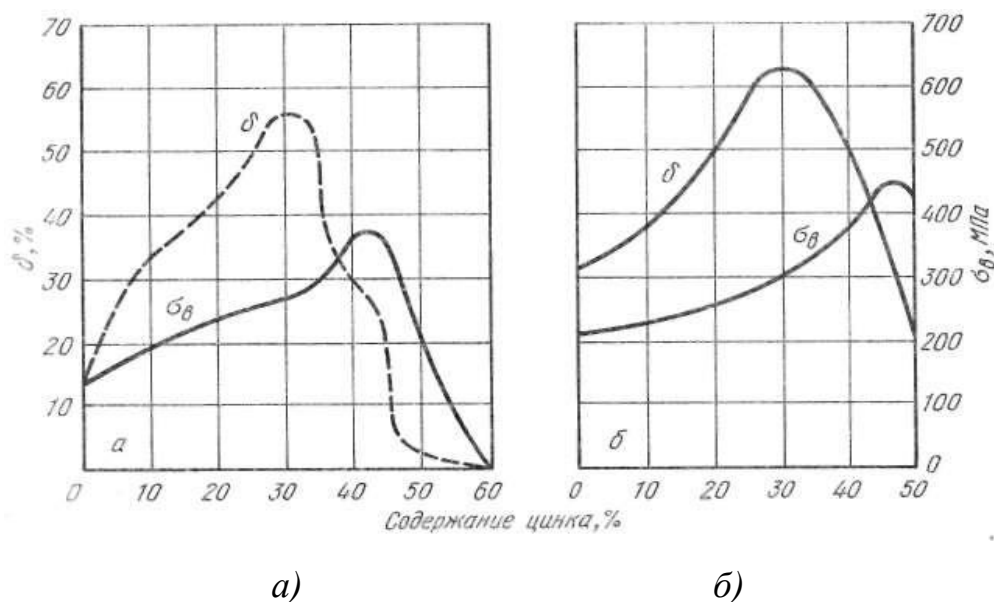


Рис. 2. Механические свойства латуни в зависимости от содержания цинка: а – литая латунь; б – катаная и отожженная латунь

Изменения свойств определяются свойствами соответствующих фаз, образующихся при введении цинка:

$\alpha$ -фаза представляет твердый раствор замещения, пластичность и прочность которой возрастают по мере увеличения содержания цинка;

$\beta'$ -фаза – твердый раствор на базе электронного соединения с объемно-центрированной кубической решеткой и упорядоченным расположением атомов;

$\beta'$ -фаза отличается повышенной хрупкостью и твердостью, поэтому образование  $\beta'$ -фазы снижает вязкость и повышает твердость. При нагреве выше 450 °С  $\beta'$ -фаза превращается в неупорядоченный твердый раствор  $\beta$ , отличающийся большей пластичностью, чем  $\beta'$ -фаза. Из диаграммы состояния видно, что  $\alpha + \beta'$ -латуни приобретают при таком нагреве однородную структуру  $\beta$ -твердого раствора, а следовательно, и большую пластичность. Эти свойства фаз определяют технологический процесс изготовления изделий из различных сортов латуни, а также их назначение. Изделия из  $\alpha$ -латуни изготавливают главным образом холодной или горячей деформацией; обработка резанием не дает достаточно чистой поверхности. Изделия из  $\alpha + \beta'$ -латуни изготавливают горячей (прессование, штамповка) или холодной деформацией (но без вытяжки) или обработкой резанием.

Изделия из  $\alpha$ - или  $\alpha + \beta'$ -латуней применяют в отожженном или в наклепанном состоянии, поскольку термическая обработка (закалка и отпуск) не дает заметного эффекта. В наклепанном состоянии (т. е. после холодной деформации) латунь обладает большой прочностью при пониженной вязкости (см. рис. 2). В результате последующего отжига прочность сплава понижается, но пластичность возрастает (рис. 3).

Холодная деформация латуни создает в изделии остаточные напряжения. Они возникают и в результате местной холодной деформации (при изгибе деталей, чеканке, развальцовке и т. п.). При вылеживании или эксплуатации в латунных изделиях иногда возникают трещины. «Сезонное растрескивание» наблюдается главным образом в латунях с содержанием более 20 % Zn и отчетливо обнаруживается, например, в полых изделиях,

прутках и т. д. Сезонное растрескивание усиливается в химически активных средах, особенно в парах аммиака, ртутных солей. Образование трещин является результатом совместного действия остаточных напряжений, созданных холодной деформацией (наиболее опасны растягивающие напряжения), и химически активных сред.

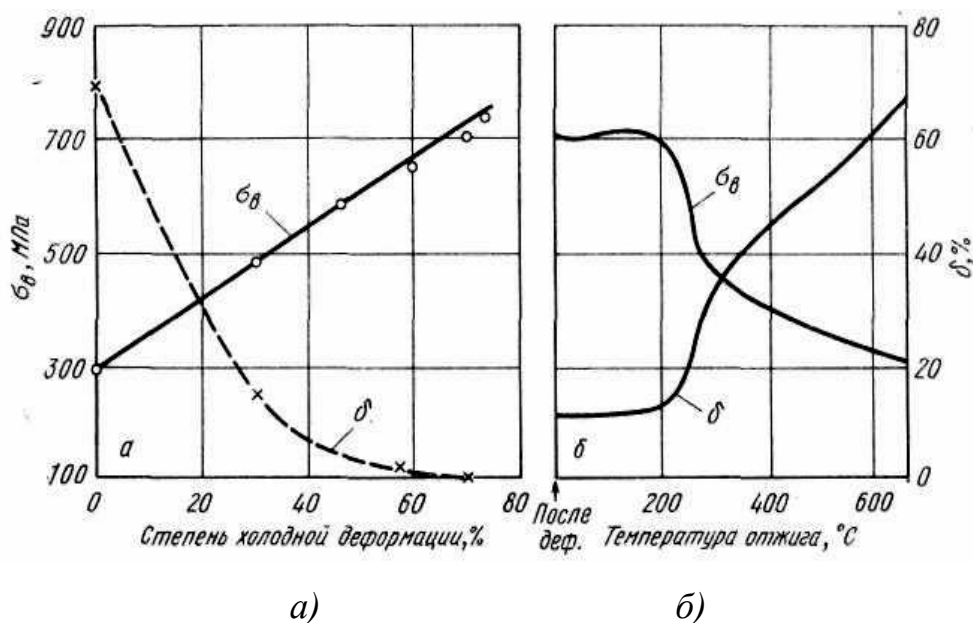


Рис. 3. Механические свойства латуни Л70 в зависимости: а – от степени деформации; б – температура отжига

Для предохранения от сезонного растрескивания нужен отпуск с нагревом до 200...300 °С; это снимает большую часть остаточных напряжений и незначительно снижает прочность. Но в условиях изготовления и монтажа конструкций с применением развальцовки, гибки и т. д. не всегда возможно избежать возникновения местных, даже незначительных деформаций, а следовательно, и сезонного растрескивания. В таких случаях применяют более дорогие (и имеющие меньшую прочность), но не склонные к сезонному растрескиванию латуни Л96 и Л90.

Механические свойства и состав этих латуней (после прокатки и отжига), а также широко применяемой латуни Л68 и типичной  $\alpha + \beta'$ -латуни ЛС59-1 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Состав и механические свойства латуней

Структурный класс сплава	Марка	Cu, % (ост. Zn)	Примеси (Fe, Si и др.), %	Механические свойства (не менее)	
				$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
$\alpha$ -латунь	Л96	95...97	$\leq 0,30$	230	35
	Л90	89...90	$\leq 0,30$	270	38
	Л80	79...81	$\leq 0,30$	280	45
	Л68	67...70	$\leq 0,30$	300	55
$\alpha + \beta'$ -латунь	ЛС59-1	58...61, Pb	0,75	350	30
		0,8...1,9		400	15*

\* Для отожженных лент и листов, а также для прессованных прутков.

Латуни Л96 и Л90 обладают высокой теплопроводностью. Латуни можно заменить алюминиевой бронзой, не склонной к сезонному растрескиванию и обладающей аналогичными значениями прочности и пластичности.

#### 4. Задание на курсовую работу

##### **1. Задачи по конструкционным сталям, чугунам и полимерным материалам.**

###### *Задача 1.*

Тросы самолетов, применяемые в условиях морской службы, должны обладать высоким пределом прочности (800...1000 МПа) и высокой устойчивостью против коррозии в морской воде. Указать состав стали, устойчивой, против корродирующего действия морской воды (без применения защитных покрытий), технологический процесс изготовления тросов, обеспечивающий получение высоких механических свойств в готовом тросе, и структуру стали. Сравнить структуру, стойкость против коррозии и поведение при сварке стали выбранного состава с хромистой сталью с содержанием 14 % Cr и 0,1 % Cu. Указать для сравнения механические свойства, режим обработки и структуру стали, применяемой для изготовления тросов, от которых по условиям эксплуатации не требуется повышенной стойкости против коррозии.

### *Задача 2*

Лопатки и другие детали особо мощных реактивных двигателей кратковременного действия работают в сильно окислительной среде при высоких температурах (1000...1200 °С). Металл, из которого изготавливают эти детали, должен обладать повышенной коррозионной стойкостью, высокими характеристиками кратковременной прочности при указанной температуре. Выбрать металл или сплав для названных изделий, указать его состав и свойства, а также привести метод защиты изделий от окисления.

### *Задача 3*

Лопатки реактивных и турбореактивных двигателей работают в окислительной среде при высоких температурах (до 800...900 °С). Сплавы, из которых изготавливают эти детали, должны обладать повышенной коррозионной стойкостью (окалиностойкостью), высоким сопротивлением ползучести, длительной прочностью при указанных температурах. Выбрать состав сплава, указать методы термической обработки и привести изменение структуры и свойств после основных операций этой обработки.

### *Задача 4*

Многие детали гидросамолетов изготавливают из высокопрочной стали ( $\sigma_B$  не менее 1200 МПа). По условиям эксплуатации эти детали должны быть, кроме того, устойчивы против коррозии в морской воде. Выбрать марку стали, привести ее химический состав, а также структуру и механические свойства после закалки. Привести способ обработки выбранной стали для повышения предела прочности до 1200 МПа, указав, как изменяются при этом другие механические свойства стали.

### *Задача 5*

Поршневые пальцы диаметром 30 мм и длиной 50 мм должны иметь по условиям работы вязкую сердцевину и твердую поверхность, хорошо сопротивляющуюся износу (58...62 HRC). Указать режим обработки, обеспечивающий получение требуемых свойств, если пальцы

изготавливают массовыми партиями из сталей 20 и 45. Привести химический состав сталей 20 и 45 и сравнить продолжительность выдержки изделий из стали 20 при цементации из стали 45 при других способах обработки для получения поверхностного твердого слоя толщиной 0,8...1,0 мм. Указать цикл всех операций термической обработки поршневых пальцев из этих сталей и механические свойства в сердцевине изделия из сталей 20 и 45.

#### *Задача 6*

Многие детали паровых турбин, например, лопатки, работают при повышенных температурах (400...500 °С) и в условиях воздействия пара и влаги. Сталь этого назначения должна обладать устойчивостью против ползучести и коррозии. Выбрать марку стали для лопаток, указать ее химический состав, а также режим термической обработки и микроструктуру в готовом изделии. Привести механические свойства выбранной стали при 20 °С и при 500 °С; сравнить их со свойствами углеродистой качественной стали, имеющей одинаковое содержание углерода. Указать, в каком направлении надо изменить химический состав и микроструктуру стали при необходимости повышения температуры работы деталей до 600...650 °С.

#### *Задача 7*

Нержавеющая хромоникелевая сталь некоторых составов обладает хорошей стойкостью против действия ряда химических сред, но после сварки становится чувствительной к интеркристаллитной коррозии в зоне, прилегающей к сварному шву. Указать химический состав, режим термической обработки и макроструктуру нержавеющей стали, стойкой против действия органических кислот, и указать, какой компонент должна содержать эта сталь для сохранения стойкости против межкристаллитной коррозии после сварки. Объяснить причины, вызывающие межкристаллитную коррозию. Сравнить состав, структуру, режим термической обработки, свойства и область применения стали выбранного

состава с аналогичными характеристиками нержавеющей хромистой стали с таким же содержанием углерода.

#### *Задача 8*

Завод должен изготовить три вала двигателей. Они должны иметь предел прочности не ниже 750 МПа. Однако первый вал имеет диаметр 35 мм, второй 50 мм и третий 120 мм. Выбрать сталь для изготовления валов, обосновать сделанный выбор, рекомендовать режим термической обработки и указать структуру в готовом вале.

#### *Задача 9*

Палец шарнира диаметром 30 мм работает на изгиб, и срез должен, кроме того, обладать высокой износостойкостью на поверхности и высоким сопротивлением хрупкому и вязкому разрушению в сердцевине. Выбрать углеродистую сталь, привести ее состав и марку, рекомендовать режим химико-термической и термической обработки и указать структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки. Указать желательную толщину твердого поверхностного слоя. Объяснить, в каких случаях необходимо выбрать легированную сталь и какие механические свойства можно гарантировать в стали указанных различных типов.

### **2. Задачи по выбору цветных металлов и сплавов**

#### *Задача 1*

Каркас самолета, рассчитанного на полет с дозвуковыми скоростями и воспринимающего значительные нагрузки, изготавливают из легкого сплава с пределом прочности не ниже 400 МПа. Привести состав и плотность сплава, а также режим термической обработки, структуру. Указать его механические свойства после каждой операции термической обработки, объяснив, какие превращения в сплаве способствуют повышению прочности. Сопоставить механические свойства выбранного сплава с механическими свойствами хромоникелевой нержавеющей стали.

При сопоставлении учесть, что детали должны обладать минимальной удельной прочностью при данной температуре.

### *Задача 2*

Отдельные нагруженные детали самолетов, например, тяги управления, изготавливают из легкого сплава с пределом прочности не ниже 400...450 МПа. Привести состав и плотность сплава, а также режим термической обработки и указать структуру и механические свойства после каждой операции термической обработки. Указать способы повышения коррозионной стойкости деталей из этого сплава. Отдельные высоконагруженные элементы самолета можно изготовить также из сплава, имеющего плотность 4,5 т/м<sup>3</sup>, предел текучести 750 МПа и обладающего очень высокой стойкостью против коррозии (в частности, в морской воде). Указать сплав, соответствующий этим повышенным требованиям.

### *Задача 3*

При значительном повышении скорости (за пределы скорости звука) самолетов и других летательных аппаратов значительно нагревается обшивка и другие детали конструкции; поэтому обычно применяемые алюминиевые сплавы оказываются непригодными в указанных условиях службы. Рекомендовать сплавы на основе металла с плотностью 4,5 т/м<sup>3</sup> с повышенными механическими свойствами и удельной прочностью при температурах до 400...500 °С. Привести состав сплава и его свойства при нормальных и повышенных температурах.

### *Задача 4*

Вращающиеся детали многих установок реактивной техники, нагреваемых до 500...600 °С, необходимо изготавливать из сплавов с меньшей плотностью (~4,5 т/м<sup>3</sup>), чем у стали. Выбрать марку сплава и сравнить его жаропрочность (длительную прочность для 1000 ч) при 500 °С с аналогичными свойствами: дуралюмина; жаропрочной стали 12Х18Н9Т.



### *Задача 5*

Детали колес, агрегатов и приборов самолетов, имеющие сложную форму и не испытывающие больших механических нагрузок, изготавливают литьем из легких сплавов (плотностью  $2,7 \text{ т/м}^3$ ), обладающих хорошими литейными свойствами. Выбрать состав сплава, указать его микроструктуру, а также способы повышения механических свойств (в процессе выплавки) и происходящие при этом изменения строения сплава и механических свойств. Указать, для каких литейных сплавов на железной основе применяют аналогичные способы улучшения структуры и свойств.

### *Задача 6*

Детали самолетов, имеющих сравнительно сложную форму (педали, рычаги, стойки педалей и т. п.), изготавливают из сплава с хорошими литейными свойствами, обладающего, кроме того, хорошей обрабатываемостью резанием. Предел прочности сплава должен быть не ниже 220 МПа. Рекомендовать состав сплава, а также режим термической обработки; указать структуру и механические свойства в готовом изделии. Сопоставить механические свойства и режим термической обработки выбранного сплава с аналогичными свойствами и режимом термической обработки пластически деформируемого сплава на алюминиевой основе.

### *Задача 7*

Сварные бензиновые и масляные баки, от материала которых не требуется высоких механических свойств, изготавливают в авиапромышленности из легких листовых сплавов, обладающих повышенной стойкостью против коррозии, пластичностью и способностью хорошо принимать сварку. Рекомендовать состав сплава, пригодного для данного назначения, указать его структуру и механические свойства. Для сравнения привести химический состав, а также режим термической обработки и структуру стали, стойкой против коррозии в указанных средах.

### *Задача 8*

Топливные и масляные баки и некоторые другие детали самолетов изготавливают из сплава с плотностью  $1,7 \text{ т/м}^3$ . Этот сплав имеет высокую пластичность в горячем состоянии, стойкость против коррозии, а также допускает сварку длинных швов. Привести химический состав сплава, его структуру и механические свойства. Сопоставить состав, структуру, механические свойства и плотность выбранного сплава с химическим составом и аналогичными свойствами материалов, стойких против коррозии в условиях морской воды и влаги: алюминиевого сплава и легированной стали.

### *Задача 9*

Тормозные колодки, барабаны, кронштейны и тому подобные детали самолетов во многих случаях изготавливают из сплава с минимальной плотностью. Рекомендовать состав сплава, применяемого для этой цели, и технологический процесс изготовления деталей. Указать возможность термической обработки сплава, режим последней, механические свойства в готовом изделии и возможности повышения коррозионной устойчивости сплава. Привести плотность выбранного сплава и дуралюмина.

## **3. Деформационное упрочнение и рекристаллизация**

### *Задача 1*

Детали, изготавливаемые из прутков меди диаметром 20 мм, должны иметь предел прочности 300 МПа. Между тем на заводе имеется медь в прутках большего диаметра с пределом прочности 220-250 МПа. Можно ли использовать имеющийся металл, повысив прочность медных прутков? Если можно, то укажите, каким способом это можно сделать и какое для этого потребуется оборудование?

### *Задача 2*

Детали из низкоуглеродистой стали, изготовленные штамповкой в холодном состоянии, имели после штамповки неодинаковую твердость в

различных участках; она колебалась от исходной 120НВ до 200 НВ. Объясните, почему материал детали получил после обработки холодной пластической деформацией неодинаковую твёрдость? Можно ли было этого избежать.

### *Задача 3*

Объясните, можно ли отличить по микроструктуре металл, деформированный в холодном состоянии, от металла, деформированного в горячем состоянии? Почему имеются различия структуры? Нарисуйте схемы структур.

### *Задача 4*

К какому виду деформации (холодной или горячей) следует отнести прокатку олова при комнатной температуре и деформацию стали при 400°С?

### *Задача 5*

К какому виду деформации (холодной или горячей) следует отнести прокатку свинца при комнатной температуре и деформацию меди при 400°С?

### *Задача 6*

В котельных установках часто наблюдается значительное усиление коррозии в участках металла, прилегающих к заклёпкам и в местах изгиба греющих труб. Объясните возможную причину этого явления, связанную с изменением свойств металла при переработке в изделие.

### *Задача 7*

Какие процессы происходят при нагреве холоднодеформированного металла, когда температура нагрева выше температурного порога рекристаллизации?

### *Задача 8*

В чём различие между полиморфизмом и рекристаллизацией? Какое из этих явлений носит более общий характер?

### *Задача 9*

После больших степеней деформации металла при волочении проволоки (холодная пластическая деформация) она рвётся. Какие нужно применить технологические методы для исключения обрыва проволоки при волочении?

## **4. Термическое и химико-термическое упрочнение деталей**

### *Задача 1*

В условиях мелкосерийного и единичного производства для зубчатых колес применяется улучшение. Назначить сталь для изготовления зубчатого колеса, линейный размер которого равен а) 20 мм; б) 50 мм, и разработать технологию термической обработки колеса.

### *Задача 2*

В массовом и крупносерийном производстве применяют зубчатые колеса высокой твердости 45...55 HRC, которые после термообработки подвергают зубошлифованию. Назначить сталь для изготовления зубчатого колеса, линейный размер которого равен а) 20 мм; б) 50 мм, и разработать технологию термической обработки колеса.

### *Задача 3*

Для упрочнения деталей, в процессе работы подвергающихся механическому нагружению и интенсивному изнашиванию, применяется цементация на глубину 1..1,5 мм и закалка до 55...60 HRC. Назначить цементуемую сталь для изготовления втулки и разработать технологию упрочняющей обработки.

### *Задача 4*

Для изготовления пружин используются инструментальные и рессорно-пружинные стали (ГОСТ 1435-74 и ГОСТ 14959-79). Пружины из проволоки  $d > 10$  мм навивают в горячем состоянии и потом подвергают термообработке. Назначьте сталь для изготовления пружины из проволоки  $d = 12$  мм и разработайте технологию термической обработки.

### *Задача 5*

Ходовые винты и гайки изготавливают из инструментальной стали ГОСТ 5950-73 с последующей объемной закалкой и полировкой резьбы. Назначьте сталь для изготовления винта  $d = 30$  мм и разработайте технологию термической обработки.

### *Задача 6*

Звездочки цепных передач изготавливают из среднеуглеродистых сталей ГОСТ 1050-88 и ГОСТ 14959-79 с поверхностной или объемной закалкой до твердости 45...55 HRC, а также из цементуемых сталей с цементацией на глубину 1..1,5 мм и закалкой до 55...60 HRC. Назначить сталь для изготовления втулки: а) среднеуглеродистая сталь; б) цементуемая сталь и разработать технологию упрочняющей обработки.

### *Задача 7*

Для зубчатых механизмов ручного управления применяют среднеуглеродистые стали после нормализации. Назначить сталь для изготовления зубчатого колеса и разработать технологию термической обработки.

### *Задача 8*

Быстроходные валы, вращающиеся в подшипниках скольжения, требуют высокой твердости цапф. Для их изготовления применяются цементуемые стали ГОСТ 4543-71. Назначить сталь для изготовления быстроходного вала и разработать технологию термической обработки.

### *Задача 9*

Для изготовления валов применяются улучшаемые стали ГОСТ 1050-88 и ГОСТ 4543-71. Назначить сталь для изготовления вала: а)  $d = 35$  мм; б)  $d = 120$  мм и разработать технологию термической обработки.

## **5. Темы для рефератов.**

1. Методы получения и области применения наноматериалов.
2. Полимерные нанокомпозиты.
3. Пористые материалы и нанокомпозиты.

4. Стеклокерамика и ее применение.
5. Нанокристаллы и их самосборка.
6. Жидкие кристаллы и их применение.
7. Современные керамические материалы.
8. Современные тонкопленочные материалы.
9. Жаропрочные сплавы на основе кобальта.
10. Жаропрочные сплавы на основе никеля.
11. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе.
12. Высокотемпературные материалы на основе углерода.
13. Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов.
14. Аустенитные жаропрочные стали.
15. Металлические аморфные сплавы и области их применения.
16. Технические стекла. Их состав, строение, свойства и области применения.
17. Носители информации с высокой плотностью записи.
18. Материалы из кластеров. Свойства, возможности, производство.
19. Современные полимерные материалы.
20. Современные ферромагнитные и сверхпроводящие материалы.

## 5. Объем и оформление курсовой работы

Контрольно-курсовая работа состоит из пояснительной записки с решенными задачами и ответом на теоретический вопрос.

Пояснительная записка (ПЗ) выполняется на листах белой бумаги формата А4 (210х297 мм) машинописным или рукописным способом, оформляется согласно требованиям стандартов и должна содержать: титульный лист; вариант задания; введение; основное содержание (1 часть – решение задач, 2 часть – реферат по теме, заданной преподавателем); заключение; библиографический список.

Объем реферата должен составлять не менее 25 страниц.

## 6. Защита курсовой работы

Выполненная и оформленная полностью контрольно-курсовая работа предоставляется руководителю на проверку, который подписывает ее к защите или возвращает студенту на доработку в зависимости от готовности пояснительной записки.

Защита ККР заключается в кратком докладе студента о проделанной им работе, о принятых способах решения задач и полученных результатах, пересказа материалов по теме реферата и ответа им на вопросы преподавателя.

Преподаватель оценивает защиту, как по качеству выполненной работы, так и по уровню знаний студента, проявленных им в процессе защиты.

В случае неудовлетворительной оценки студент получает новое задание и выполняет работу заново.

## 7. Список литературы

1. **Материаловедение:** Учебник для высших технических учебных заведений / Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова.—5-е изд., испр. и доп.— М.: Машиностроение, 2006.—384 с, ил.

2. **Новые материалы** / В.Н. Анциферов, Ф.Ф. Бездудный, Л.Н. Белянчиков и др.; Под научной. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2008. – 736 с.

3. **Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И.** Материаловедение: Учебник для вузов. / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин– СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – 784 с.

4. **Пейсхаков А.М., Кучер А.М.** Материаловедение технология конструкционных материалов. Учебник. / А.М. Пейсхаков, А.М. Кучер – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2005. – 416 с.

5. **Батаев А.А., Батаев В.А.** Композиционные материалы: строение, получение, применение: учебник. / А.А. Батаев, В.А. Батаев – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.

6. **Нано-** и микросистемная техника. От исследований к разработкам: сборник статей / под ред. П.П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

7. **Гусев А.И., Ремпель А.А.** Нанокристаллические материалы/А.И.Гусев, А.А.Ремпель. – М.: Физматлит, 2004 – 224 с.

8. **Золотухин И.В.** Новые направления физического материаловедения: Учеб. пособие/ И.В. Золотухин, Ю.Е.Калинин, О.В.Стогней. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2006. – 360 с.

9. **Фролов Г.И.** Физические свойства и применение магнитопленочных нанокomпонентов – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2006. – 188 с.

10. **Пул Ч, мл.** Нанотехнология: учеб. пособие/Ч.Пул – мл., Ф.Оуэнс; прер. с англ. под ред. Ю.В.Головина; доп. В.В.Лучина. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.

11. **Лякишев Н.П.** Получение и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов/Н.П.Лякишев, М.И.Алымов; РАН, Ин-т металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова. – М.: ЭЛИЗ, 2007. – 148с.