

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра экономики предпринимательства

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (МАШИНОСТРОЕНИЕ)»

Уровень подготовки
высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки (специальность)
38.03.01 Экономика
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность подготовки (профиль, специализация)
Экономика предприятий и организаций
(наименование профиля подготовки, специализации)

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

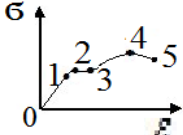
Составитель: Шарифьянов Ф.Ш.

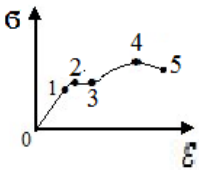
Уфа 2016

Лабораторная работа № 1. Определение механических свойств конструкционных материалов.

Раздел (тема) дисциплины: **Раздел № 1. Теоретические основы материаловедения. Качество и свойства металлов**

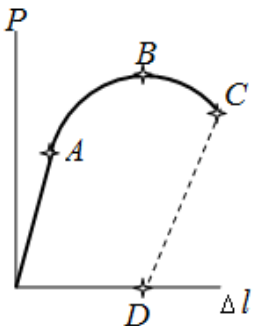
Тесты для проверки подготовленности студентов к выполнению работы

Вопросы	Ответы
1	2
1.1. Какие размеры плоских образцов используются при определении пластичности металлов после испытания на растяжение?	1) расчётная длина l_0 ; 2) начальная ширина b_0 ; 3) диаметр D_0 ; 4) начальная толщина a_0 ; 5) удлинение Δl .
1.2. К механическим свойствам материалов относятся	1) плотность материала; 2) электросопротивление и электропроводность; 3) теплопроводность; 4) предел прочности и пластичность; 5) приложенная к образцу нагрузка и удлинение.
1.3. Сила деформирования образцов (осевая нагрузка) на современных разрывных машинах определяется	1) подвешиванием гирь; 2) рычажным силоизмерителем; 3) стрелочным прибором; 4) тензометрическим устройством.
1.4. Физический предел текучести определяется как отношение	1) максимальной нагрузки на сечение образца после деформации; 2) величины нагрузки, соответствующей площадке текучести на сечение образца после деформации; 3) величины нагрузки, соответствующей площадке текучести на сечение образца до деформации; 4) максимальной нагрузки на сечение образца до деформации.
1.5. Модуль упругости можно определить из закона Гука по формуле	1) $\sigma = F/S$; 2) $k = ES/l_0$; 3) $E = \sigma/\delta$; 4) $E = \Delta l/l_0$; 5) $E = \Delta l/(Sl_0)$.
1.6. На графике растяжения материала укажите область текучести 	1) 0-1; 2) 1-2; 3) 2-3; 4) 3-4; 5) нет правильного ответа.
	1) обозначает значение твердости 250 единиц Бринелля при использовании ша-рика диаметром 10 мм при нагрузке 180 кг и временем выдержки под нагрузкой 5 с;

<p>1.7. Расшифруйте условия испытаний 180 НВ 5/250/10</p>	<p>2) модель прибора для испытаний методом Бринелля; 3) твердость 180 единиц Бринелля при использовании шарика с $D=5\text{мм}$ при $P=250\text{ кгс}$ и временем выдержки под нагрузкой 10 с; 4) твердость 180 единиц Роквелла при основной нагрузке $P_1=250\text{ кгс}$ и предварительной нагрузке $P_0=10\text{ кгс}$ и временем выдержки под нагрузкой 5 с; 5) марка прибора для испытаний методом Роквелла.</p>
<p>1.8. На графике растяжения материала укажите область упругих деформаций</p> 	<p>1) 0-1; 2) 1-2; 3) 2-3; 4) 3-4; 5) нет правильного ответа.</p>
<p>1.9. Как обозначается условный предел текучести?</p>	<p>1) P_{\max}; 2) F_0; 3) $P_{0,2}$; 4) l_0; 5) P_T.</p>
<p>1.10. Какие из перечисленных показателей относят к пластичности материалов?</p>	<p>1) временное сопротивление; 2) относительное сужение; 3) истинное сопротивление разрыву; 4) предел пропорциональности; 5) условный предел текучести.</p>
<p>1.11. Диаграмма растяжения с физическим пределом текучести характера для</p>	<p>1) деформированного металла; 2) частого металла; 3) отожженного металла; 4) металла упрочненного термической обработкой; 5) наклепанного металла.</p>
<p>1.12. Что характеризует твердость? Укажите правильные ответы</p>	<p>1) способность материала оказывать сопротивление контактному воздействию и внедрению в его поверхность недеформирующегося наконечника (индентора); 2) свойство материала сопротивляться упругой и пластической деформации или разрушению при местных контактных воздействиях со стороны другого, более твердого тела (индентора); 3) качество материала и пригодность его для того или иного назначения; 4) сопротивление материала местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твердого тела – индентора; 5) способность тела противостоять внедрению в поверхностные слои инородных тел.</p>
	<p>1) твердость 5 кгс/мм при нагрузке 235 кгс, диаметре шарика 750 мм и временем выдержки под нагрузкой 30 с;</p>

1.13. Что обозначает запись 235 HB 5/750/30 ?	<p>2) твердость 750 кгс/мм при нагрузке 235 кгс, диаметре шарика 5 мм и временем выдержки под нагрузкой 30 с;</p> <p>3) твердость 235 кгс/мм при нагрузке 750 кгс, диаметре шарика 30 мм и временем выдержки под нагрузкой 5 с;</p> <p>4) твердость 235 кгс/мм при использовании шарика диаметром 5 мм, нагрузке 750 кг и временем выдержки под нагрузкой 30 с;</p> <p>5) модель прибора для измерения твердости.</p>
1.14. Единицы измерения твердости по Роквеллу	<p>1) кгс/мм²;</p> <p>2) Н; 3) мм;</p> <p>4) условные единицы;</p> <p>5) кгс.</p>
1.15. Какие из перечисленных показателей относят к пластичности материалов?	<p>1) временное сопротивление;</p> <p>2) относительное сужение;</p> <p>3) истинное сопротивление разрыву;</p> <p>4) предел пропорциональности;</p> <p>5) условный предел текучести.</p>
1.16. Чему равен предел прочности стали (10 ⁻¹ МПа) с твердостью 40 HRC?	<p>1) 135;</p> <p>2) 160;</p> <p>3) 240;</p> <p>4) 200;</p> <p>5) 127.</p>
1.17. Формула для определения относительного удлинения:	<p>1) $\delta = (l_k - l_0) / l_0 \cdot 100\%$;</p> <p>2) $l_0 = 5,65d$;</p> <p>3) $l = 11,3 l_0$;</p> <p>4) $\sigma_T = P_T / F_0$;</p> <p>5) $\psi = (F_0 - F_k) / F_0$?</p>
1.18. Первичная диаграмма растяжения строится в координатах:	<p>1) нагрузка – удлинение;</p> <p>2) напряжение – деформация;</p> <p>3) нагрузка – деформация;</p> <p>4) напряжение – удлинение.</p>
1.19. Число твердости по Роквеллу при использовании индентора в виде алмазного конуса обозначают символом:	<p>1) HRA;</p> <p>2) HRB;</p> <p>3) HV;</p> <p>4) HRC;</p> <p>5) HRC э.</p>
1.20. Метод Бринелля позволяет определить твердость материалов	<p>1) от 8 до 450 кгс/мм²;</p> <p>2) от 78,5 до 4413 МПа;</p> <p>3) от 100 до 500 кгс/мм²;</p> <p>4) от 5 до 1000 кгс/мм²;</p> <p>5) до 450 HB.</p>
1.21. Каково временное сопротивление стали при твердости 300 HB?	<p>1) 415; 2) 84;</p> <p>3) 108;</p> <p>4) 72;</p> <p>5) 102.</p>
1.22. Способность материала сопротивляться действию внешних сил, не разрушаясь, называется	<p>1) прочностью;</p> <p>2) вязкостью;</p> <p>3) пластичностью;</p> <p>4) твердостью.</p>

<p>1.23. Временное сопротивление (предел прочности) определяется как отношение</p>	<p>1) максимальной нагрузки на сечение образца после деформации; 2) величины нагрузки, соответствующей площадки текучести на сечение образца после деформации; 3) величины нагрузки, соответствующей площадки текучести на сечение образца до деформации; 4) P_{max}/F_0.</p>
<p>1.24. Что показывает индекс при обозначении условного предела текучести ?</p>	<p>1) величину заданного остаточного удлинения образца 0,2 %; 2) величину заданного остаточного удлинения образца 2,0 %; 3) величину погрешности при определении условного предела текучести; 4) величину заданного остаточного удлинения образца 20 %; 5) произвольно выбранное условное обозначение.</p>
<p>1.25. При испытании на твердость методом Виккерса в качестве индентора используют</p>	<p>1) алмазный конус с углом при вершине 120°; 2) правильную четырехгранную алмазную пирамиду с углом между противоположными гранями 136°; 3) стальной закаленный шарик диаметром 1,588 мм; 4) четырехгранную пирамиду из карбида вольфрама; 5) алмазный конус с углом при вершине 136°.</p>
<p>1.26. Какой стадии деформации соответствует площадка текучести на диаграмме растяжения?</p>	<p>1) стадии упругой деформации; 2) стадии пластической деформации с без изменения нагрузки; 3) стадии пластической деформации с интенсивным упрочнением в результате возрастания плотности дислокаций; 4) стадии интенсивной деформации без упрочнения; 5) стадии разрушения .</p>
<p>1.27. Каков предел прочности $\sigma_{вдур}$ алюминия после закалки и старения с твердостью НВ 119 ?</p>	<p>1) $\sigma_{вдур}=290$ МПа; 2) $\sigma_{вдур}=440$ МПа; 3) значение $\sigma_{вдур}$ алюминия по твердости определить невозможно; 4) $\sigma_{вдур}=210$ МПа; 5) $\sigma_{вдур}=180$ МПа.</p>
<p>1.28. Какие механические свойства материала выявляются при испытаниях на растяжение?</p>	<p>1) показатели прочности, пластичности, вязкости; 2) твердость, пластичность, предел выносливости; 3) характеристики $\sigma_{в}$, $\sigma_{т}$, δ, ψ; 4) характеристики $\sigma_{в}$, $\sigma_{т}$, ψ, δ, a_n; 5) характеристики НВ, $\sigma_{в}$, ψ, δ.</p>
<p>1.29. Первичная диаграмма растяжения строится в координатах:</p>	<p>1) нагрузка (P) – время (τ); 2) нагрузка (P) – относительное удлинение (δ); 3) абсолютное удлинение (Δl) – время (τ); 4) нагрузка (P) – абсолютное удлинение (Δl); 5) напряжение (σ)– удлинение (Δl).</p>
<p>1.30. Что означают символы HRC, HRB и HRA?</p>	<p>1) число твердости по Роквеллу при использовании алмазного конуса; 2) число твердости по Роквеллу при использовании шарового индентора;</p>

	3) шкалы для измерений твёрдости разных объектов; 4) для измерений при уменьшенной общей нагрузке на конус.
1.31. Условное обозначение твердости по Бринеллю:	1) HRA; 2) HRC; 3) HB; 4) HV.
1.32. Условное обозначение твердости по Роквеллу:	1) HB; 2) HRC; 3) HV; 4) HSD.
1.33. Единицы измерения твердости по Бринеллю:	1) МПа; 2) кг/мм ² ; 3) у.е. = 0,002 мм; 4) у.е. = 29,85.
1.34. Единицы измерения твердости по Роквеллу:	1) МПа; 2) кг/мм ² ; 3) у.е. = 0,002 мм; 4) у.е. = 29,85.
1.35. Какой точке на диаграмме растяжения соответствует начало появления шейки? 	1) A; 2) B; 3) C; 4) D.
1.36. Ударная вязкость характеризует	1) работу разрушения; 2) удельную работу разрушения; 3) удельную прочность; 4) удельную жесткость.
1.37. Определение ударной вязкости относится к	1) статическим методам испытания; 2) динамическим методам испытания; 3) циклическим методам испытания; 4) испытаниям на износостойкость.
1.38. Какое из перечисленных свойств в наибольшей степени характеризует сопротивление материалов хрупкому разрушению?	1) твёрдость; 2) предел прочности; 3) предел текучести; 4) ударная вязкость.

Задания.

1. Ознакомиться с типовыми образцами на растяжение и ударную вязкость. Посмотреть видеоролики, обращая внимание на устройство, принцип действия испытательных машин, методику проведения испытаний, определения прочностных и пластических характеристик, ударной вязкости материалов.

2. По образцам, подвергнутым растяжению, определить относительное удлинение δ и относительное сужение ψ (при $l_0 = 25$ мм).

3. Изучить с помощью учебного мастера (преподавателя) устройство используемых твердомеров.

4. Произвести измерения твердости на трёх образцах отожжённой и закаленной стали с различным содержанием углерода по методам Бринелля и Роквелла. Диаметр отпечатка по методу Бринелля измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют как среднее арифметическое.

5. Измерить твёрдость дуралюминия по шкале HRF прибора Роквелла. При измерении по методу Роквелла повторяют испытания на одном образце 4 раза, принимая среднее из трех последних.

6. Рассчитать предел прочности по значению твердости, пользуясь эмпирической формулой для измеряемого материала.

7. По результатам экспериментальных данных сделать заключение о влиянии углерода на прочность и твёрдость стали.

8. По результатам испытаний построить графики зависимости твердости и прочности стали в отожженном состоянии от процентного содержания в ней углерода.

Критерии результативности работы

Лабораторная работа считается выполненной в том случае, если студент:

- 1) научился правильно анализировать экспериментальные данные по определению основных механических свойств материалов;
- 2) правильно ответил на все контрольные вопросы;
- 3) результаты выполненной работы представлены в соответствии с требованиями к составлению отчёта.

Отчёт должен содержать:

- а) название и цель работы;
- б) рисунки образцов на растяжение;
- в) типичные кривые на растяжение и описать методику определения пределов прочности, текучести и характеристик пластичности;
- г) схемы измерения твёрдости по Бринеллю и Роквеллу и дать краткое их описание;
- д) приборы для измерения твёрдости по методам Бринелля и Роквелла;
- е) схему и описание определения ударной вязкости
- ж) результаты экспериментальной части работы;
- з) выводы, согласованные с задачами работы

Вопросы к защите работы

1. Какие механические характеристики можно определить испытанием материалов на растяжение?
2. Какие образцы применяются для испытания на растяжение?
3. Какую зависимость изображает первичная диаграмма растяжения, записанная испытательной машиной на растяжение?
4. Какие встречаются на практике типичные диаграммы растяжения металлов?
5. Как по диаграмме растяжения определить σ_b и σ_T ?
6. В чём заключается разница между физическим и условным пределом текучести?
7. Как определить характеристики пластичности δ и ψ ?
8. Что называется твердостью?
9. В чём заключается сущность измерения твердости по Бринеллю?
10. С какими значениями диаметров используются шаровые инденторы при испытании на твердость по Бринеллю и из каких условий они выбираются?

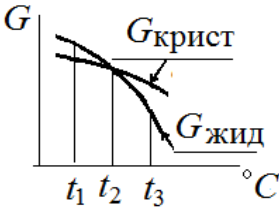

11. Какой прибор используется для измерения диаметра отпечатка при испытании на твёрдость по Бринеллю и как осуществить измерение?
12. Как обозначается твёрдость по Бринеллю?
13. Какие существуют зависимости между твёрдостью и пределом прочности материала на растяжение?
14. В чём заключается измерение твердости по Роквеллу?
15. Какие типы наконечников и нагрузки на них применяются при испытании материалов на твёрдость по методу Роквелла?
16. В каких случаях используются шкалы *A*, *C*, *B*, *F* при испытании на твёрдость по Роквеллу и как настроить прибор на эти шкалы?
17. Как обозначается твёрдость по Роквеллу, измеренная по шкалам *A*, *B*, *C* и *F*?
18. Почему меньшая глубина проникновения наконечника соответствует большей твёрдости материала при измерении твёрдости по Роквеллу?
19. Какие условия принято соблюдать при измерении твёрдости по Роквеллу (минимальные расстояния между центрами соседних отпечатков и от края образцов, минимальная толщина образцов)?
20. По каким шкалам (красной или чёрной) производится отсчёт твёрдости при вдавливании алмазного наконечника и стального шарика соответственно?
21. В чём заключается метод определения ударной вязкости?
22. Какое свойство конструкционных материалов называется вязкостью и какие материалы называют вязкими?
23. Какими методами можно установить вязкость материала?
24. Какие виды надрезов используются в образцах для испытания на ударную вязкость и какова их роль?
25. Как определяется полная работа, затраченная на разрушение образца и из каких двух частей она состоит?
26. В чём разница между полной работой, затраченной на разрушение и удельной работой?
27. Есть ли разница между удельной работой разрушения и ударной вязкостью?
28. Как обозначается ударная вязкость материалов?

Лабораторная работа № 2. Формирование структуры металлов и солей при кристаллизации

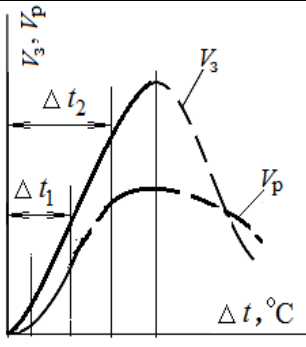
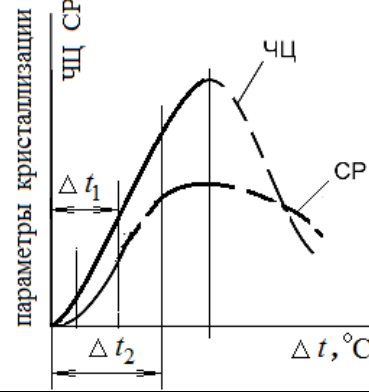
Раздел (тема) дисциплины: **Раздел № 2. Кристаллизация металлов.**

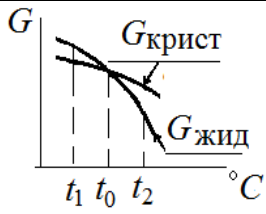
Тесты для проверки подготовленности студентов к выполнению работы

Вопросы	Ответы
1	2
2.1. Дендрит – от греческого слова «дендрон»:	1) корень; 2) дерево; 3) зерно; 4) затвердевание; 5) плавление.
2.2. Процесс измельчения зерен металла при кристаллизации получил название:	1) легирования; 2) микролегирования; 3) модифицирования; 4) ликвации; 5) упрочнения
1	2
2.3. Разность между теоретической и фактической температурой кристаллизации называют:	1) степенью нагрева; 2) степенью переохлаждения; 3) рекристаллизацией; 4) возвратом; 5) интервалом кристаллизации.
	1) аморфное; 2) кристаллическое;

2.4. Какие ответы правильные? Металлы и сплавы могут иметь строение:	3) волокнистое; 4) дендритное; 5) все ответы правильны.
2.5. Ликвацией называется	1) разноструктурность структуры; 2) химическая неоднородность; 3) многокомпонентность; 4) анизотропия свойств.
2.6. Что называется критическим зародышем?	1) группировка атомов малого размера; 2) группировка атомов большого размера; 3) способный к дальнейшему росту; 4) исчезающий при кристаллизации.
2.7. Что называется флуктуацией?	1) образование зёрненной структуры; 2) изменение внутренней энергии системы; 3) развитие кристаллизации; 4) периодически возникающая группировка атомов в жидком расплаве с их упорядоченным расположением.
2.8. При какой (каких) температуре(ах) возможен процесс кристаллизации?	 <p>1) t_2 и t_3; 2) t_1 и t_2; 3) t_1; 4) t_3.</p>
2.9. Как называется структура, схема которой представлена на рис.? 	1) дендрит; 2) блок мозаичной структуры; 3) сложная кристаллическая решетка; 4) ледебурит.
2.10. Размер критического зародыша при кристаллизации уменьшается:	1) с увеличением степени переохлаждения; 2) с уменьшением скорости переохлаждения; 3) при модифицировании расплава; 4) при перегреве расплава.
2.11. При каком способе кристаллизации формируется наиболее мелкозернистая микроструктура?	1) при ультразвуковой обработке; 2) при кристаллизации в водоохлаждаемом контейнере; 3) при кристаллизации в земляных формах; 4) при гомогенной кристаллизации.
1	2
2.12. Как называется величина $\Delta t = t_{\Gamma} - t_{\text{д}}$:	1) степень охлаждения; 2) разность температур; 3) скорость охлаждения; 4) степень переохлаждения; 5) переохлаждением.
	1) перегиб;

2.13. Какой признак на кривой охлаждения определяет температуру кристаллизации чистых металлов:	2) наличие температурного участка горизонтальной площадки; 3) перегиб и температурный уровень горизонтальной площадки; 4) изменение наклона.
2.14. В чем сущность модифицирования?	1) ускорение процесса кристаллизации; 2) увеличение числа центров кристаллизации; 3) уменьшение скорости роста кристаллов; увеличение степени переохлаждения расплава.
2.16. Каким образом можно получить при кристаллизации мелкодисперсную структуру?	1) легированием; 2) литьём в нетеплопроводные формы; 3) модифицированием; 4) замедляя охлаждение.
2.17. Дендритная ликвация – это:	1) неоднородность размера зерен в пределах слитка; 2) неоднородность химического состава в пределах слитка; 3) неоднородность химического состава в пределах зерен (дендритов); 4) неоднородность плотности металла в пределах слитка.
2.18. Формирование равноосных кристаллов в центре отливки при обычной кристаллизации связано:	1) наличием готовых центров кристаллизации; 2) одинаковой скоростью роста кристаллов в направлениях с одинаковой плотностью атомов в гранях; 3) с выравниванием термодинамических потенциалов жидкой и твердой фазы; 4) выравниванием температуры расплава за счет выделения скрытой теплоты плавления.
2.19. Какими параметрами определяется кристаллизация?	1) числом частиц нерастворимых примесей и наличием конвективных потоков; 2) числом центров кристаллизации и скоростью роста кристаллов из этих центров; 3) степенью переохлаждения сплава; 4) скоростью отвода тепла.
2.20. Какие условия необходимы для получения крупного глобулярного зерна?	1) слабый перегрев и направленное охлаждение; 2) слабый перегрев и равномерное охлаждение; 3) сильный перегрев и равномерное охлаждение; 4) все ответы правильны.
1	2
2.21. Какую структуру можно ожидать, если при кристаллизации достигнута степень переохлаждения Δt_2 ?	

	<ol style="list-style-type: none"> 1) любую. Характер структуры мало зависит от степени переохлаждения; 2) аморфную; 3) крупнозернистую; 4) мелкозернистую.
<p>2.22. Чем определяется форма зёрен металла?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) условиями столкновения растущих зародышей правильной формы; 2) формой частиц нерастворимых примесей, на которых протекает кристаллизация; 3) интенсивностью тепловых потоков; 4) формой кристаллических зародышей.
<p>2.23. Как зависит размер зерен металла от степени его переохлаждения при кристаллизации?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) чем больше степень переохлаждения, тем крупнее зерно; 2) размер зерна не зависит от степени переохлаждения; 3) чем больше степень переохлаждения, тем мельче зерно; 4) зависимость неоднозначна: с увеличением переохлаждения зерно одних металлов растёт, других – уменьшается.
<p>2.24. Какую структуру можно ожидать, если при кристаллизации достигнута степень переохлаждения Δt_1?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) любую. Характер структуры мало зависит от степени переохлаждения; 2) аморфную; 3) крупнокристаллическую; 4) мелкокристаллическую.
<p>2.25. Образование осей I-го порядка при дендритной кристаллизации происходит (несколько правильных ответов):</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) в направлении граней кристаллической решётки затвердеваемого металла; 2) вдоль стенок литейной формы; 3) в направлениях решётки, имеющих наибольшую плотность упаковки атомов; 4) в направлении отвода тепла; 5) правильные ответы: а) 1,2; б) 2,3; в) 1,3; г) 3,4.
1	2
<p>2.26. Какой физический смысл температуры t_0 ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) при t_0 совершается процесс плавления;

	<p>2) при t_0 совершается процесс кристаллизации;</p> <p>3) t_0 – равновесная температура, при которой возможно существование жидкой и твердой фаз;</p> <p>4) температура, при которой существует только жидкая фаза.</p>
<p>2.27. Структурные изменения, происходящие при кристаллизации отливок под воздействием ультразвуковой обработки обусловлены:</p>	<p>1) возникшим сильным магнитным полем;</p> <p>2) за счёт образования чередующихся зон давления и разрежения в объёме жидкого металла;</p> <p>3) воздействием на расплав частоты порядка 100...100 Гц;</p> <p>4) все ответы правильны.</p>
<p>2.28. Для кристаллического состояния вещества характерны (несклько вариантов ответа):</p>	<p>1) ковкость; 2) наличие дальнего порядка в расположении частиц; 3) анизотропия свойств; 4) высокая электропроводность; 5) наличие только ближнего порядка в расположении частиц</p>

Задания.

По усмотрению преподавателя практическая часть может быть реализована по одному из рекомендуемых вариантов.

1-й вариант – изучение кристаллизации солей и строения слитков проводится в следующей последовательности:

1) посмотреть учебный фильм (видеоролик) «Кристаллизация металлов». При этом обратить внимание на следующие положения: строение твёрдого и жидкого состояния металлов; как образуются кристаллы из жидкого состояния; какие бывают кристаллы по форме; как образуются зародыши кристаллизации; какие факторы влияют на размер зерна и др.;

2) изучить устройство биологического микроскопа и научиться пользоваться им;

3) определить по изломам слитков сурьмы, отлитых в холодную металлическую и горячую керамическую формы, влияние скорости охлаждения на форму и размеры зерен. Зарисовать изломы слитков и дать пояснения к рисункам;

4) изучить строение стального слитка и зарисовать его микроструктуру по продольному разрезу;

5) исследовать кристаллизацию солей, приведённых в табл. 2.1 и сделать зарисовки процесса их кристаллизации.

2-й вариант практической части – экспериментальное снятие кривых охлаждения (использовать программу «Термический анализ»).

Типичные кривые перечисленных сплавов, полученные экспериментально могут иметь вид, представленный на рис. 2.15:

a – чистого металла (свинец или сурьма);

б – эвтектического сплава (13 % Sb–Pb);

в – сплава (6 % Pb–Sb);

г – воска (аморфное вещество).

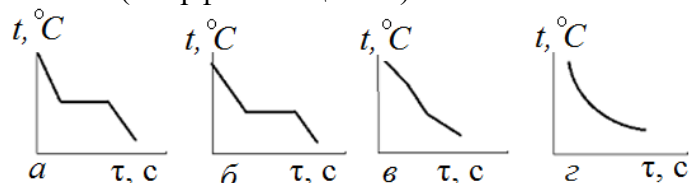


Рис. 2.15. Типичные кривые охлаждения сплавов и аморфного материала

Критерии результативности работы

Лабораторная работа считается выполненной в том случае, если студент:

- 1) научился правильно анализировать процессы структурообразования при различных условиях кристаллизации металлов и солей;
- 2) результаты выполненной работы представлены в соответствии с требованиями к составлению отчёта;
- 3) правильно ответил на все контрольные вопросы.

Отчет по работе должен содержать:

- а) название и цель работы;
- б) краткую теоретическую часть с отображением определения кристаллизации, понятий о теоретической и фактической температурах кристаллизации, степени переохлаждения, параметрах кристаллизации, условий получения различных типов структур, строении слитка, особенностях кристаллизации солей;
- в) результаты экспериментальной части работы;
- г) выводы, согласованные с задачами работы

Вопросы, выносимые к защите

1. Что называется кристаллизацией?
2. Что называется свободной энергией и как она определяется?
3. Как изменяется свободная энергия твёрдого и жидкого состояний металлов?
4. Что называется теоретической температурой кристаллизации?
5. Что называется степенью переохлаждения?
6. Какие два процесса сопровождают процесс кристаллизации?
7. Какой зародыш имеет критический размер?
8. Как влияет степень переохлаждения на скорость образования зародышей и скорость их роста?
9. Когда образуется аморфное состояние в металлах?
10. При каких условиях кристаллы растут, сохраняя правильную форму, и когда прекращается такой рост?
11. Как получить при кристаллизации мелкозернистую структуру?
12. Что называется модифицированием?
13. Какие три зоны различают в структуре слитков и чем обусловлены их образование?
14. Каков механизм образования усадочной раковины?
15. В чём особенность дендритной кристаллизации?
16. Что называется ликвацией?
17. В чём заключается направленная кристаллизация?
18. Когда применяется направленная кристаллизация?
19. Какие изменения структуры в металлах при кристаллизации происходят при воздействии ультразвуком?
20. Почему при изучении кристаллизации металлов прибегают к наблюдению процесса кристаллизации солей?
21. В чём разница между кристаллизацией солей NaCl и NH₄Cl? В чём особенность их кристаллизации?
22. Как устроен биологический микроскоп?

Лабораторная работа № 3. Термическая обработка углеродистых сталей.

Раздел (тема) дисциплины: **Раздел № 5. Термическая обработка сплавов**

Тесты для проверки подготовленности студентов к защите работы

Вопросы	Ответы
3.1. Как изменяется прочность (σ_B) и ударная вязкость (КСУ) с повышением температуры отпуска?	1) σ_B и КСУ увеличиваются; 2) σ_B растёт, а КСУ уменьшается; 3) σ_B падает, КСУ растёт; 4) σ_B не изменяется, КСУ растёт; 5) σ_B и КСУ уменьшаются.
3.2. Разница между полным и неполным отжигом заключается	1) в различной температуре нагрева; 2) в различной структуре, которая достигается выдержкой при температурах нагрева; 3) в различном времени выдержки; 4) в различной скорости охлаждения.
3.3. Температура нагрева стали У7 под закалку	1) $A_{c1} + (30...50\text{ }^\circ\text{C})$; 2) $A_{c3} + (30...50\text{ }^\circ\text{C})$; 3) $A_{c2} + (30...50\text{ }^\circ\text{C})$; 4) $900\text{ }^\circ\text{C}$.
3.4. Принципиальное различие между нормализацией и отпуском заключается в том, что	1) нормализация является самостоятельным видом термической обработки, а отпуск применяется как вторичный вид термической обработки; 2) скорость охлаждения должна быть различной; 3) скорость нагрева должна быть различной; 4) нормализация применяется только для легированных сталей, тогда как отпуск только для углеродистых.
3.5. Термическая обработка стали, приводящая к получению равновесной структуры	1) полный отжиг; 2) нормализация; 3) закалка+ высокий отпуск; 4) отпуск.
3.6. Термическая обработка, при которой сталь нагревают выше линии АС3, выдерживают и охлаждают на воздухе	1) полный отжиг; 2) нормализация; 3) полная закалка; 4) неполный отжиг.
3.7. При какой температуре происходит распад остаточного аустенита при отпуске в углеродистой стали?	1) $200 \dots 300\text{ }^\circ\text{C}$; 2) $150 \dots 200\text{ }^\circ\text{C}$; 3) $350 \dots 400\text{ }^\circ\text{C}$; 5) $550 \dots 600\text{ }^\circ\text{C}$.
3.8. Общим между отжигом 2-го рода и закалкой является:	1) нагрев выше температур фазовых превращений; 2) фиксирование неравновесных структур при комнатных температурах; 3) перевод сплава в устойчивое состояние; 4) одинаковый режим охлаждения.
3.9. Термическая обработка, при которой сталь нагревают выше линии АС3, выдерживают и охлаждают с печью	1) полный отжиг; 2) нормализация; 3) полная закалка; 4) неполный отжиг.
3.10. Термическая обработка, при которой сталь нагревают выше линии АС3, выдерживают и охлаждают со скоростью выше критической	1) полный отжиг; 2) нормализация; 3) полная закалка; 4) неполный отжиг.

3.11. Какой процесс называют термическим улучшением?	1) закалку с последующим высоким отпуском; 2) закалку с последующим низким отпуском; 3) закалку с последующим средним отпуском; 4) нагрев выше критической температуры с охлаждением на воздухе.
3.12. Принципиальная разница между полной и неполной закалкой заключается в том, что	1) температура нагрева различна; 2) структура перед охлаждением различна; 3) скорость охлаждения различна; 4) охлаждающая среда различна.
3.13. Отжиг для устранения дендритной ликвации в стальных слитках называют	1) гомогенизационный; 2) рекристаллизационный; 3) полный; 4) неполный.
3.14. При проведении нормализации стали охлаждение осуществляют	1) на воздухе; 2) в воде; 3) в масле; 4) с печью.
3.15. Принципиальная разница между полной и неполной закалкой заключается в том, что	1) температура нагрева различна; 2) структура перед охлаждением различна; 3) скорость охлаждения различна; 4) охлаждающая среда различна.
3.16. Деталь по ошибке подвергли закалке и низкому отпуску. Предложите режим обработки, если в детали необходимо иметь структуру тростит	1) отжиг + закалка; 2) высокий отпуск; 3) средний отпуск; 4) отжиг+закалка+ высокий отпуск.
3.17. Нормализация отличается от отжига	1) скоростью нагрева; 2) продолжительностью выдержки; 3) скоростью охлаждения; 4) температурой нагрева.
3.18. Принципиальное различие между нормализацией и отпуском заключается в том, что	1) нормализация является самостоятельным видом т.о., а отпуск применяется как вторичный вид т.о.; 2) скорость охлаждения должна быть различна; 3) скорость нагрева должна быть различна; 4) нормализация применяется только для легированных сталей, тогда как отпуск – только для углеродистых.
3.19. Вид термической обработки, заключающийся в нагреве закалённой стали, ниже точки A_{c1}	1) неполный отжиг; 2) нормализация; 3) отпуск; 4) полный отжиг.
3.20. Какие процессы протекают в закалённой стали при отпуске в температурном интервале 450...550 °С?	1) распад остаточного аустенита; 2) превращение $M_{зак}$ в $M_{отп}$; 3) выделение углерода из мартенсита; 4) коагуляция и сфероидизация карбидов; 5) снятие напряжений.
3.21. Какая структура получается после высокого отпуска стали 45?	1) мартенсит+цементит; 2) мартенсит отпуска; 3) троостит; 4) сорбит; 5) перлит.
3.22. Какова причина объёмных изменений при отпуске закалённой стали в районе температур 80...200 °С?	1) распад остаточного аустенита; 2) уменьшение тетрагональности мартенсита; 3) коагуляция и сфероидизация карбидов; 4) снятие напряжений.

3.24. Гомогенизирующий отжиг сталей проводят при температурах	1) 160...180 °С; 2) 600...800 °С; 3) 1100...1200 °С; 4) 750...780 °С; 5) 800...900 °С.
3.25. Оптимальная температура закалки стали У12 составляет:	1) 900 °С; 2) 870 °С; 3) 770 °С; 4) 727 °С; 5) 1200 °С.
3.26. Термическая обработка, при которой сталь нагрели до оптимальной температуры, подвергли выдержке, а затем быстро охладили в воде, называется	1) закалка; 2) нормализация; 3) отжиг 1-го рода; 4) одинарная обработка; 5) отпуск.
3.27. Основные параметры закалки (несколько вариантов ответов)	1) скорость нагрева; 2) давление в печи; 3) скорость охлаждения; 4) температура нагрева; 5) выдержка при температуре нагрева.
3.28. Какая обработка стальных изделий называется термическим улучшением?	1) закалка; 2) закалка+низкий отпуск; 3) высокий отпуск; 4) закалка+ высокий отпуск; 5) шлифовка деталей.
3.29. Чем отличается мартенсит отпуска от мартенсита закалки?	1) меньшим содержанием углерода; 2) отсутствием углерода; 3) большим содержанием углерода; 4) большей степенью тетрагональности решётки.
3.30. Мартенсит отпуска образуется при	1) 150...200 °С; 2) 350...400 °С; 3) 500...600 °С; 4) 650...700 °С; 5) 450...500 °С.
3.31. Какая сталь будет иметь большую твёрдость после закалки?	1) Ст 0; 2) Сталь 60; 3) сталь У9; 4) сталь 30.
3.32. Какая структура получается после низкого отпуска в стали 45?	1) мартенсит отпуска; 2) троостит; 3) сорбит; 4) перлит 5) бейнит.
3.33. При какой температуре отпуска можно в углеродистой стали получить троостит?	1) 200 °С; 2) 300 °С ; 3) 400 °С; 4) 50 °С; 5) 600 °С.
3.34. Каковы цели отпуска углеродистой стали?	1) перекристаллизация стали; 2) повышение твёрдости; 3) снятие напряжений; 4) повышение пластичности; 5) устранение перегретой структуры.
3.35. При какой температуре начинается интенсивный рост частиц цементита при отпуске закалённой стали?	1) ≈350 °С; 2) 100...150 °С; 3) ≈ 250 °С; 4) выше 400...450 °С; 5) 80...120 °С.
	1) снижением внутренних напряжений; 2) укрупнением частиц цементита и зернистой структуры феррита;

3.36. Чем объясняется понижение твёрдости закалённой стали по мере повышения температуры отпуска от 400 до 600 °С;	3) интенсивным выделением углерода из решётки мартенсита; 4) получением феррито-цементитной смеси.
3.37. Какая структура будет в стали 40 после улучшения?	1) троостит; 2) феррит+перлит; 3) мартенсит отпуска; 4) сорбит
3.38. Сорбит отпуска образуется при	1) 150 ... 200 °С; 2) 350 ... 450 °С; 3) 500 ... 600 °С; 4) 700... 800 °С.
3.39. Мартенсит отпуска образуется при	1) 150 ...200 °С; 2) 350 ... 450 °С; 3) 500 ... 600 °С; 4) 600 ... 700 °С.
3.40. Термическая обработка вала из стали 45, работающего при знакопеременных нагрузках	1) полная закалка+ высокий отпуск; 2) полная закалка+средний отпуск; 3) закалка; 4) отжиг.
3.41. Троостит отпуска образуется при:	1) 150...200 °С; 2) 350...400 °С; 3) 500...600 °С; 4) 650...700 °С; 5) 450...500 °С.
3.42. После закалки стали 45 получена структура «Мартенсит +Феррит». Причиной брака является:	1) нагрев детали была выше $A_{с3}$; 2) нагрев детали была ниже $A_{с3}$; 3) недостаточно было время выдержки; 4) была длительная выдержка.
3.43. Сталь практически не закаливается:	1) Сталь 10; 2) сталь 45; 3) сталь У7; 40Х; 5) сталь 30ХГСНА.
3.44. Для устранения наклепа после холодной пластической деформации применяют:	1) гомогенизирующий отжиг; 2) закалку; 3) нормализацию; 4) рекристаллизационный отжиг.
3.45. Для устранения дендритной ликвации слитков стали применяют:	1) нормализацию; 2) закалку; 3) улучшение; 4) гомогенизирующий отжиг.
3.46. При среднем отпуске углеродистых сталей мартенсит превращается в:	1) сорбит отпуска; 2) перлит отпуска; 3) мартенсит отпуска; 4) троостит отпуска.

Задания.

- Для выполнения работы студенты получают шесть образцов эвтектоидной стали У8.
- Образцы нагреваются в печи до 780...800 °С, выдержка: одна мин. на один мм толщины образца.
- Для изучения влияния скорости охлаждения на твердость нагретые образцы охлаждаются в разных средах: образцы № 1, 2, 3 – в воде для дальнейшего отпуска, образец № 4 – в масле, образец № 5 – на воздухе, образец № 6 – вместе с печью. После зачистки образцов измеряется их твердость. Значение твёрдости образцов заносится в табл. 3.2.

Таблица 3.2

№ образца	Температура нагрева	Способ охлаждения	Твердость, HRC	Структура после охлаждения	Название термообработки
№ 1...3		вода			
№ 4		масло			
№ 5		воздух			
№ 6		спечью			

4. Для изучения влияния температуры отпуска на твердость образцы, охлаждённые в воде (после закалки) помещают в печь при температурах: № 1 – 200 °С, № 2 – 400 °С и № 3 – 500 °С и выдерживают 30 минут. После охлаждения на воздухе измеряется твердость и данные заносятся в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Марка стали	Твердость после закалки, <i>HRC</i>	Температура отпуска, °С	Время выдержки при отпуске $\tau_{об}$, мин.	Охлаждающая среда	Твердость после отпуска, <i>HRC</i>	Структура после отпуска
№ 1		200		воздух		
№ 2		400		воздух		
№ 3		500		воздух		

5. Построить графики зависимости твердости стали У8 от скорости охлаждения в координатах $HB - \lg V_{охл.}$, и график зависимости твердости от температуры отпуска ($HB = f(t_{отп.})$).

Критерии результативности работы.

Лабораторная работа считается выполненной, если студент:

- ответил на все контрольные вопросы и вопросы, приведённые в тестах;
- выполнил практическую часть работы;
- научился, используя диаграмму состояния «железо – цементит», определять температуру нагрева сталей под различные виды термообработки;
- составил отчёт в соответствии с требованиями;
- грамотно и по существу сформулировал выводы по работе.

Требования к оформлению и содержанию отчёта.

1. Цель и название работы.
2. Краткую теоретическую часть с освещением классификации термической обработки и описанием видов термообработки.
3. Произвести термическую обработку образцов из стали У8 согласно режимам, приведённым в описании лабораторной работы.
4. Построить соответствующие графики зависимости твердости стали У8 от скорости охлаждения и от температуры отпуска закалённых образцов..
5. Вывод по работе с анализом полученных результатов.

Вопросы, выносимые на защиту.

1. Какой процесс называется термической обработкой и какие технологические режимы она включает?
2. С какой целью проводится термообработка стали?
3. На какие виды делится термообработка по классификации, данной академиком А. А. Бочваром?
4. С какой целью проводится отжиг 1-го рода и, какие его разновидности применяются?
5. Что называется диффузионным и рекристаллизационным видами отжига?
6. С какой целью проводится низкий отжиг?
7. Какие разновидности отжига вам известны и в каких случаях они применяются?
8. Какая термическая обработка используется для повышения конструкционной прочности стали?

9. Как и почему изменяется твердость доэвтектоидных сталей при различных температурах закалки: ниже A_1 ; выше A_1 , но ниже A_3 ; немного выше A_3 ; значительно выше A_3 ?

10. Как и почему изменяется твердость заэвтектоидных сталей при изменении температуры закалки: ниже A_1 ; выше A_1 , но ниже A_{cm} ; выше A_{cm} ?

11. Какая температура закалки дает максимальную твердость в доэвтектоидных и заэвтектоидных сталях?

12. Как изменяются механические свойства стали при повышении температуры отпуска?

13. Почему при закалке в масло по сравнению с закалкой в воду твердость стали понижается?

14. Какие структуры и механические свойства приобретает сталь после улучшения?

15. С какой целью применяют отжиг сталей, нормализацию, закалку, отпуск?

16. Какая окончательная термическая обработка обычно проводится для деталей машин и инструмента?

17. Какой дефект получается при перегреве стали под термо-обработку?

18. С какой целью подвергаются закалённые стали отпуску и почему нельзя использовать стали сразу после закалки?

19. Какие структурные превращения происходят в закалённой стали на различных стадиях отпуска?

20. Чем отличаются сорбит и троостит отпуска от одноимённых структур, полученных при охлаждении из аустенита?

Лабораторная работа № 4. Легированные стали и их прокаливаемость.

Раздел (тема) дисциплины: Раздел № 6. Конструкционные легированные стали.

Тесты для контроля подготовленности студентов к выполнению работы

Вопросы	Ответы
1	2
4.1. При легировании сталей критическая скорость охлаждения:	1) повышается; 2) понижается; 3) не изменяется; 4) изменяется немонотонно.
4.2. Низколегированные стали имеют суммарное содержание легирующих элементов:	1) менее 3 %; 2) менее 10 %; 3) менее 15 %; 4) менее 5 %.
4.3. Среднелегированные стали имеют суммарное содержание легирующих элементов:	1) менее 2,5 %; 2) в пределах 3...10 %; 3) менее 15 %; 4) менее 1 %
4.4. Высоколегированные стали имеют суммарное содержание легирующих элементов:	1) менее 2,5 %; 2) менее 10 %; 3) более 10 %; 4) более 20 %.
4.5. Химический элемент, применяемый для легирования коррозионно-стойких сталей:	1) Cr; 2) W; 3) Cu; 4) Mn.
4.6. Сталь, имеющая более высокую коррозионную стойкость:	1) 15X; 2) X28; 3) 50XФА; 4) 40XH.
4.7. Марка цементуемой конструкционной стали:	1) 15X; 2) ХВГ; 3) 45X; 4) 40XH
4.8. Марка улучшаемой легированной стали:	1) 60С2ХФА; 2) 20ХГТ; 3) 38ХНЗМА; 4) сталь 30.

4.9. Предел ограниченной концентрации фосфора и серы в высоко-качественных легированных сталях:	1) менее 0,03 % ; 2) менее 0,025 %; 3) менее 0,05 %; 4) менее 1 %.
4.10. Марка низколегированной стали:	1) 12ХГ2МТР; 2) 12Х18Н9Т; 3) 50С2; 4) 30Х13.
4.11. Преимуществами легированных сталей по сравнению с углеродистыми являются:	1) меньшая склонность к дендрит-ной ликвидации; 2) более глубокая прокаливаемость; 3) более высокая критическая скорость закалки; 4) более равномерная структура.
4.12. Коррозионная стойкость повышается при легировании стали:	1) титаном, медью; 2) марганцем, кремнием; 3) вольфрамом, молибденом; 4) хромом, никелем.
4.13. Буква «А» в маркировке стали 38ХНЗМФА означает, что сталь:	1) является особо высококачественной; 2) является автоматной; 3) содержит азот в качестве легирующего элемента; 4) является высококачественной.
4.14. Для изготовления цементируемых деталей машин целесообразно использовать стали:	1) 15пс, 20; 2) У12А, У8; 3) 65, 70; 4) Ст 5.
4.15. Для повышения твёрдости, износостойкости, коррозионной стойкости в состав стали вводят:	1) никель; 2) фосфор; 3) марганец; 4) хром.
4.16. Коррозионностойкой сталью является:	1) 20Х; 2) Р6М5; 3) 30ХГСНА; 4) 12Х18Н9.
4.17. Коррозионная стойкость повышается при легировании стали:	1) Mn, Si; 2) Ti, Cu; 3) Cr, Ni; 4) W, Mo.
4.18. Значение буквы «А» в марке стали 38ХНЗА:	1) содержание алюминия; 2) содержание азота; 3) высококачественная; 4) автоматная.
4.19. Какие стали называют цементируемыми?	1) высокоуглеродистые (более 0,7 %С); 2) высоколегированные; 3) низкоуглеродистые (0,1... 0,25 % С); 4) среднеуглеродистые (0,3... 0,5 % С).
4. 20. Какая из приведенных в ответах сталей относится к заэвтектоид-ным?	1) Ст1кп; 2) сталь У10А; 3) сталь 10пс; 4) сталь 45.
4.21. Каков химический состав сплава 5ХНМА?	1) ~ 0,5 % С; не более, чем по 1,0 % Cr, Ni и Mo. Сталь высокого качества; 2) ~ 5 % С; не более, чем по 1,0 % Cr, Ni, Mo и N; 3) ~ 0,05 % С; не более, чем по 1,0 % Cr, Ni и Mo. Сталь высокого качества; 4) ~ 5 % Cr; Ni, Mo и N не более, чем по 1,0 %.

4.22. Даны две марки сталей: 40X9C2 и 40X13. Какая из них коррозионностойкая (нержавеющая)?	1) 40X9C2; 2) 40X13;3) ни одна из этих марок сталей не может быть отнесена к коррозионностойким (нержавеющим); 4) обе марки относятся к коррозионно-стойким (нержавеющим) сталям.
4.23. Как влияет большинство легирующих элементов на мартенситное превращение?	1) не влияют на превращение; 2) сдвигают точки начала и конца превращения к более высоким температурам;3) сдвигают точки начала и конца превращения к более низким температурам;4) сужают температурный интервал превращения.
4.24. Как зависит твердость полумартенситной структуры доэвтектоидной стали от концентрации углерода?	1) чем больше углерода, тем больше твердость;2) чем больше углерода, тем меньше твердость;3) зависимость неоднозначна. Твердость полумартенситной структуры определяется также характером термообработки;4) твердость не зависит от концентрации углерода.
4.25. Как влияют большинство легирующих элементов, растворенных в аустените, на прокаливаемость стали?	1) увеличивают прокаливаемость; 2) уменьшают прокаливаемость; 3) не влияют на прокаливаемость; 4) влияние неоднозначно. Велика зависимость от режимов отпуска.
4.26. Какова конечная цель цементации стали?	1) создание мелкозернистой структуры сердцевины; 2)повышение содержания углерода в стали; 3) получение в изделии твердого поверхностного слоя при сохранении вязкой сердцевины; 4) увеличение пластичности поверхностного слоя.
4.27. Какие стали называют цементуемыми?	1) высокоуглеродистые (более 0,7 % C); 2) высоколегированные; 3) низкоуглеродистые (0,1... 0,25% C);4) среднеуглеродистые (0,3... 0,5 % C).
4.28. В каком из ответов оба легирующих элемента являются карбидообразующими?	1) Cr и W; 2) Al и Ti; 3) Ni и Co; 4) Zn и V.
4.29. Легирующие элементы, образующие растворы замещения:	1) упрочняют ферритные стали; 2) разупрочняют ферритные стали; 3) не влияют на прочность ферритных сталей; 4) легирующие элементы не образуют твердые растворы замещения.
4.30. При легировании сталей критическая скорость охлаждения:	1) повышается; 2) понижается; 3) не меняется;

	4) зависит от свойств конкретных легирующих элементов.
4.31. К коррозионностойким сталям относятся стали, содержащие:	1) более 13 % никеля; 2) более 13 % хрома; 3) более 13 % алюминия; 4) более 13 % титана.
4.32. Стали мартенситного класса характеризуются:	1) высокой температурой мартенситного превращения; 2) низкой температурой мартенситного превращения; 3) высокой устойчивостью переохлажденного аустенита; 4) низкой устойчивостью переохлажденного мартенсита.
4.33. Основным легирующим элементом сталей аустенитного класса является:	1) Cr; 2) Mo; 3) W; 4) Ni.
4.34. При легировании сталей происходит:	1) повышение прокаливаемости; 2) повышение критической скорости охлаждения; 3) уменьшение твердости; 4) повышение жидкотекучести.
4.35. Что указывают цифры в середине обозначения легированной стали?	1) среднее содержание легирующего элемента, обозначение которого стоит перед цифрой; 2) среднее содержание легирующего элемента, обозначение которого стоит после цифры; 3) среднее содержание углерода в стали; 4) суммарное содержание легирующих элементов.
4.36. Какая из указанных сталей относится к хромансилям?	1) 5ХНМ; 2) 12Х18Н10Т; 3) 30ХГСА; 4) 40Х.
4.37. Какой элемент в маркировке легированных сталей обозначается буквой «М»?	1) Мо; 2) Мп; 3) Mg; 4) «М» означает мартеновский способ получения стали, а не элемент.
4.38. Какую сталь следует предпочесть для изготовления зубчатых колёс ответственного назначения сечением более 100 мм?	1) 40Х; 2) 45; 3) 30ХГСА; 4) 40ХН; 5) 32Х2Н2МФА.
4.39. Сталь, имеющая большую прокаливаемость:	1) 40Х; 2) 40ХН; 3) 30ХГСА; 4) У10.
4.40. Сталь, имеющая большую прокаливаемость:	1) 60С2А; 2) 38ХН3МФА; 3) 20ХГТ; 4) Сталь 30; 5) У7.
4.41. Пластичность и ударную вязкость стали повышает:	1) никель; 2) хром; 3) вольфрам; 4) кремний.
4.42. Для повышения твёрдости, износостойкости, коррозионной стойкости в состав стали вводят:	1) никель; 2) хром; 3) фосфор; 4) кремний.

4.43. Коррозионностойкую сталью называется:	1) 20X; 2) 12X18H10T; 3) 5ХГСА; 4) Р6М5.
4.44. Высокая конструкционная прочность сталей 30ХН3А, 40Х достигается:	1) закалкой и низким отпуском; 2) закалкой и высоким отпуском; 3) нормализацией; 4) улучшением.
4.45. Коррозионная стойкость стали повышается при легировании:	1) Mn, Si; 2) Cr, Ni; 3) Ti, Cu; 4) W, Mo.

Задания.

Часть 1. Изучить структурные классы легированных сталей.

1. Установить принадлежность этих сталей к тому или иному структурному классу после нормализации косвенным методом в такой последовательности:

- 1) нагреть по два образца из предложенных марок сталей до температуры нормализации и выдержать их при этой температуре;
- 2) извлечь из печи по одному образцу каждой марки стали и положить на асбестовый (теплоизоляционный) лист для охлаждения на спокойном воздухе (нормализация);
- 3) вторые образцы каждой марки стали закалить в воде;
- 4) зачистить плоские поверхности всех образцов на наждачной шкурке или на точиле с небольшой интенсивностью шлифования и измерить твердость на приборе Роквелла;
- 5) косвенным способом определить принадлежность каждой марки стали к тому или иному классу по структуре после нормализации.

Часть 2. Определение прокаливаемости

Экспериментально определить прокаливаемость углеродистой и легированной стали (рекомендуется использовать сочетание сталей 40 и 40Х; 30 и 30ХГСА; 45 и 45Г2) методом торцевой закалки на специальной установке (рис. 4.13). Прокаливаемость определяется в такой последовательности:

- 1) определить температуру нагрева под закалку для углеродистой и легированной стали;
- 2) нагреть образцы в печи до температуры закалки, выдержать 15 минут и быстро (не более чем 5 секунд) поочередно перенести и вставить в специальную ячейку установки для закалки, где снизу с торца их охлаждают струей воды;
- 3) после окончания охлаждения снять образец с установки, зачистить на наждачном круге по его образующим полосу шириной 2..3 мм и, начиная от торца, через каждые 1,5...2 мм измерить твердость.

Критерии результативности работы

Лабораторная работа считается выполненной, если студент:

- 1) правильно ответил на контрольные вопросы и вопросы тестовых заданий;
- 2) научился распознавать легированные стали по их маркировке, структуре и по составу;
- 3) приобрёл практические навыки установления прокаливаемости сталей и знания о влиянии легирующих элементов на прокаливаемость;
- 4) представил отчет по работе.

Требования по оформлению и содержанию отчета

1. Наименование, цель и задачи работы.
2. Классификация легированных сталей и их маркировка
3. Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита для различного структурного класса легированных сталей

4. Некоторые основные понятия (определение прокаливаемости, распределение структур по сечению закаленной детали – мартенситные и полумартенситные зоны, влияние различных факторов на прокаливаемость и т. д.).

5. Результаты измерений (таблица измерений твердости от расстояния от торца закаливаемого образца; определение диаметра, имеющего в центре полумартенситную структуру).

6. Выводы о прокаливаемости стали.

Вопросы, выносимые на защиту

1. Какую сталь называют легированной?
2. При каком содержании Mn и Si они становятся легирующими элементами, а не постоянными примесями в сталях?
3. Какими буквами русского алфавита обозначаются легирующие элементы?
4. Как обозначаются марки легированных сталей? Расшифруйте марку стали 12X18H10T.
5. Как классифицируются стали по равновесной структуре?
6. На какие структурные классы делятся легированные стали в нормализованном состоянии? Поясните, используя C – образные кривые.
7. Какие стали относятся к мартенситному классу?
8. Какая структура образуется после нагрева с последующим охлаждением на воздухе в сталях мартенситного класса?
9. Какие стали относятся к аустенитному классу?
10. Стали какого структурного класса нашли большее применение и почему?
11. На какие группы делятся по назначению легированные стали?
12. Какие легированные стали относятся к цементуемым и какие к улучшаемым?
13. В чём особенность микроструктуры сталей после цементации в равновесном состоянии?
14. С какой целью стали подвергают цементации?
15. Какая структура образуется по сечению цементованной стали после закалки?
16. Какие стали называются улучшаемыми?
17. Перечислите название сталей согласно классификации по химическому составу.
18. Что называются прокаливаемостью сталей?
19. По какому структурному признаку устанавливают прокаливаемость?
20. В чём отличие между сквозной и несквозной прокаливаемостью?
21. Какой диаметр образца называется критическим и в чём его смысл?
22. От каких факторов зависит прокаливаемость стальных деталей?
23. Когда достигается сквозная прокаливаемость и когда – несквозная? Объясните исходя из схемы распределения скорости охлаждения по сечению образца при закалке.
24. Какими способами можно повысить прокаливаемость?
25. Как экспериментально определить прокаливаемость?
26. Как пользоваться номограммой Блантера М. Е. при определении критического диаметра?
27. Что называется идеальным критическим диаметром?
28. Влияет ли скорость охлаждения на величину критического диаметра (прокаливаемость)?
29. Как влияют ЛЭ на положение C- кривых?

Критерии оценки: Выполнение лабораторной работы оценивается оценками «зачтено» «не зачтено». Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он полностью выполнил практическое задание лабораторной работы, оформил отчет и ответил на контрольные вопросы. Оценка «не зачтено» выставляется в том случае, когда студент не выполнил практическую часть лабораторной работы, допустил грубые ошибки при анализе

результатов практического задания или при оформлении отчета, или не смог ответить на вопросы по проделанной работе.

Методические указания к лабораторным работам

1. Шарифьянов Ф. Ш. Определение механических свойств конструкционных материалов. Лабораторный практикум. Уфа: УГАТУ, 2015. – 35 с.

2. Шарифьянов Ф. Ш. Формирование структуры металлов и солей при кристаллизации. Лабораторный практикум. Уфа: УГАТУ, 2015. – 26 с.

3. Шарифьянов Ф. Ш. Термическая обработка углеродистых сталей. Лабораторный практикум. Уфа, УГАТУ, 2014. -31 с.

4. Шарифьянов Ф. Ш. Легированные стали и их прокаливаемость. Лабораторный практикум. - Уфа: УГАТУ, 2015. - 33 с.
