

**Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический
университет им. Д.И.Менделеева»**

Новомосковский институт (филиал)

Сафонов Б.П.

***Сборник индивидуальных заданий к
лабораторным работам по
материаловедению***

Изд. 3-е, исправленное и дополненное

**Новомосковск
2015**

УДК 669.017
ББК 30.3
С 232

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Густов Ю. И.
(ФГБОУ ВПО МГСУ)

доктор химических наук, профессор Медведев Г.И.
(ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И.Менделеева, Новомосковский институт)

Сафонов Б.П.

С 232 Сборник индивидуальных заданий к лабораторным работам по материаловедению. Изд. 3-е исправленное и дополненное /ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И.Менделеева, Новомосковский институт (филиал); Новомосковск, 2015. – 100 с.

В данном издании приведены многовариантные индивидуальные задания (ИЗ) к лабораторным работам по темам «Механические свойства материалов» ИЗ № 1–3, «Строение сплавов» ИЗ №4–6, «Термическая обработка сплавов» ИЗ №7, «Промышленные сплавы» ИЗ №8. Количество вариантов: ИЗ №1 – 48, ИЗ №2 – 33, ИЗ №3, 4 – по 20, ИЗ № 5 – 30, ИЗ №6, 7, 8 – по 40. Общее количество виртуальных объектов исследования в индивидуальных заданиях порядка 1100.

Каждое индивидуальное задание содержит подробный алгоритм выполнения. Запись решения индивидуального задания предлагается проводить в табличной форме со сквозной нумерацией граф таблиц решения. Использование данного учебного издания позволит студентам упорядочить самостоятельную работу при изучении курса материаловедения.

Сборник заданий предназначен для студентов инженерных профилей подготовки, изучающих дисциплины «Материаловедение», «Конструкционные материалы в химическом машино- и аппаратостроении», «Материаловедение. Технология конструкционных материалов», «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Табл. 92. Рис. 24. Библиогр. список 10 назв.

УДК 669.017
ББК 30.3

© Б.П.Сафонов
© ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева», Новомосковский институт (филиал), 2015

Предисловие

Лабораторный практикум занимает важнейшее место при изучении материаловедения, поскольку в процессе выполнения лабораторных работ студенты должны освоить методики исследования свойств материалов. Закрепление приобретённых в лаборатории навыков наиболее эффективно при самостоятельной работе над учебным материалом. При этом следует иметь в виду, что учебными планами по материаловедению примерно половина времени, отводимого на изучение дисциплины, выделяется как раз в форме самостоятельной работы студента.

Образцами для исследования в индивидуальных заданиях (ИЗ) являются оригинальные виртуальные объекты: ИЗ №1 – разрывные образцы (48 шт.), ИЗ №2 – образцы для определения твёрдости по Бринеллю (99 шт.) и Роквеллу (30 шт.), ИЗ №3 – металлические полуфабрикаты (20 шт.), ИЗ №4 – таблицы хронометража двойных сплавов (90 шт.). При разработке соответствующего программного обеспечения имеется возможность ряд лабораторных работ по материаловедению выполнять в виртуальном режиме с использованием, представленных в данном сборнике виртуальных образцов.

Каждое индивидуальное задание содержит подробный алгоритм выполнения. Запись решения индивидуального задания предлагается проводить в табличной форме со сквозной нумерацией граф таблиц решения, что позволяет организовать машинный контроль за ходом выполнения конкретным студентом заданного варианта индивидуального задания, что необходимо при организации учебного процесса в режиме дистанционного обучения.

Индивидуальные задания содержат методические новации. Так при выполнении ИЗ №4 предлагается использовать Excel для построения кривых охлаждения и термокинетических диаграмм кристаллизации (ТКДК) сплава. Для получения скорости охлаждения сплава предлагается использовать численное дифференцирование по времени температуры сплава. При выполнении ИЗ №5 студенты строят схему микроструктуры сплава, используя шаблоны микроструктур сплавов с эвтектикой. При выполнении ИЗ №8, посвященного сертификации промышленных сплавов, предполагается формирование студентом персональной электронной базы стандартов на исследуемые в задании стали и сплавы. База стандартов формируется на основании базы ГОСТов, размещенной в корпоративной сети Internet института.

Надеемся, что использование данного учебного пособия позволит студентам упорядочить самостоятельную работу при изучении курса материаловедения, что будет способствовать повышению интереса к изучению данной учебной дисциплины.

Введение

Материаловедение – наука, изучающая взаимосвязь между составом, строением и свойствами материалов и закономерности их изменения под воздействием внешних факторов: тепловых, химических, механических, электромагнитных и радиационных.

Изучаемые в курсе «Материаловедения» материалы делятся на следующие функциональные группы: конструкционные, инструментальные и специальные. *Конструкционные* материалы применяются для изготовления деталей, воспринимающие нагрузки (обечайки и крышки аппаратов, валы и зубчатые колёса редукторов, пружины и др.). *Инструментальные* материалы применяются для изготовления режущего (зубила, напильники, метчики и др.), деформирующего (штамповая оснастка) и мерительного (калибры, концевые меры длины и др.) инструмента. *Специальные* материалы обладают некоторым физическим свойством (проводимость, коэрцитивная сила и др.), определяющим применение материала.

В ИЗ №1 рассматривается методика определения механических свойств сталей группы прочности (σ_T , σ_B) и пластичности (δ , ψ). *Прочность* – способность материала сопротивляться разрушению или необратимому изменению формы образца под нагрузкой. *Пластичность* – способность материала деформироваться, не разрушаясь. Проанализировав свойства образца, предлагается идентифицировать марку стали, из которой он изготовлен, предположив, что образец изготовлен из углеродистой стали по ГОСТ 1050–88.

В ИЗ №2 рассматривается методика определения твёрдости сплавов по Бринеллю и Роквеллу. *Твёрдость* – способность материала сопротивляться местной пластической деформации при внедрении индентора (тело специальной формы из твёрдого материала). В индивидуальном задании рассматривается также косвенная оценка свойств твёрдость ↔ предел прочности по соответствующим уравнениям регрессии.

В ИЗ №3 рассматривается методика определения ударной вязкости и порога хладноломкости стали. *Ударная вязкость* (KCU, KCV) численно равна отношению работы, затраченной на разрушения призматического образца с односторонним поперечным надрезом при испытании на ударный изгиб, условно отнесённой к сечению образца в месте надреза. *Порог хладноломкости* $t_{хл}$ – температура перехода вязкого разрушения металла в хрупкое. В индивидуальном задании предлагается: выбрать тип образца Менаже по ГОСТ 9454–78 для определения ударной вязкости заданного стального полуфабриката; вычислить значение KCU и определить $t_{хл}$ по упрощённой методике.

В ИЗ №4 рассматривается термический метод определения критических точек двойных сплавов. *Критическая точка* – температура, при которой в

сплаве происходят фазовые превращения. В зависимости от вида превращения различают следующие критические толчки: ликвидус, солидус, сольвус. *Ликвидус* – температура начала кристаллизации при охлаждении жидкого сплава или температура окончания расплавления при нагревании твёрдого сплава. *Соллидус* – температура окончания кристаллизации при охлаждении жидкого сплава или температура начала расплавления при нагревании твёрдого сплава. *Сольвус* – температура выделения вторичной фазы при охлаждении жидкого сплава или температура растворения фазы, при нагревании твёрдого сплава. Критические точки определяются при анализе кривых охлаждения или термокинетических диаграмм кристаллизации (ТКДК) сплава. *Кривая охлаждения* – зависимость температуры жидкого сплава от времени. *ТКДК* сплава – зависимость скорости охлаждения жидкого сплава от времени при охлаждении в условиях кристаллизации.

В ИЗ №5 рассматривается построение диаграммы состояния двойной системы и структурно-фазовый анализ сплава по диаграмме состояния. *Структурный анализ* сплава предполагает определение количества эвтектики в сплаве по *правилу треугольника*. Схема микроструктуры сплавов строится по шаблону, для которого ближайшее к исследуемому сплаву количество эвтектики. *Фазовый анализ* предполагает определение состава фаз и их относительного количества для сплава заданного состава при заданной температуре. Состав фаз сплава определяется по *правилу концентраций*. Относительное количество фаз в сплаве – по *правилу отрезков*.

В ИЗ №6 предлагается: построить схемы микроструктуры сталей (дозэвтектоидной и заэвтектоидной) и чугунов (белого, серого, высокопрочного и ковкого); определить количество углерода в сталях по микроструктуре и промаркировать стали по соответствующему ГОСТу; оценить значения механические свойства доэвтектоидной стали по правилу Н.С.Курнакова.

В ИЗ №7 предлагается: решить прямую и обратную задачи закаливваемости стали; определить критический диаметр изделия из легированной стали по номограмме М.Е. Блантера.

В ИЗ №8 предлагается описать 15 сплавов с точки зрения химического состава, принадлежности к определённой технологической группе, функционального назначения и возможности термического упрочнения. Предварительно студенту предлагается сформировать персональный электронный банк ГОСТов на расстраиваемые в индивидуальном задании стали и сплавы.

Работу над индивидуальными заданиями рекомендуется организовать следующим образом: оформить протокол лабораторной работы (структура протокола приведена в рабочих материалах к лабораторным работам); заполнить таблицы исходных данных (пункт 1 ИЗ); используя дополнительные сведения (пункт 3 ИЗ), провести необходимые расчёты и построения, после чего заполнить итоговые графы расчётных таблиц. При оформлении протокола и индивидуальных заданий лабораторных работ следует максимально

использовать возможности компьютерной техники для оформления текста и графических материалов индивидуальных заданий.

1. Индивидуальное задание №1 к лабораторной работе «Испытание сталей на растяжение»

1.1. Содержание индивидуального задания №1

1.1.1. По варианту ИЗ (таблица 1.5) заполнить таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 Размеры образца, масштабные коэффициенты

№ обр.	Размеры				Коэффициенты	
	d_0	l_0	d_k	l_k	$K_{деф}$	K_p
	мм				мм/мм	Н/мм
1	2	3	4	5	6	7
1.xx						

Пояснения: d_0, l_0 – начальные диаметр и расчётная длина (начальные измеряемые параметры) см. рис. 1.1; d_k, l_k – минимальный диаметр и конечная расчётная длина образца начальные (измеряемые параметры после разрыва); $K_{деф}, K_p$ – масштабные коэффициенты оси абсцисс и ординат первичной диаграммы растяжения, соответственно (таблица 1.6).

Таблица 1.2. Координаты опорных точек первичной диаграммы
растяжения

№ обр.	Координаты, мм											
	О		А		A_1		В		B_1		К	
	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у
1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.xx	0	0										

1.1.2. Рассчитать координаты опорных точек диаграммы растяжения образца в координатах «удлинение Δl – усилие P », заполнить таблицу 1.3.

Таблица 1.3. Координаты опорных точек диаграммы растяжения
«удлинение Δl – усилие P »

№ обр.	Координаты, (Δl , мм; P , Н)											
	О		А		A_1		В		B_1		К	
	Δl	P	Δl	P	Δl	P	Δl	P	Δl	P	Δl	P
1	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1.xx	0	0										

Пояснения: Δl_i – расчётная длина образца в некоторый момент испытаний $\Delta l_i = x_i \cdot K_{деф}$; P_i – нагрузка, действующая на образец в некоторый момент испытания $P_i = y_i \cdot K_p$.

1.1.3. На листе миллиметровой бумаги начертить по опорным точкам диаграмму растяжения образца в координатах «усилие P – удлинение Δl »,

предварительно выбрав масштабные коэффициенты построения $k_{\Delta l}$ [мм/мм] и k_P [Н/мм]. Выполнить описание диаграммы растяжения стального образца из отожженной стали см. рис. 1.2 (участки OA, AA₁, A₁BB₁, B₁K).

1.1.4. Вычислить значения характеристик прочности и пластичности металла образца. Заполнить таблицу 1.4. Используя данные по механическим свойствам качественных конструкционных сталей, приведённые в таблице 1.7, идентифицировать марку стали, из которой изготовлен исследованный образец, предположив, что он изготовлен из углеродистой стали по ГОСТ 1050–88.

Таблица 1.4. Прочность и пластичность исследованного образца

№ обр	Площадь сечения обр.		Значения характеристик механических свойств					Марка стали
	F ₀	F _к	σ _T	σ _B	S _к	δ	ψ	
	мм ²		Н/мм ²			%		
1	32	33	34	35	36	37	38	39
1.xx								

Пояснения: F₀ – начальная площадь поперечного сечения рабочей части образца до разрыва $F_0 = (\pi \cdot d_0^2) / 4$; F_к – минимальная площадь поперечного сечения рабочей части образца после его разрыва (площадь сечения в шейке) $F_k = (\pi \cdot d_k^2) / 4$; характеристики прочности: $\sigma_T = P_A / F_0$ – предел текучести, $\sigma_B = P_B / F_0$ – предел прочности, $S_k = P_k / F_k$ – истинное сопротивление разрыву; характеристики пластичности: $\delta = [(l_k - l_0) / l_0] \cdot 100\%$ – относительное удлинение после разрыва; $\psi = [(F_0 - F_k) / F_0] \cdot 100\%$ – относительное сужение после разрыва.

1.2. Варианты индивидуального задания №1

Таблица 1.5. Результаты испытания разрывных образцов

№ вар.	Размеры образца, мм				Координаты опорных точек первичной диаграммы растяжения (x, y), мм					
	d ₀	l ₀	d _к	l _к	O	A	A ₁	B	B ₁	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.01	5	25	3,4	31,3	0; 0	1; 16	7; 16	30; 27	70; 27	97; 23
1.02	5	25	3,5	30,3	0; 0	2; 20	6; 20	30; 33	65; 33	82; 27
1.03	5	25	3,7	29,8	0; 0	2; 22	6; 22	35; 38	60; 38	75; 31
1.04	5	25	3,9	28,5	0; 0	2; 25	5; 25	35; 42	35; 42	56; 34
1.05	5	25	4,0	28,0	0; 0	2; 27	5; 27	30; 45	35; 45	49; 37

№ вар.	Размеры образца, мм				Координаты опорных точек первичной диаграммы растяжения (x, y), мм					
	d ₀	l ₀	d _k	l _k	O	A	A ₁	B	B ₁	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.06	5	25	4,2	27,3	0; 0	2; 28	4; 28	25; 48	25; 48	38; 39
1.07	5	50	3,4	60,5	0; 0	1; 16	14; 16	55; 27	60; 27	161; 23
1.08	5	50	3,5	58,5	0; 0	2; 20	12; 20	45; 33	110; 33	131; 27
1.09	5	50	3,7	57,5	0; 0	2; 22	11; 22	40; 38	95; 38	116; 31
1.10	5	50	3,9	55,5	0; 0	2; 25	9; 25	40; 42	65; 42	86; 34
1.11	5	50	4,0	54,5	0; 0	2; 27	8; 27	35; 45	55; 45	71; 37
1.12	5	50	4,2	53,5	0; 0	2; 28	7; 28	30; 48	40; 48	56; 39
1.13	6	30	4,0	37,5	0; 0	1; 14	8; 14	45; 24	100; 24	115; 19
1.14	6	30	4,2	36,3	0; 0	1; 17	7; 17	45; 28	80; 28	98; 23
1.15	6	30	4,4	35,7	0; 0	2; 19	7; 19	45; 33	70; 33	86; 27
1.16	6	30	4,6	34,2	0; 0	2; 21	6; 21	35; 36	50; 36	66; 30
1.17	6	30	4,8	33,6	0; 0	2; 23	5; 23	30; 39	45; 39	57; 32
1.18	6	30	5,0	32,7	0; 0	2; 24	5; 24	30; 41	30; 41	44; 34
1.19	6	60	4,0	72,6	0; 0	1; 14	16; 14	65; 24	165; 24	193; 19
1.20	6	60	4,2	70,2	0; 0	1; 17	13; 17	50; 28	140; 28	157; 23
1.21	6	60	4,4	69,0	0; 0	2; 19	12; 19	45; 33	120; 33	139; 27
1.22	6	60	4,6	66,6	0; 0	2; 21	10; 21	45; 36	85; 36	103; 30
1.23	6	60	4,8	65,4	0; 0	2; 23	8; 23	40; 39	65; 39	85; 32
1.24	6	60	5,0	64,2	0; 0	2; 7;	7;	40; 40;	50; 50;	67; 67;

№ вар.	Размеры образца, мм				Координаты опорных точек первичной диаграммы растяжения (х, у), мм					
	d ₀	l ₀	d _k	l _k	O	A	A ₁	B	B ₁	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
						24	24	41	41	34
1.25	8	40	5,4	50,0	0; 0	1; 13	10; 13	50; 21	130; 21	153; 17
1.26	8	40	5,7	48,4	0; 0	1; 15	9; 15	50; 25	110; 25	129; 21
1.27	8	40	5,9	47,6	0; 0	1; 17	8; 17	45; 29	100; 29	117; 24
1.28	8	40	6,2	45,6	0; 0	2; 19	7; 19	40; 32	70; 32	87; 26
1.29	8	40	6,4	44,8	0; 0	2; 21	6; 21	30; 35	55; 35	75; 28
1.30	8	40	6,7	43,6	0; 0	2; 22	5; 22	30; 37	40; 37	57; 30
1.31	8	80	5,4	96,8	0; 0	1; 13	21; 13	55; 21	230; 21	256; 17
1.32	8	80	5,7	93,6	0; 0	1; 15	17; 15	50; 25	190; 25	208; 21
1.33	8	80	5,9	92,0	0; 0	1; 17	15; 17	55; 29	160; 29	184; 24
1.34	8	80	6,2	88,8	0; 0	2; 19	12; 19	45; 32	115; 32	136; 26
1.35	8	80	6,4	87,2	0; 0	2; 21	10; 21	40; 35	90; 35	112; 28
1.36	8	80	6,7	85,6	0; 0	2; 22	8; 22	40; 37	65; 37	87; 30
1.37	10	50	6,7	62,5	0; 0	2; 20	13; 20	65; 33	155; 33	192; 27
1.38	10	50	7,1	60,5	0; 0	2; 24	11; 24	55; 39	135; 39	162; 32
1.39	10	50	7,4	59,5	0; 0	2; 27	11; 27	60; 46	120; 46	147; 37
1.40	10	50	7,7	57,0	0; 0	3; 30	9; 30	45; 50	90; 50	110; 41
1.41	10	50	8,1	56,0	0; 0	3; 32	8; 32	45; 54	75; 54	95; 44
1.42	10	50	8,4	54,5	0; 0	3; 34	7; 34	45; 57	55; 57	72; 47

№ вар.	Размеры образца, мм				Координаты опорных точек первичной диаграммы растяжения (х, у), мм					
	d ₀	l ₀	d _k	l _k	O	A	A ₁	B	B ₁	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.43	10	100	6,7	121,0	0; 0	2; 20	26; 20	75; 33	285; 33	321; 27
1.44	10	100	7,1	117,0	0; 0	2; 24	22; 24	75; 39	230; 39	260; 32
1.45	10	100	7,4	115,0	0; 0	2; 27	20; 27	70; 46	200; 46	231; 37
1.46	10	100	7,7	111,0	0; 0	3; 30	15; 30	70; 50	145; 50	170; 41
1.47	10	100	8,1	109,0	0; 0	3; 32	13; 32	55; 54	115; 54	140; 44
1.48	10	100	8,4	107,0	0; 0	3; 34	11; 34	55; 57	85; 57	110; 47

Таблица 1.6. Масштабные коэффициенты осей диаграммы растяжения «удлинение Δl – усилие P »

№ варианта	Значения масштабных коэффициентов
Ось абсцисс – удлинение Δl	
1.01–1.48	$K_{\text{деф}} = 0,066 \text{ мм/мм}$
Ось ординат – усилие P	
1.01–1.12	$K_P = 300 \text{ Н/мм}$
1.13–1.24	$K_P = 500 \text{ Н/мм}$
1.25–1.48	$K_P = 1000 \text{ Н/мм}$

1.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №1

Для испытания на растяжение по ГОСТ 1497-84 используются в основном круглые образцы (рис.1.1), имеющие размеры $d_0=3...10 \text{ мм}$, $l_0=15...100 \text{ мм}$.

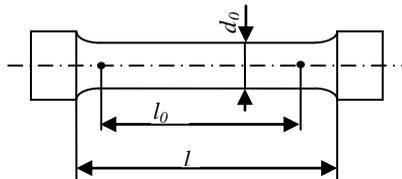


Рис. 1.1. Цилиндрический образец для испытания сталей на растяжение: l – рабочая длина образца (часть образца с постоянной площадью поперечного сечения между головками или участками для захвата).

Диаграмма растяжения образца из отожжённой стали (рис. 1.2.) имеет несколько характерных участков. На участке OA имеет место **упругая деформация** образца. Участок AA_1 называется **площадкой текучести**, на этом участке деформация образца происходит без заметного увеличения растягивающей нагрузки. A_1BB_1 – участок **равномерной пластической деформации**, на этом участке имеет место деформационное упрочнение металла образца. В точке B_1 на образце возникает шейка. B_1K – **участок сосредоточенной пластической деформации**. В т. К происходит разрушение образца.

Порядок построения диаграммы растяжения в координатах «усилие P – удлинение Δl »:

- на листе миллиметровой выделить место для диаграммы растяжения (размер выбирается таким образом, чтобы построенная диаграмма походила на диаграмму растяжения, изображённую на рис. 1.2).
- промаркировать оси диаграммы растяжения (маркируются основные и промежуточные деления), обозначить основные деления;
- нанести опорные точки на поле построения диаграммы (координаты точек см. в таблице 1.3);
- соединить опорные точки диаграммы растяжения, как показано на рис. 1.2 (OA , AA_1 – прямолинейные участки; ABB_1 , B_1K – криволинейные участки).



Рис. 1.2. Диаграмма растяжения образца из отожжённой стали.

Для идентификации марки стали, из которой изготовлен исследованный образец (указывается в графе 39 таблицы 1.4), сравните значения характеристик механических свойств образца и сталей, приведённые в таблице 1.7.

Таблица 1.7. Значения механических свойств сталей

Марка стали	σ_T	σ_B	δ_5	δ_{10}	ψ
	МПа		%		
20	250	420	25	21	55
30	300	500	21	17	50
40	340	580	19	15	45
50	380	640	14	11	40
60	410	690	12	9	35
70	430	730	9	7	30

Пояснения: 1 МПа = 1 Н/мм²; δ_5 – относительное удлинение после разрыва, определённое на пятикратном образце ($l_0=5d_0$); δ_{10} – относительное удлинение после разрыва, определённое на десятикратном образце ($l_0=10d_0$).

2. Индивидуальное задание №2 к лабораторной работе «Определение твёрдости металлов и сплавов»

2.1. Содержание индивидуального задания №2

По варианту ИЗ (таблица 2.9) выбрать варианты объектов исследования (2.1 – образцы для определения твёрдости по Бринеллю; 2.2 – образцы для определения твёрдости по Роквеллу; 2.3 – образцы для ранжирования материалов по твёрдости; 2.4, 2.5 – образцы для оценки прочность↔твёрдость стали) заполнить таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Варианты объектов исследования индивидуального задания

№ вар	2.1				2.2			2.3	2.4		2.5	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.xx	2.1.xx	2.1.xx	2.1.xx	2.2.xx	2.2.xx	2.2.xx	2.3.xx	2.4.xx	2.4.xx	2.5.xx	2.5.xx	

2.1.1. Выбор условий испытания при определении твёрдости по Бринеллю

2.1.1.1. По варианту задания заполнить таблицу 2.2.

Таблица 2.2. Исходные данные для выбора условий испытаний при определении твёрдости по Бринеллю

№ образца	Материал, марка, обработка	s, мм	НВ*
2	13	14	15
2.1.xx			

3	16	17	18
2.1.xx			
4	19	20	21
2.1.xx			

Пояснения: НВ – предполагаемая твёрдость данного образца (см. таблицу 2.16).

2.1.1.2. Заполнить протокол испытания твёрдости по Бринеллю

Таблица 2.3. Протокол определения твёрдости по Бринеллю

Характеристика образца		Условия испытания		d**, мм	НВ**, кгс/мм ² (МПа)
№ темпл.	Материал, толщина	D, мм	P, кгс (H)		
2	22	23	24	25	26
2.1.xx				—	—
3	27	28	29	30	31
2.1.xx				—	—
4	32	33	34	35	36
2.1.xx				—	—

Пояснения: графы D, P заполняются по данным таблицы 2.17; d – диаметр отпечатка, заполняется при выполнении измерения; НВ – твёрдость образца, результат испытания (при выполнении индивидуального задания графы 25, 26, 30, 31, 35, 36 остаются незаполненными).

2.1.2. Выбор условий испытания при определении твёрдости по Роквеллу

2.1.2.1. По варианту задания заполнить таблицу 2.4.

Таблица 2.4. Исходные данные для выбора условий испытаний при определении твёрдости по Роквеллу

№ образца	Характеристика образца	Шкала*
5	37	38
2.2.xx		
6	39	40
2.2.xx		
7	41	42
2.2.xx		

Пояснения: Шкала – предполагаемая шкала твердомера Роквелла (А, В, С), по которой следует определять твёрдость данного образца (см. таблицы 2.15, 2.16).

2.1.2.2. Заполнить протокол испытания твёрдости по Роквеллу.

Таблица 2.5. Протокол определения твёрдости по Роквеллу

№	Шкала	Условия	Результаты испытания НВ
---	-------	---------	-------------------------

образца		испытания		1	2	3	HR _{ср}
		индентор р	P _Σ , Н				
5	38	43	44	45	46	47	48
2.2.xx				—	—	—	—
6	40	49	50	51	52	53	54
2.2.xx				—	—	—	—
7	42	55	56	57	58	59	60
2.2.xx				—	—	—	—

Пояснения: графы «индентор», P_Σ заполняются по данным таблицы 2.15; графы «результаты испытания HR» заполняются после проведения испытания (при выполнении индивидуального задания остаются незаполненными).

2.1.3. Сравнение твердости исследованных материалов и ранжирование их по твердости 1, 2, 3, 4 (1 – самый твердый материал и т.д.). Перед ранжированием заданные значения твердости материалов привести к универсальному показателю твердости – твердости по Виккерсу HV (графы 62–65). Ранжирование проводится с использованием таблицы соответствия единиц твердости HV, HB, HRA, HRC, HRB (см. таблицу 2.18).

2.1.3.1. Заполнить таблицу 2.6.

Таблица 2.6. Ранжирование материалов по твердости

№ вар.	Исходные данные				Результаты ранжирования			
					1(max)	2	3	4 (min)
8	61a	61б	61в	61г	66	67	68	69
2.3.xx	HB	HRA	HRB	HRC				
HV	HV	HV	HV	HV	62	63	64	65
Сравниваемый показатель HV →					HV	HV	HV	HV

Пояснения: При отсутствии в таблице 2.18 значения H_x использовать линейную интерполяцию. Формула интерполяции для перевода H_x→HV_x имеет вид

$$HV_x = HV_1 + \frac{HV_2 - HV_1}{H_2 - H_1} \cdot (H_2 - H_x),$$

здесь H_x– значение твердости (HB_x, HRA_x, HRB_x, HRC_x), подлежащее ранжированию; H₁, H₂ – интервал твердости ранжируемых показателей, внутри которого находится значение H_x (таблица 2.18); HV_x– искомое значение сравниваемого показателя H_x→HV_x; HV₁, HV₂ – табличные значения сравниваемого показателя твердости по Виккерсу (H₁→ HV₁, H₂→ HV₂), индекс 2 присвоен большему значению показателей твердости.

2.1.4. Оценка предела прочности стали по твердости

2.1.4.1. Заполнить таблицу 2.7.

Таблица 2.7. Оценка предела прочности стали по твёрдости

№ вар.	Исходные данные	Уравнение регрессии*	Результат оценки
9	70	71	72
2.4.xx			
10	73	74	75
2.4.xx			

Пояснения: вид уравнения регрессия выбирается по таблице 2.19.

2.1.5. Оценка твёрдости стали по пределу прочности

2.1.5.1. Заполнить таблицу 2.8.

Таблица 2.8. Оценка твёрдости стали по пределу прочности

№ вар.	Исходные данные	Уравнение регрессии*	Результат оценки
11	76	77	78
2.5.xx			
12	79	80	81
2.5.xx			

Пояснения: вид уравнения регрессия выбирается по таблице 2.19.

2.2. Варианты индивидуального задания №2

Таблица 2.9. Варианты частей индивидуального задания

№ вар	Части задания				
	1	2	3	4	5
2.01.	2.1.01; 2.1.53; 2.1.30	2.2.01; 2.2.11; 2.2.21	2.3.01	2.4.01; 2.4.11	2.5.01; 2.5.20
2.02.	2.1.02; 2.1.52; 2.1.33	2.2.02; 2.2.12; 2.2.22	2.3.02	2.4.02; 2.4.12	2.5.02; 2.5.19;
2.03.	2.1.03; 2.1.56; 2.1.85	2.2.03; 2.2.13; 2.2.23	2.3.03	2.4.03; 2.4.13	2.5.03; 2.5.18
2.04.	2.1.04; 2.1.55; 2.1.36	2.2.04; 2.2.14; 2.2.24	2.3.04	2.4.04; 2.4.14	2.5.04; 2.5.17
2.05.	2.1.05; 2.1.59; 2.1.39	2.2.05; 2.2.15; 2.2.25	2.3.05	2.4.05; 2.4.15	2.5.05; 2.5.16
2.06.	2.1.06; 2.1.58; 2.1.35	2.2.06; 2.2.16; 2.2.26	2.3.06	2.4.06; 2.4.16	2.5.06; 2.5.15
2.07.	2.1.07; 2.1.62; 2.1.42	2.2.07; 2.2.17; 2.2.27	2.3.07	2.4.07; 2.4.17	2.5.07; 2.5.14
2.08.	2.1.08; 2.1.61;	2.2.08;	2.3.08	2.4.08;	2.5.08;

№ вар	Части задания				
	1	2	3	4	5
	2.1.45	2.2.18; 2.2.28		2.4.18	2.5.13
2.09.	2.1.09; 2.1.65; 2.1.34	2.2.09; 2.2.19; 2.2.29	2.3.09	2.4.09; 2.4.19	2.5.09; 2.5.12
2.10.	2.1.10; 2.1.64; 2.1.81	2.2.10; 2.2.18; 2.2.30	2.3.10	2.4.10; 2.4.20	2.5.10; 2.5.11
2.11.	2.1.11; 2.1.54; 2.1.88	2.2.01; 2.2.21; 2.2.20	2.3.11	2.4.01; 2.4.20	2.5.01; 2.5.15
2.12.	2.1.12; 2.1.67; 2.1.86	2.2.02; 2.2.11; 2.2.21	2.3.12	2.4.02; 2.4.19;	2.5.02; 2.5.16
2.13.	2.1.13; 2.1.68; 2.1.84	2.2.03; 2.2.12; 2.2.22	2.3.13	2.4.03; 2.4.18	2.5.03; 2.5.17
2.14.	2.1.14; 2.1.57; 2.1.38	2.2.04; 2.2.13; 2.2.23	2.3.14	2.4.04; 2.4.17	2.5.04; 2.5.18
2.15.	2.1.15; 2.1.70; 2.1.89	2.2.05; 2.2.14; 2.2.24	2.3.15	2.4.05; 2.4.16	2.5.05; 2.5.19
2.16.	2.1.16; 2.1.71; 2.1.87	2.2.06; 2.2.15; 2.2.25	2.3.16	2.4.06; 2.4.15	2.5.06; 2.5.20
2.17.	2.1.17; 2.1.60; 2.1.76	2.2.07; 2.2.16; 2.2.26	2.3.17	2.4.07; 2.4.14	2.5.07; 2.5.11
2.18.	2.1.18; 2.1.74; 2.1.90	2.2.08; 2.2.17; 2.2.27	2.3.18	2.4.08; 2.4.13	2.5.08; 2.5.12
2.19.	2.1.19; 2.1.77; 2.1.93	2.2.09; 2.2.18; 2.2.28	2.3.19	2.4.09; 2.4.12	2.5.09; 2.5.13
2.20.	2.1.20; 2.1.63; 2.1.91	2.2.10; 2.2.20; 2.2.30	2.3.20	2.4.10; 2.4.11	2.5.10; 2.5.14
2.21.	2.1.21; 2.1.73; 2.1.92	2.2.01; 2.2.19; 2.2.29	2.3.21	2.4.01; 2.4.15	2.5.01; 2.5.11
2.22.	2.1.22; 2.1.67; 2.1.99	2.2.02; 2.2.19; 2.2.28	2.3.22	2.4.02; 2.4.16	2.5.02; 2.5.12
2.23.	2.1.23; 2.1.66; 2.1.94	2.2.03; 2.2.11; 2.2.29	2.3.23	2.4.03; 2.4.17	2.5.03; 2.5.13
2.24.	2.1.24; 2.1.82; 2.1.41	2.2.04; 2.2.12; 2.2.21	2.3.24	2.4.04; 2.4.18	2.5.04; 2.5.14
2.25.	2.1.25; 2.1.83; 2.1.93	2.2.05; 2.2.13; 2.2.22	2.3.25	2.4.05; 2.4.19	2.5.05; 2.5.15
2.26.	2.1.26; 2.1.69; 2.1.97	2.2.06; 2.2.14; 2.2.23	2.3.26	2.4.06; 2.4.20	2.5.06; 2.5.16
2.27.	2.1.27; 2.1.79; 2.1.44	2.2.07; 2.2.15; 2.2.24	2.3.27	2.4.07; 2.4.11	2.5.07; 2.5.17
2.28.	2.1.46; 2.1.29;	2.2.08;	2.3.28	2.4.08;	2.5.08;

№ вар	Части задания				
	1	2	3	4	5
	2.1.99	2.2.16; 2.2.25		2.4.12	2.5.18
2.29.	2.1.47; 2.1.72; 2.1.37	2.2.09; 2.2.17; 2.2.26	2.3.29	2.4.09; 2.4.13	2.5.09; 2.5.19
2.30.	2.1.48; 2.1.28; 2.1.95	2.2.10; 2.2.18; 2.2.27	2.3.30	2.4.10; 2.4.14	2.5.10; 2.5.20
2.31.	2.1.49; 2.1.32; 2.1.96	2.2.01; 2.2.19; 2.2.28	2.3.01	2.4.01; 2.4.17	2.5.05; 2.5.15
2.32.	2.1.50; 2.1.75; 2.1.40	2.2.02; 2.2.20; 2.2.29	2.3.02	2.4.02; 2.4.15	2.5.06; 2.5.16
2.33.	2.1.51; 2.1.31; 2.1.98	2.2.03; 2.2.17; 2.2.30	2.3.03	2.4.03; 2.4.16	2.5.07; 2.5.17

Таблица 2.10. Описание образцов для определения твёрдости по Бринеллю

№ обр.	Материал, марка, обработка	s, мм	№ образца	Материал, марка, обработка	s, мм
2.1.01	Титан	10	2.1.51	Алюминиевый сплав, В95	1,8
2.1.02	Титан	4	2.1.52	Медь, отжиг	10
2.1.03	Титан, технически чистый	1,5	2.1.53	Медь, отжиг	4
2.1.04	Чугун, СЧ 15	30	2.1.54	Медь, отжиг	2
2.1.05	Чугун, СЧ 15	4	2.1.55	Латунь, Л90	7
2.1.06	Чугун, СЧ 15	1,9	2.1.56	Латунь, Л90	4,5
2.1.07	Чугун, СЧ 25	30	2.1.57	Латунь, Л90	1,8
2.1.08	Чугун, СЧ 25	4	2.1.58	Латунь, ЛЖМц 59-1-1	7
2.1.09	Чугун, СЧ 25	1,9	2.1.59	Латунь, ЛЖМц 59-1-1	4,5
2.1.10	Чугун, СЧ 35	30	2.1.60	Латунь, ЛЖМц 59-1-1	1,8
2.1.11	Чугун, СЧ 35	4	2.1.61	Латунь, ЛК 80-3	7
2.1.12	Чугун, СЧ 35	1,9	2.1.62	Латунь, ЛК 80-3	4,5
2.1.13	Сталь 10, нагартовка	30	2.1.63	Латунь, ЛК 80-3	1,8
2.1.14	Сталь 10, нагартовка	4	2.1.64	Алюминиевый сплав, АМг2	7
2.1.15	Сталь 10, нагартовка	1,9	2.1.65	Алюминиевый сплав, АМг2	4,5
2.1.16	Сталь 45, нагартовка	30	2.1.66	Алюминиевый сплав, АМг2	1,8
2.1.17	Сталь 45, нагартовка	4	2.1.67	Алюминиевый сплав, Д16	7
2.1.18	Сталь 45, нагартовка	1,9	2.1.68	Алюминиевый сплав,	4,5

№ обр.	Материал, марка, обработка	s, мм	№ образца	Материал, марка, обработка	s, мм
				Д16	
2.1.19	Сталь 20, нагартовка	30	2.1.69	Алюминиевый сплав, Д16	1,8
2.1.20	Сталь 20, нагартовка	4	2.1.70	Бронза, БрОФ 6,5-0,15	7
2.1.21	Сталь 20, нагартовка	1,9	2.1.71	Бронза, БрОФ 6,5-0,15	4,5
2.1.22	Сталь 30, нагартовка	30	2.1.72	Бронза, БрОФ 6,5-0,15	1,8
2.1.23	Сталь 30, нагартовка	4	2.1.73	Магниевый сплав, МА5, старение	7
2.1.24	Сталь 30, нагартовка	1,9	2.1.74	Магниевый сплав, МА5, старение	4,5
2.1.25	Сталь 40, нагартовка	30	2.1.75	Магниевый сплав, МА5, старение	1,8
2.1.26	Сталь 40, нагартовка	4	2.1.76	Цинковый сплав, ЦАМ15	7
2.1.27	Сталь 40, нагартовка	1,9	2.1.77	Цинковый сплав, ЦАМ15	4,5
2.1.28	Техническое железо	10	2.1.78	Цинковый сплав, ЦАМ15	1,8
2.1.29	Техническое железо	4	2.1.79	Олово	10
2.1.30	Техническое железо	1,5	2.1.80	Олово	4
2.1.31	Хром	10	2.1.81	Олово	2
2.1.32	Хром	4	2.1.82	Баббит, Б83	10
2.1.33	Хром	1,5	2.1.83	Баббит, Б83	4
2.1.34	Кобальт	10	2.1.84	Баббит, Б83	2
2.1.35	Кобальт	4	2.1.85	Подшипниковый сплав, АО9-2	10
2.1.36	Кобальт	1,5	2.1.86	Подшипниковый сплав, АО9-2	4
2.1.37	Никель	10	2.1.87	Подшипниковый сплав, АО9-2	2
2.1.38	Никель	4	2.1.88	Алюминиевый сплав, АМц	10
2.1.39	Никель	1,5	2.1.89	Алюминиевый сплав, АМц	4
2.1.40	Титан	10	2.1.90	Алюминиевый сплав, АМц	2
2.1.41	Титан	4	2.1.91	Бронза, БрС30	7
2.1.42	Титан	1,5	2.1.92	Бронза, БрС30	4,5
2.1.43	Сталь 08, отжиг	30	2.1.93	Бронза, БрС30	1,8
2.1.44	Сталь 08, отжиг	4	2.1.94	Магниевый сплав,	10

№ обр.	Материал, марка, обработка	s, мм	№ образца	Материал, марка, обработка	s, мм
				МЛ15	
2.1.45	Сталь 08, отжиг	1,9	2.1.95	Магниевый сплав, МЛ15	4
2.1.46	Бронза, Бр Б2, закалка + старение	8	2.1.96	Магниевый сплав, МЛ15	2
2.1.47	Бронза, Бр Б2, закалка+старение	3	2.1.97	Магниевый сплав, МЛ15	10
2.1.48	Бронза, Бр Б2, закалка+старение	1,9	2.1.98	Магниевый сплав, МЛ15	4
2.1.49	Алюминиевый сплав, В95	7	2.1.99	Магниевый сплав, МЛ15	2
2.1.50	Алюминиевый сплав, В95	4,5			

Таблица 2.11. Описание образцов для определения твёрдости по Роквеллу

№ образца	Материал образца	№ образца	Материал образца
2.2.01.	Подшипниковый сплав Б88	2.2.16	Сталь У13, закалка+отпуск
2.2.02	Подшипниковый сплав АО9-2	2.2.17	Сталь Р18, закалка+отпуск
2.2.03	Цинковый сплав ЦАМ15	2.2.18	Сталь ШХ15, закалка+отпуск
2.2.04	Магниевый сплав МЛ15	2.2.19	Сталь Х12М, закалка+отпуск
2.2.05	Алюминиевый сплав АМг10	2.2.20	Сталь ХВГ, закалка+отпуск
2.2.06	Сталь 45, нормализация	2.2.21	Металлокерамический сплав ВК3
2.2.07	Алюминиевый сплав Д16	2.2.22	Металлокерамический сплав ВК15
2.2.08	Бронза БрО10Ф1	2.2.23	Металлокерамический сплав ВК20
2.2.09	Латунь Л90	2.2.24	Металлокерамический сплав Т15К6
2.2.10	Сталь 20, отжиг	2.2.25	Металлокерамический сплав ТТ8К6
2.2.11	Бронза БрБ2, закалка+старение	2.2.26	Металлокерамический сплав Т5К10

№ образца	Материал образца	№ образца	Материал образца
2.2.12	Сталь 65Г, закалка+отпуск	2.2.27	Металлокерамический сплав ТТ7К12
2.2.13	Сталь 45, закалка+отпуск	2.2.28	Высокоуглеродистый сплав 250Х38
2.2.14	Сталь 35, улучшение	2.2.29	Высокоуглеродистый сплав 320Х23Г2С2Т
2.2.15	Сталь У8, закалка+отпуск	2.2.30	Высокоуглеродистый сплав 370Х7Г7С

Таблица 2.12. Образцы для ранжирования по твёрдости

№ вар.	Твёрдость материалов				№ вар.	Твёрдость материалов			
	HB	HRA	HRB	HRC		HB	HRA	HRB	HRC
2.3.01.	75	60	55	20	2.3.16.	405	75	78	43
2.3.02.	97	61	57	22	2.3.17.	427	76	79	44
2.3.03.	119	62	58	23	2.3.18.	449	77	81	46
2.3.04.	141	63	60	25	2.3.19.	471	78	82	47
2.3.05.	163	64	61	26	2.3.20.	493	79	84	49
2.3.06.	185	65	63	28	2.3.21.	515	80	85	50
2.3.07.	207	66	64	29	2.3.22.	537	81	87	52
2.3.08.	229	67	66	31	2.3.23.	559	82	88	53
2.3.09.	251	68	67	32	2.3.24.	581	83	90	55
2.3.10.	273	69	69	34	2.3.25.	603	84	91	56
2.3.11.	295	70	70	35	2.3.26.	625	85	93	58
2.3.12.	317	71	72	37	2.3.27.	647	86	94	59
2.3.13.	339	72	73	38	2.3.28.	657	87	96	61
2.3.14.	361	73	75	40	2.3.29.	660	88	97	62
2.3.15.	383	74	76	41	2.3.30.	664	89	85	64

Таблица 2.13. Образцы для оценки предела прочности стали по твёрдости

№ вар.	Сталь, твёрдость	№ вар.	Сталь, твёрдость
2.4. 01	Отожжённая сталь, HB = 175	2.4. 11	Термообр. сталь, HB = 360
2.4. 02	Отожжённая сталь, HB = 180	2.4. 12	Термообр. сталь, HB = 365
2.4. 03	Отожжённая сталь, HB = 185	2.4. 13	Термообр. сталь, HB = 370
2.4. 04	Отожжённая сталь, HB = 190	2.4. 14	Термообр. сталь, HB = 375
2.4. 05	Отожжённая сталь, HB = 195	2.4. 15	Термообр. сталь, HB = 380
2.4. 06	Отожжённая сталь, HRB = 52	2.4. 16	Термообр. сталь, HRC = 52
2.4. 07	Отожжённая сталь, HRB = 55	2.4. 17	Термообр. сталь, HRC = 54
2.4. 08	Отожжённая сталь, HRB = 57	2.4. 18	Термообр. сталь, HRC = 56
2.4. 09	Отожжённая сталь, HRB = 60	2.4. 19	Термообр. сталь, HRC = 58

№ вар.	Сталь, твёрдость	№ вар.	Сталь, твёрдость
2.4. 10	Отожжённая сталь, HRB = 65	2.4. 20	Термообр. сталь, HRC = 60

Таблица 2.14. Образцы для оценки твёрдости стали по пределу прочности

№ вар.	Исходные данные
2.5. 01	Оценить HB отожжённой стали, $\sigma_B = 40$ кгс/мм ²
2.5. 02	Оценить HB отожжённой стали, $\sigma_B = 45$ кгс/мм ²
2.5. 03	Оценить HB отожжённой стали, $\sigma_B = 50$ кгс/мм ²
2.5. 04	Оценить HB отожжённой стали, $\sigma_B = 55$ кгс/мм ²
2.5. 05	Оценить HB отожжённой стали, $\sigma_B = 60$ кгс/мм ²
2.5. 06	Оценить HRB отожжённой стали, $\sigma_B = 35$ кгс/мм ²
2.5. 07	Оценить HRB отожжённой стали, $\sigma_B = 40$ кгс/мм ²
2.5. 08	Оценить HRB отожжённой стали, $\sigma_B = 45$ кгс/мм ²
2.5. 09	Оценить HRB отожжённой стали, $\sigma_B = 50$ кгс/мм ²
2.5. 10	Оценить HRB отожжённой стали, $\sigma_B = 55$ кгс/мм ²
2.5. 11	Оценить HB термообработанной стали, $\sigma_B = 130$ кгс/мм ²
2.5. 12	Оценить HB термообработанной стали, $\sigma_B = 135$ кгс/мм ²
2.5. 13	Оценить HB термообработанной стали, $\sigma_B = 140$ кгс/мм ²
2.5. 14	Оценить HB термообработанной стали, $\sigma_B = 145$ кгс/мм ²
2.5. 15	Оценить HB термообработанной стали, $\sigma_B = 150$ кгс/мм ²
2.5. 16	Оценить HRC термообработанной стали, $\sigma_B = 260$ кгс/мм ²
2.5. 17	Оценить HRC термообработанной стали, $\sigma_B = 270$ кгс/мм ²
2.5. 18	Оценить HRC термообработанной стали, $\sigma_B = 280$ кгс/мм ²
2.5. 19	Оценить HRC термообработанной стали, $\sigma_B = 290$ кгс/мм ²
2.5. 20	Оценить HRC термообработанной стали, $\sigma_B = 300$ кгс/мм ²

2.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №2

Таблица 2.15. Характеристика методов определения твёрдости

Обозначение числа твёрдости, [размерность]	Характеристика способа (вид индентора, нагрузка P, применение)
Метод Бринелля ГОСТ 9012-59	
HB, [МПа] или [кгс/мм ²] При записи значения размерность не указывается	Закаленный стальной шарик D=2,5; 5,0; 10,0 мм; P=156-30 кН (15,6-3000 кгс); цветные сплавы, стали после отжига и нормализации и др. HB=80..4480 МПа или HB=8...448 кгс/мм ² .
Метод Роквелла ГОСТ 9013-59	
HRA, HRB, HRC, [величина безразмерная]	HRA: алмазный конус $\alpha=120^\circ$; P _Σ =600 Н (60 кгс); сплавы высокой твёрдости (металлокерамические инструментальные

Обозначение числа твёрдости, [размерность]	Характеристика способа (вид индентора, нагрузка Р, применение)
	сплавы, литые высокоуглеродистые сплавы и др.). HRA=70...85.
	HRB: стальной закаленный шарик D=0,0625 in* = 1,59 мм; P _Σ =1000 Н (100 кгс); сплавы низкой твёрдости (подшипниковые, цветные конструкционные, отожженные стали и др.). HRB=25...100.
	HRC: твердосплавный конус α=120°; P _Σ =1500 Н (150 кгс); сплавы средней твёрдости (стали после закалки и отпуска и др.). HRC=20...67.
Метод Виккерса ГОСТ 2999-75	
HV, [МПа] или [кгс/мм ²] При записи значения размерность не указывается	Алмазная пирамида с квадратным основанием α=136°; P=10–300 Н (1–30 кгс); универсальный метод для чёрных и цветных металлов и сплавов. HV=80...20000 МПа или HV=8...2000 кгс/мм ²
Метод Шора ГОСТ 23273-78	
HSD, [безразмерная величина]	Алмазный боёк со сферической вершиной; определение числа твёрдости основано на упругом отскоке бойка поднятого на фиксированную высоту над измеряемой поверхностью; HSD=20...140.
Примечание: * in – международное обозначение дюйма – британской единицы длины, 1 in = 1" = 2,54 см = 25,4 мм. Приближённый перевод: 1 МПа ≈ 0,1 кгс/мм ² ; 1 кгс/мм ² ≈ 10 МПа	

Таблица 2.16. Твёрдость и применение исследуемых материалов

Марки материалов (обработка)	Число твёрдости	Примечание
Sn	HV8...35	Основа баббитов, компонент припоев, бронз и др.
Б83, АО9-2, БрС30		Подшипниковые сплавы для антифрикционного слоя подшипников скольжения
АМц, МЛ5, МЛ15		Цветные конструкционные сплавы на основе Al, Mg

Марки материалов (обработка)	Число твёрдости	Примечание
Cu	HB35...130	Основа бронз, латуней и др. сплавов
Латуни: Л90; ЛЖМц59-1-1; ЛК80-3; ЛЦ16К4; ЛЦ38Мц2С2; Бронзы: БрОФ6,5-0,15; БрОФ6,5-0,4; БрО10Ф1		Конструкционные сплавы на основе (Cu +Zn) и Cu
АМг2, Д16, АК12, АМ5, АМг10		Конструкционные сплавы на основе Al
МА5, МА19		Конструкционные сплавы на основе магния
ЦАМ15		Конструкционный сплав на основе Zn
Cr, Co, Ni, Ti		Цветные металлы – компоненты легированных сталей и др. сплавов
Бронза: БрБ2 (закалка ¹ + старение ²)	HB > 130	Конструкционный сплав
В95		Высокопрочный сплав Al
Fe техническое	HB<140	Основа сталей и чугунов
Сталь: 08 (отжиг ³)		Конструкционный вплав
Чугуны: СЧ15, СЧ25, СЧ35, ВЧ 80, КЧ 60-3	HB140...450	Конструкционные литейные сплавы
АЧС-1		Антифрикционный сплав
Стали: 08,10 ,20, 30, 40, 45, 55 (нагартовка ⁴)	HRC 40...55	Конструкционные сплавы
Стали: 65Г, 45, 35 (закалка+отпуск ⁵)		
Стали: У8, У13 (закалка+ отпуск)	HRC 50...65	Режущий и деформирующий инструмент
Стали: Р18, Х12М, ХВГ (закалка+ отпуск)	HRC 65	
Сталь: ШХ15 (закалка+отпуск)	HRC 65	
Спечённые сплавы на основе WC, TiC, TaC: BK3, BK15, T15K6, TT8K6, T5K10, TT7K12	HRA85-90	Пластины для армирования режущего инструмента
Литые сплавы Fe – C: 250X38, 320X23Г2С2Т, 370X7Г7С	HRA85	Наплавочные материалы деталей и инструмента для условий абразивного изнашивания

Марки материалов (обработка)	Число твёрдости	Примечание
Примечания: 1, 2, 3, 5 – виды термической обработки сплавов; 4 – упрочнение пластическим деформированием		

Таблица 2.17. Выбор условий испытаний при определении HB по ГОСТ 9012–59

Материал	HB	$P = k \cdot D^2$	$S_{min}, \text{ мм}$	D, мм	P, кгс	$\tau, \text{ с}$
Чёрные металлы *	140-450	k = 30	6-3	10,0	3000	10
			4-2	5,0	750	
			Менее 2	2,5	187,5	
	Менее 140	k = 10	Более 6	10,0	1000	
			6-3	5,0	250	
			Менее 3	2,5	62,5	
Цветные металлы **	Более 130	k = 30	6-3	10,0	3000	30
			4-2	5,0	750	
			Менее 2	2,5	187,5	
	35-130	k = 10	9-3	10,0	1000	
			6-3	5,0	250	
			Менее 3	2,5	62,5	
	8-35	k = 2,5	Более 6	10,0	250	60
			6-3	5,0	62,5	
			Менее 3	2,5	15,6	
*Fe и сплавы на его основе (стали и чугуны)						
** другие металлы и сплавы (кроме сталей и чугунов)						

Соотношение единиц твёрдости HV, HB, HRA, HRC, HRB *

Таблица 2.18.

HV	HB	HRA	HRC	HRB	HV	HB	HRA	HRC
70	66	40	—	38	590	500	78	52
80	77	42	—	44	600	506	78	53
90	87	44	—	50	610	511	78	53
100	98	46	—	56	620	517	78	54
110	109	48	—	62	630	522	79	54
120	119	49	—	67	640	528	79	55
130	130	51	—	71	650	533	79	55
140	140	52	—	75	660	538	80	56
150	150	53	—	79	670	543	80	56
160	160	54	12	83	680	548	80	57
170	170	55	14	86	690	553	80	57

HV	HB	HRA	HRC	HRB	HV	HB	HRA	HRC
180	180	56	15	89	700	557	81	57
190	190	57	17	90	710	562	81	58
200	200	58	19	93	720	566	81	58
210	209	59	20	95	730	571	81	59
220	219	60	22	96	740	575	82	59
230	228	61	23	97	750	579	82	60
240	237	62	24	—	760	584	82	60
250	257	62	26	—	770	588	82	60
260	256	63	27	—	780	591	82	61
270	265	64	28	—	790	595	83	61
280	274	64	29	—	800	599	83	62
290	282	65	30	—	810	603	83	62
300	291	66	31	—	820	606	83	62
310	300	66	32	—	830	609	84	63
320	308	67	33	—	840	613	84	63
330	317	67	34	—	850	616	84	63
340	325	68	35	—	860	619	84	64
350	333	68	36	—	870	622	84	64
360	341	69	37	—	880	625	85	65
370	349	69	38	—	890	628	—	65
380	357	70	39	—	900	631	—	65
390	365	70	39	—	910	633	—	66
400	373	71	40	—	920	636	—	—
410	380	71	41	—	930	638	—	—
420	388	71	42	—	940	640	—	—
430	395	72	42	—	950	643	—	—
440	403	72	43	—	960	645	—	—
450	410	73	44	—	970	647	—	—
460	417	73	44	—	980	649	—	—
470	424	73	45	—	990	650	—	—
480	431	74	46	—	1000	652	—	—
490	438	74	46	—	1010	654	—	—
500	444	75	47	—	1020	655	—	—
510	451	75	48	—	1030	657	—	—
520	457	75	48	—	1040	658	—	—
530	464	76	49	—	1050	659	—	—
540	470	76	49	—	1060	660	—	—
550	476	76	50	—	1070	661	—	—
560	482	77	51	—	1080	662	—	—
570	488	77	51	—	1090	663	—	—

HV	HB	HRA	HRC	HRB	HV	HB	HRA	HRC
580	494	77	52	—	1100	664	—	—

*Данные: [4].

Примечания:

1. Указанные в таблице значения твёрдости HB соответствуют значениям твердости по Бринеллю, определенным с помощью шарика D=10 мм при нагрузке P = 30 кН (3000 кгс).

2. Числа твёрдости, набранные **жирным шрифтом**, приняты ГОСТами 2999–75 (HV), 9012–59 (HB) и 9013–59 (HRA, HRB, HRC).

3. При необходимости сравнение значений твердости, определенной разными методами, необходимо заданные значения HB, HRA, HRB, HRC перевести в твёрдость по Виккерсу HV_x (HB_x), HV_x (HRA_x), HV_x (HRB_x), HV_x (HRC_x).

Использование переводной таблицы. При необходимости определения HV_x для ранжируемого значения H_x , несовпадающего с табличным значением твёрдости, следует применять линейную интерполяцию для перевода $H_x \rightarrow HV_x$

$$HV_x = HV_1 + \frac{HV_2 - HV_1}{H_2 - H_1} \cdot (H_x - H_1),$$

здесь H_x – значение твёрдости (HB_x , HRA_x , HRB_x , HRC_x), подлежащее ранжированию; H_1, H_2 – интервал твёрдости ранжируемых показателей, внутри которого находится значение H_x ; HV_x – искомое значение сравниваемого показателя $H_x \rightarrow HV_x$; HV_1, HV_2 – табличные значения сравниваемого показателя твёрдости по Виккерсу ($H_1 \rightarrow HV_1, H_2 \rightarrow HV_2$), индекс 2 присвоен большему значению показателей твёрдости.

Расчетный метод. В этом случае переход $H_x \rightarrow HV_x$ основан на использовании соответствующих уравнений регрессии

$$HV(HB) = 50 + 0,482301 HB + 0,001149 HB^2 \quad (1)$$

$$HV(HRA) = 2331 - 81,4776 HRA + 0,7657 HRA^2 \quad (2)$$

$$HV(HRB) = 252 - 5,7681 HRB + 0,0561 HRB^2 \quad (3)$$

$$HV(HRC) = 318 - 10,527673 HRC + 0,304221 HRC^2 \quad (4)$$

Уравнения 1-4 получены обработкой данных по твердости сталей и сплавов [4]. Интервалы изменения аргумента: 1 – HB = 75-712 кгс/мм²; 2 – HRA=50-85; 3 – HRB = 55-100; 4 – HRC = 18-66.

Таблица 2.19. Уравнения регрессии* для пересчёта «твёрдость ↔ предел прочности»

Эмпирическая формула	Интервал изменения аргумента
Сталь без термообработки или после отжига	
1. $\sigma_B = 0,36 \cdot HB$	$HB = 86 \dots 368$
2. $\sigma_B = 10,885 \cdot e^{0,02HRB}$	$HRB = 52 \dots 100$

Эмпирическая формула	Интервал изменения аргумента
3. $HB = 2,81 \cdot \sigma_B$	$\sigma_B = 30 \dots 130$
4. $HRB = 49,54 \cdot \ln \sigma_B - 117$	$\sigma_B = 34 \dots 83$
Сталь закаленная или закалённая + отпущенная	
5. $\sigma_B = 0,34 \cdot HB - 2$	$HB = 177 \dots 450$
6. $\sigma_B = 38,8 \cdot e^{0,0303HRC}$	$HRC = 20 \dots 67$
7. $HB = 2,92 \cdot \sigma_B + 5$	$\sigma_B = 60 \dots 155$
8. $HRC = 32,86 \cdot \ln \sigma_B - 120$	$\sigma_B = 77 \dots 310$
*Уравнения регрессии получены по данным Йех Я. Термическая обработка стали. Справочник – Пер. с чешского. М.: Металлургия, 1979. – 264 с. Размерность величин, входящих в эмпирические формулы: $[\sigma_B]$, $[HB]$ в $\text{кгс}/\text{мм}^2$. Для перехода к размерности механических напряжений СИ используйте приближенный пересчёт $1 \text{ кгс}/\text{мм}^2 \approx 10 \text{ МПа}$.	

3. Индивидуальное задание №3 к лабораторной работе «Определение ударной вязкости стали. Определение порога хладноломкости»

3.1. Содержание индивидуального задания №2

3.1.1. По варианту ИЗ (таблица 3.6) заполнить таблицы 3.1, 3.2.

Таблица 3.1. Исходные данные для определения КСУ*

№ вар.	Полуфабрикат**, размер, мм	KU ₀ ***	KU _{ост} ***
		Дж	
1	2	3	4
3.xx			

Пояснения: * КСУ – расчётное значение ударной вязкости, определённой на образце с U-образным надрезом (образец Менаже); **Описание металлических полуфабрикатов см. в таблице 3.7;

***KU₀, KU_{ост} – энергия маятника до и после испытания, соответственно.

Таблица 3.2. Исходные данные для определения порога хладноломкости стали (см. таблицу 3.5)

№ вар.	КСУ (Дж/см ²) при температуре испытания (°C)				КСУ _{min} ,* Дж/см ²
	+20	-20	-40	-70	
1	5	6	7	8	9
3.xx					

Пояснения: * КСУ_{min} – нормативный запас ударной вязкости.

3.1.2. Выбор типа образца Менаже по ГОСТ 9454-78 для определения ударной вязкости заданного полуфабриката. Выполнить эскиз сечения полуфабриката рис. 3.1 (см. таблицу 3.7). Заполнить таблицу 3.3.

Таблица 3.3. Выбор типа образца Менаже (см. рис.3.1.)

№ вар.	Лимитир. размер*, мм	Тип по ГОСТ 9454-78	Размеры сечения, мм		
			B	H	H ₁
1	10	11	12	13	14
3.xx					

Пояснения: При выборе типа образца лимитирующим является размер исследуемого полуфабриката, ограничивающий сечение ударного образца. Для листового и фасонного проката тип образца согласуйте с толщиной s или t . При этом необходимо также предусмотреть возможность снятия дефектного слоя на поверхности проката при изготовлении образца, чтобы избежать анизотропии свойств металла по толщине надрезанного образца. Минимальный припуск на механическую обработку составляет 0,5 мм на сторону. При выборе типа образца следует отдавать предпочтение образцам типа 1,2,3,4 (таблица 3. 8).

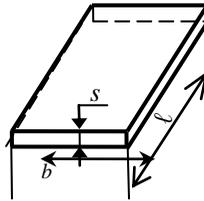


Рис. 3.1. Эскиз полуфабриката (по варианту задания см. таблицу 3.7)

3.1.3. Вычисление ударной вязкости. Заполнить таблицу 3.4.

Таблица 3.4. Вычисление ударной вязкости

№ вар.	F_H *, см ²	Показания шкалы маятникового копра, Дж·м		Ударная вязкость, Дж/см ² КСУ**
		KU ₀	KU _{ост}	
1	15	3	4	16
3.xx				

Пояснения: F_H – площадь сечения образца в надрезе, $F_H=B \cdot H_1$;

** значение ударной вязкости получается расчётом $КСУ=(KU_0-KU_{ост})/ F_H$.

3.1.4. Определение порога хладноломкости $t_{хл}$ стали. По данным таблицы 3.2 строится зависимость ударной вязкости от температуры испытаний $КСУ=КСУ(t_{исп})$ см. рис. 3.3. Значение порога хладноломкости стали $t_{хл}$ определяется графически, как абсцисса точки пересечения линий $КСУ=КСУ(t_{исп})$ и нормативного запаса ударной вязкости $КСУ_{min}$ (см. рис. 3.3). Результаты определения $t_{хл}$ заносим в таблицу 3.5.

Таблица 3.5.		Результаты определения порога хладноломкости
№ вар.	Значение $t_{хл}$, град С	
1	17	
3.хх		

3.2. Варианты индивидуального задания №3

Таблица 3.6. Данные для определения ударной вязкости и порога хладноломкости

Вариант №3.01.				
1. Сортовой прокат квадратный $a=11$ мм.				
2. Работа разрушения $KU_0(+20)=100$ Дж; $KU_{ост}(+20) = 12$ Дж.				
3. Сталь 20 отожженная; $KCU_{min} = 30$ Дж/см ²				
$t_{исп}$, °С	+20	-20	-40	-70
KCU, Дж/см ²	110	68	47	10
Вариант №3.02.				
1. Сортовой прокат круглый $d=16$ мм.				
2. Работа разрушения $KU_0(+20)=100$ Дж; $KU_{ост}(+20) = 12$ Дж.				
3. Сталь 20 отожженная; $KCU_{min} = 35$ Дж/см ²				
$t_{исп}$, °С	+20	-20	-40	-70
KCU, Дж/см ²	110	68	47	10
Вариант №3.03.				
1. Сортовой прокат круглый $a=13$ мм.				
2. Работа разрушения $KU_0(+20) = 100$ Дж; $KU_{ост}(+20) = 34$ Дж.				
3. Сталь 20 отожженная; $KCU_{min} = 25$ Дж/см ²				
$t_{исп}$, °С	+20	-20	-40	-70
KCU, Дж/см ²	110	68	47	10
Вариант №3.04.				
1. Листовой прокат $s=12$ мм.				
2. Работа разрушения $KU_0(+20)=100$ Дж; $KU_{ост}(+20) = 56$ Дж.				
3. Сталь 20 отожженная; $KCU_{min} = 20$ Дж/см ²				
$t_{исп}$, °С	+20	-20	-40	-70
KCU, Дж/см ²	110	68	47	10
Вариант №3.05.				
1. Сортовой прокат квадратный $a = 14$ мм.				
2. Работа разрушения $KU_0 = 100$ Дж; $KU_{ост} = 6$ Дж.				
3. Сталь 20 нормализованная; $KCU_{min} = 30$ Дж/см ²				
$t_{исп}$, °С	+20	-20	-40	-70
KCU, Дж/см ²	157	109	86	27
Вариант №3.06.				
1. Листовой прокат $s = 9$ мм.				

2. Работа разрушения $KU_0=50$ Дж; $KU_{ост}=19$ Дж.
 3. Сталь 20 нормализованная; $KCU_{min}=35$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-70
$KCU, Дж/см^2$	157	109	86	27

Вариант №3.07.

1. Листовой прокат $s=6$ мм.
 2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=37$ Дж.
 3. Сталь 20 нормализованная; $KCU_{min}=28$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-70
$KCU, Дж/см^2$	157	109	86	27

Вариант №3.08.

1. Листовой прокат $s=12$ мм.
 2. Работа разрушения $KU_0=150$ Дж; $KU_{ост}=24$ Дж.
 3. Сталь 20 нормализованная; $KCU_{min}=32$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-70
$KCU, Дж/см^2$	157	109	86	27

Вариант №3.9.

1. Труба горячекатаная $d=400$ мм, $s=10$ мм.
 2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=56$ Дж.
 3. Сталь 17Г1С, $KCU_{min}=40$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-60
$KCU, Дж/см^2$	73	52	48	37

Вариант №3.10.

1. Труба горячекатаная $d=350$ мм, $s=8$ мм.
 2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=71$ Дж.
 3. Сталь 17Г1С, $KCU_{min}=45$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-60
$KCU, Дж/см^2$	73	52	48	37

Вариант №3.11.

1. Труба горячекатаная $d=400$ мм, $s=12$ мм.
 2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=42$ Дж.
 3. Сталь 17Г1С, $KCU_{min}=38$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-60
$KCU, Дж/см^2$	73	52	48	37

Вариант №3.12.

1. Труба горячекатаная $d=80$ мм, $s=4$ мм.
 2. Работа разрушения $KU_0=50$ Дж; $KU_{ост}=41$ Дж.
 3. Сталь 17Г1С, $KCU_{min}=44$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-60
$KCU, Дж/см^2$	73	52	48	37

Вариант №3.13.

1. Труба $d=400$ мм, $s=10$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=53$ Дж.
3. Сталь 17Г1С высоко отпущенная; $KCU_{min}=60$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-60
$KCU, \text{Дж/см}^2$	78	71	64	53

Вариант №3.14.

1. Труба $d=350$ мм, $s=8$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=69$ Дж.
3. Сталь 17Г1С высоко отпущенная; $KCU_{min}=57$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-60
$KCU, \text{Дж/см}^2$	78	71	64	5

Вариант №3.15.

1. Труба $d=400$ мм, $s=12$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=38$ Дж.
3. Сталь 17Г1С высоко отпущенная; $KCU_{min}=62$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-60
$KCU, \text{Дж/см}^2$	78	71	64	53

Вариант №3.16.

1. Труба $d=100$ мм, $s=4$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=80$ Дж; $KU_{ост}=71$ Дж.
3. Сталь 17Г1С высоко отпущенная; $KCU_{min}=55$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-60
$KCU, \text{Дж/см}^2$	78	71	64	53

Вариант №3.17.

1. Швеллер $s=8$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=78$ Дж.
3. Сталь 10ХНДП; $KCU_{min}=43$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-60
$KCU, \text{Дж/см}^2$	55	47	45	42

Вариант №3.18.

1. Двутавр $s=10$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=67$ Дж.
3. Сталь 10ХНДП; $KCU_{min}=45$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-70
$KCU, \text{Дж/см}^2$	55	47	45	42

Вариант №3.19.

1. Уголок равнополочный $t=4$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=50$ Дж; $KU_{ост}=43$ Дж.
3. Сталь 10ХНДП; $KCU_{min}=44$ Дж/см²

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	+20	-20	-40	-60
$KCU, \text{Дж/см}^2$	55	47	45	42

Вариант №3.20.

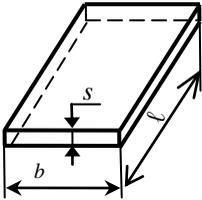
1. Уголок неравнополочный $t=16$ мм.
2. Работа разрушения $KU_0=100$ Дж; $KU_{ост}=56$ Дж.
3. Сталь 10ХНДП; $KCU_{min}=42$ Дж/см²

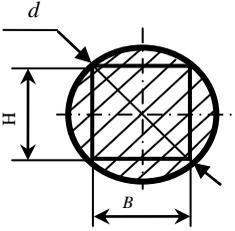
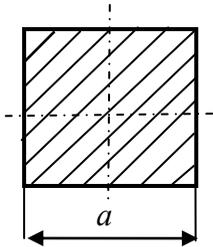
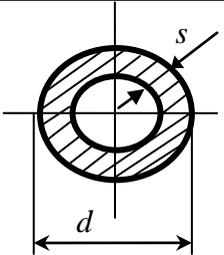
$t_{исп}, ^\circ C$	+20	-20	-40	-60
$KCU, Дж/см^2$	55	47	45	42

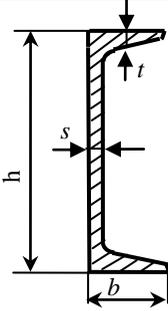
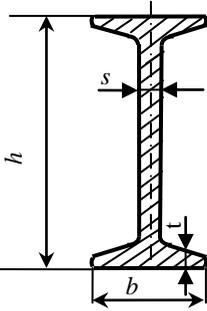
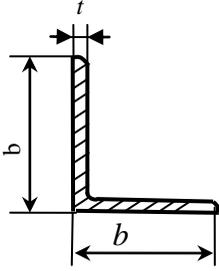
3.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №3.

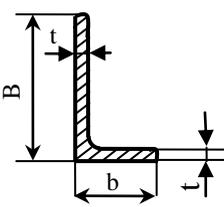
В машино- и аппаратостроении используются стальные полуфабрикаты, получаемые прокаткой, волочением, прессованием, ковкой и другими способами. Стальной прокат является наиболее многочисленной (по номенклатуре и сортаменту) группой полуфабрикатов, используемых в химическом и энергетическом машиностроении, а также в строительстве. В индивидуальном задании (таблица 3.7) представлены следующие виды стальных полуфабрикатов: лист, сортовой прокат (круглый, квадратный), труба, фасонный прокат (швеллер, двутавр, уголки).

Таблица 3.7. Некоторые виды стальных полуфабрикатов

Вид сечения	НТД* ; размеры, мм
Листовой прокат	
	<p>Прокат горячекатаный ГОСТ 19903-90 $s=0,4-160$ мм; $b= \dots$ мм ; $l= \dots$ мм</p> <p>Прокат холоднокатаный ГОСТ 19904-90 $s=0,35-5$ мм; $b=500-2350$ мм; $l=1000-6000$ мм.</p> <p>Виды листового проката $s < 0,2$ мм – фольга $s = 0,2-4$ мм – тонкий лист $s > 4$ мм – толстый лист s, b, l – толщина, ширина, длина</p>
	Сортовой прокат
Круглый	<p>Прокат обычной точности ГОСТ 2950-88 $d=5-200$ мм</p> <p>Прокат калиброванный ГОСТ 7417-75</p>

Вид сечения	НТД* ; размеры, мм
	<p>НТД* ; размеры, мм $d=3-100$ мм Прокат со специальной отделкой поверхности (серебрянка) ГОСТ 14955-77 $d=0,2-50$ мм В, Н – размеры сечения надрезанного образца (см. таблицу 3.8) Соотношение между диаметром проката и размерами сечения надрезанного образца $d^2 = B^2 + H^2$</p>
<p>Квадратный</p> 	<p>ГОСТ 2591-88 $a=6-200$ мм</p>
Трубы	
	<p>Трубы бесшовные горячедеформированные ГОСТ 8732-78 $d =25-820$ мм; $s=2,5-75$ мм Виды труб $d/s > 40$ – особотонкостенные $d/s = 12,5-40$ – тонкостенные $d/s = 6-12,5$ – толстостенные $d/s < 6$ – особотолстостенные d – наружный диаметр; s – толщина стенки</p>
Фасонный прокат	
<p>Швеллер</p>	<p>ГОСТ 8240-89 $h =50-400$ мм;</p>

Вид сечения	НТД* ; размеры, мм
	<p>НТД* ; размеры, мм</p> <p>$b = 32-115$ мм; $s = 4,4-8,0$ мм; $t = 7-13,5$ мм h – высота; b – ширина полки; s – толщина стенки; t – толщина полки</p>
<p>Двутавр</p> 	<p>ГОСТ 8239-89</p> <p>$h = 100-600$ мм; $b = 55-190$ мм; $s = 4,5-12,0$ мм; $t = 7, 2-17,8$ мм h – высота; b – ширина полки; s – толщина стенки; t – толщина полки</p>
<p>Уголок равнополочный</p> 	<p>ГОСТ 8509-93</p> <p>$b = 20-250$ мм; $t = 7, 2-17,8$ мм</p> <p>b – ширина полки; t – толщина полки</p>

Вид сечения	НТД*; размеры, мм
<p style="text-align: center;">Уголок неравнополочный</p> 	<p style="text-align: center;">ГОСТ 8510-93 $B=25-200$ мм; $b=16-125$ мм; $t=3-16$ мм</p> <p style="text-align: center;">B, b – ширина полок; t – толщина полок</p>
<p>НТД – научно-техническая документация (ГОСТ – Государственный стандарт; ОСТ – отраслевой стандарт; ТУ – технические условия)</p>	

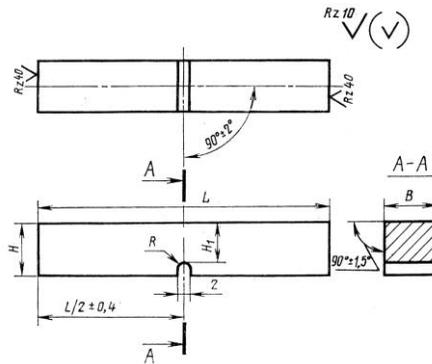


Рис. 3.2. Образец с U-образным надрезом (образец Менаже) для определения ударной вязкости КСУ

Таблица 3.8 Размеры надрезанных образцов (см. рис. 3.1)

Концентратор	Тип	R	$L \pm 0,6$	B	$H \pm 0,1$	H_1
		мм				
U (Менаже)	1	$1 \pm 0,1$	55	$10 \pm 0,1$	10	$8 \pm 0,1$
	2			$7,5 \pm 0,1$	10	$8 \pm 0,1$
	3			$5 \pm 0,05$	10	$8 \pm 0,1$
	4			$2 \pm 0,05$	8	$6 \pm 0,1$
	5			$10 \pm 0,1$	10	$7 \pm 0,1$

Концентрат ор	Тип	R	$L \pm 0,6$	B	$H \pm 0,1$	H_1
		мм				
	6			$7,5 \pm 0,1$	10	$7 \pm 0,1$
	7			$5 \pm 0,05$	10	$7 \pm 0,1$
	8			$10 \pm 0,1$	10	$7 \pm 0,1$
	9			$7,5 \pm 0,1$	10	$5 \pm 0,1$
	10			$5 \pm 0,05$	10	$5 \pm 0,1$
V (Шарпи)	11	$0,25 \pm 0,025$	55	$10 \pm 0,1$	10	$8 \pm 0,1$
	12			$7,5 \pm 0,1$	10	$8 \pm 0,1$
	13			$5 \pm 0,05$	10	$8 \pm 0,1$
	14			$2 \pm 0,05$	8	$6 \pm 0,1$

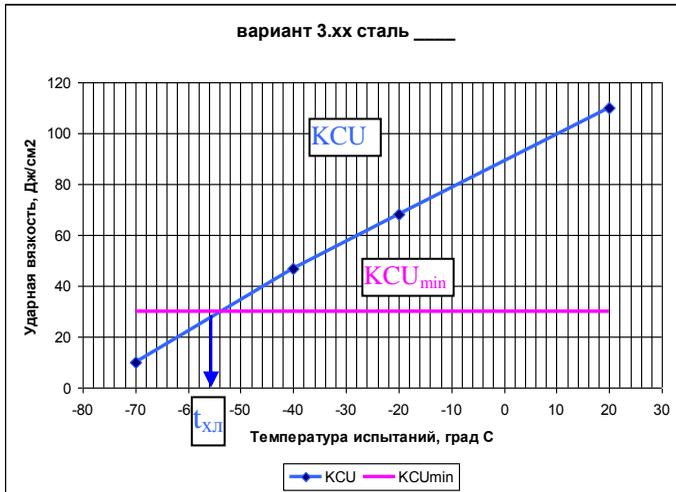


Рис. 3.3. Графическое определение порога хладноломкости стали $t_{xл}$. По рисунку $t_{xл} = -54^\circ\text{C}$.

4. Индивидуальное задание №4 к лабораторной работе «Определение критических точек двойного сплава» 4.1. Содержание индивидуального задания №4

Индивидуальное задание по определению критических точек двойного сплава рекомендуется выполнять с использованием программы *Excel*.

4.1.1. Построение кривых охлаждения сплавов.

4.1.1.1. По варианту задания (таблицы 4.4–4.14) заполнить таблицу 4.1 (формат *Excel*)

Таблица 4.1. Хронометраж охлаждения сплавов системы 00 «А»-«В»

	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
1	Спл	00.02	00.03	00.04	00.05	
2	«В», %					
3	τ , с					
4	0	500	500	500	500	
5	10	451	458	463	462	
6	20	402	416	427	425	
...	
32	280	105	97	97	97	
33	290	95	86	86	86	
34	300	85	75	75	75	

Пояснения:

- 00 «А»-«В» – обозначение исследуемой двойной системы;
- 00.xx – обозначение сплава;
- «В», % – содержание компонента «В» системы;

4.1.1.2. С помощью команды «Мастер диаграмм» построить кривые охлаждения для заданных сплавов (рис. 4.1).

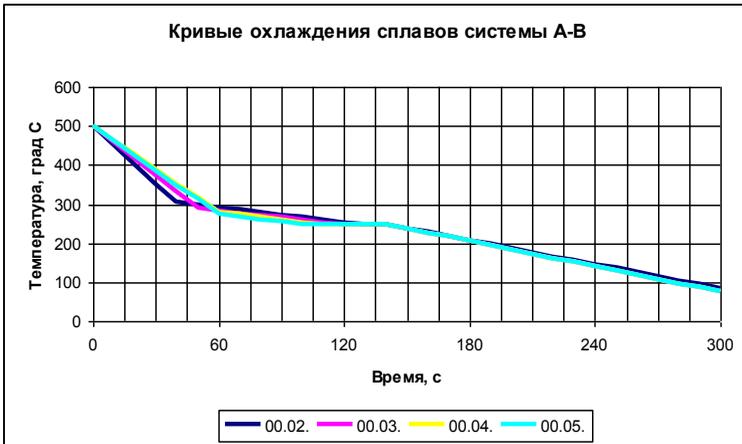


Рис. 4.1. Пример построения кривых охлаждения сплавов

Пояснения: Оформление рисунка с кривыми охлаждения сплавов:

- название диаграммы «Кривые охлаждения сплавов системы А-В»;
- обозначение ряда данных соответствует обозначению исследованных сплавов из задания;
- очистить область построения;
- для большей зрительной выразительности диаграммы в электронной форме ряды данных рекомендуется показать разным цветом, линии сделать жирными;

- формат шкалы оси «х»: максимальное значение 300 , цена основных делений 60, цена промежуточных делений 15;
- формат шкалы оси «у»: цена основных делений 100; цена промежуточных делений 50 (промежуточные деления на рис. 4.1 не показаны);
- легенда размещается внизу посередине.

4.1.3. Численным дифференцированием определить скорость охлаждения сплавов. Сформировать таблицу 4.2 (формат *Excel*)

Таблица 4.2. Кинетика охлаждения сплавов системы 00 «А»-«В»

	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)	G (7)	H (8)	I (9)
1	Спл	00.02	00.02	00.03	00.03	00.04	00.04	00.05	00.05
2	«В», %								
3	τ, с	° C	град/с						
4	0	500	4,9	500	4,2	500	3,7	500	3,8
5	10	451	4,9	458	4,2	463	3,7	462	3,8
6	20	402	4,9	416	4,2	427	3,7	425	3,8
...	...								
32	280	105	1	97	1,1	97	1,1	97	1,1
33	290	95	1	86	1,1	86	1,1	86	1,1
34	300	85		75		75		75	

Пояснения:

- в столбцах В (2), D (4), F (6), H (8) находятся значения температуры хронометража исследуемых сплавов, взятые из таблицы 4.1;
- в столбцах С (3), E (5), G (7), I (9) находятся значения скорости охлаждения сплавов, полученные численным дифференцированием по времени температуры сплава; дифференцирование выполняется с помощью команды «Мастер формул». Например, скорость охлаждения сплава 00.02 в начальный момент времени определяется по формуле, которую следует вычислить в ячейке С4 $[(B4-B5)/10]$; затем перетаскиванием ячейки С4 за правый нижний угол по столбцу «С» получим скорость охлаждения в ячейках С5–С33; при необходимости следует сгладить значения скорости охлаждения на участках, предварительно зафиксировав значения с помощью опций: «Копировать»→«Специальная вставка»→«Значения».

4.1.4. С помощью команды «Мастер диаграмм» построить термокинетические диаграммы кристаллизации (ТКДК) сплавов. Для сплава 00.02 ТКДК строится по столбцам В и С таблицы 4.2. На рис. 4.2–4.5 показаны некоторые типичные ТКДК двойных сплавов.

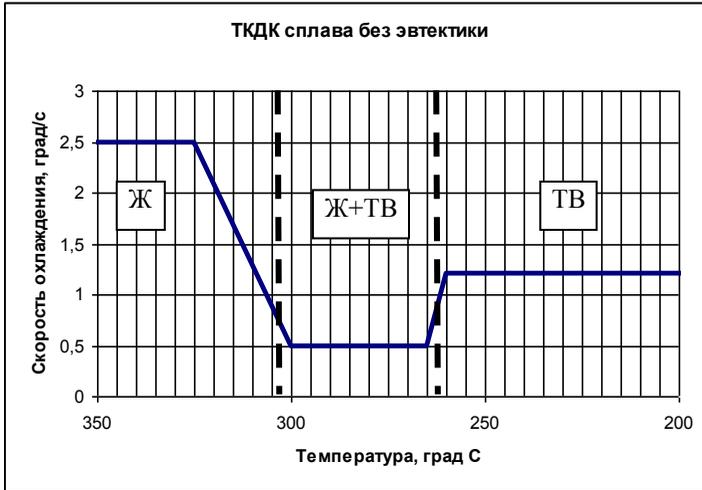


Рис. 4.2. Пример ТКДК сплава без эвтектики ($t_L=300^\circ\text{C}$; $t_S=260^\circ\text{C}$)



Рис. 4.3. Пример ТКДК до- или заэвтектического сплава ($t_L=205^\circ\text{C}$; $t_S=t_{ЭВТ}=125^\circ\text{C}$)

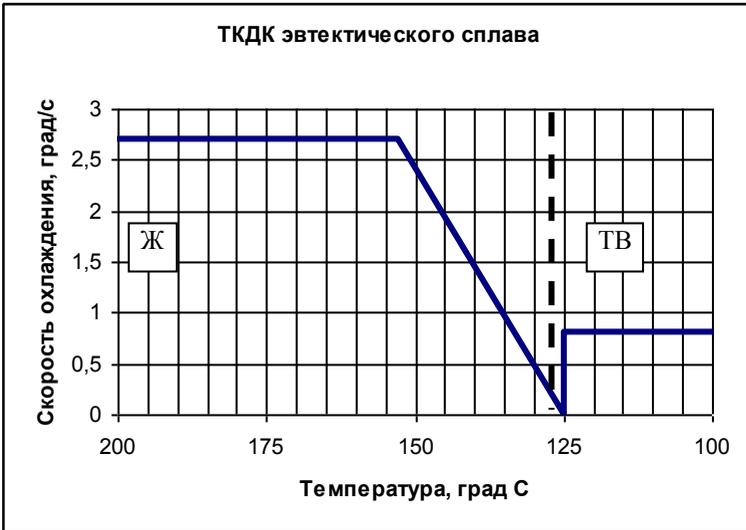


Рис. 4.4. ТКДК эвтектического сплава ($t_L = t_S = t_{ЭВТ} = 125^\circ\text{C}$)



Рис. 4.5. Пример ТКДК сплава, имеющего вторичную кристаллизацию ($t_L = 1052^\circ\text{C}$; $t_S = 990^\circ\text{C}$; $t_C = 720^\circ\text{C}$)

Пояснения: Оформление рисунков ТКДК

- название диаграммы «ТКДК + вид сплава»;
- формат шкалы оси «X»: обратный порядок значений; пересечение с осью «Y» (значений) в максимальном значении;

- на диаграммах указаны фазовые области: Ж – жидкая; (Ж+ТВ) – жидкотвёрдая; ТВ – твёрдая; (ТВ+ТВ_{II}) – твёрдая с вторичной фазой;
- критические точки сплавов расположены на границах фазовых областей (на рисунках 4.2–4.5 границы фазовых областей показаны жирным пунктиром).

4.1.5. На термокинетических диаграммах охлаждения (см. рис. 4.2–4.5) идентифицировать критические точки ликвидус t_L , солидус t_S , сольвус t_C .

Пояснения:

- критические точки сплавов представляют собой абсциссы точек перехода скорости охлаждения на новый уровень (на границах фазовых областей);
- считывание значения критической температуры производится на экране при подведении курсора (имеет вид стрелки) к соответствующим точкам ТКДК активированной диаграммы.

4.1.6. Полученные значения критических температур занести в формуляр сплава (таблица 4.3.).

Таблица 4.3. Формуляр сплавов системы 00 «А»–«В»

Спл	00.01	00.02	00.03	00.04	00.05	00.06	00.07	00.08	00.09	00.10	00.11
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А, %	100	x_{A2}	x_{A3}	x_{A4}	x_{A5}						0
В, %	0	x_{B2}	x_{B3}	x_{B4}	x_{B5}						100
$t_L, ^\circ\text{C}$	$t_{ПЛ}$										$t_{ПЛ}$
$t_S, ^\circ\text{C}$	$t_{ПЛ}$										$t_{ПЛ}$
$t_C, ^\circ\text{C}$	–										–

Пояснения:

- следует помнить, что для двойных сплавов $x_{A_i} + x_{B_i} = 100\%$;
- для чистых компонентов критические температуры равны температуре плавления металла $t_L = t_S = t_{ПЛ}$ (таблица 4.15);
- в формуляре заполняются только графы, соответствующие заданным («своим») сплавам и чистым компонентам, остальные графы, соответствующие «чужим» сплавам выделяются цветом и остаются незаполненными (в таблице 4.3 в качестве «своих» рассматриваются сплавы, представленные в таблицах 4.1, 4.2).

4.2. Варианты индивидуального задания №4

Таблица 4.4. Варианты индивидуального задания №4

№ вар	Сплавы	№ вар	Сплавы
4.01.	01.02 – 01.05	4.11	06.02 – 06.05

4.02	01.06 – 01.10	4.12	06.06 – 06.09
4.03	02.02 – 02.05	4.13	07.02 – 07.05
4.04	02.06 – 02.10	4.14	07.06 – 07.10
4.05	03.02 – 03.05	4.15	08.02 – 08.06
4.06	03.06 – 03.10	4.16	08.07 – 08.11
4.07	04.02 – 04.06	4.17	09.02 – 09.05
4.08	04.07 – 04.11	4.18	09.06 – 09.10
4.09	05.02 – 05.05	4.19	10.02 – 10.05
4.10	05.06 – 05.10	4.20	10.06 – 10.10

4.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №4.

Таблица 4.5. Хронометраж охлаждения сплавов системы Ag–Cu

Спл.	01.02	01.03	01.04	01.05	01.06	01.07	01.08	01.09	01.10
Cu, %	5	8,8	20	28	50	70	80	92	95
τ , с	°C								
0	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
10	1104	1121	1124	1116	1119	1114	1126	1118	1126
20	1009	1042	1048	1032	1037	1028	1053	1035	1052
30	913	963	973	947	956	942	979	1009	1031
40	892	884	897	863	874	915	954	984	1011
50	870	863	821	779	850	888	929	958	990
60	833	842	800	779	827	860	904	933	960
70	796	821	779	779	803	833	879	907	930
80	760	800	779	779	779	806	854	881	900
90	723	779	779	779	779	779	829	856	870
100	686	746	779	779	779	779	804	830	840
110	649	713	779	779	779	779	779	805	810
120	620	681	779	779	779	779	779	779	780
130	590	648	741	779	779	741	779	741	750
140	561	615	702	738	738	702	738	702	720
150	531	582	664	698	698	664	698	664	681
160	502	549	626	657	657	626	657	626	641
170	472	517	588	617	617	588	617	588	602
180	443	484	549	576	576	549	576	549	562
190	414	451	511	536	536	511	536	511	523
200	384	418	473	495	495	473	495	473	484
210	355	385	434	455	455	434	455	434	444

Спл.	01.02	01.03	01.04	01.05	01.06	01.07	01.08	01.09	01.10
Сu, %	5	8,8	20	28	50	70	80	92	95
220	325	352	396	414	414	396	414	396	405
230	296	320	358	374	374	358	374	358	366
240	267	287	320	333	333	320	333	320	326
250	237	254	281	293	293	281	293	281	287
260	208	221	243	252	252	243	252	243	247
270	178	188	205	212	212	205	212	205	208
280	149	156	167	171	171	167	171	167	169
290	119	123	128	131	131	128	131	128	129
300	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Таблица 4.6. Хронометраж охлаждения сплавов системы Al-Si

Спл.	02.02	02.03	02.04	02.05	02.06	02.07	02.08	02.09	02.10
Si, %	1	1,6	5	10	12,6	20	40	60	80
τ , с	°C								
0	800	800	800	800	800	900	1100	1300	1500
10	752	751	743	758	755	836	1040	1216	1433
20	703	701	686	716	711	772	980	1131	1366
30	655	652	629	675	666	708	920	1088	1299
40	646	637	612	633	622	644	889	1046	1254
50	637	622	594	591	577	622	858	1003	1209
60	627	607	577	577	577	599	826	961	1164
70	618	592	577	577	577	577	795	918	1119
80	609	577	577	577	577	577	764	875	1073
90	600	555	555	577	577	577	733	833	1028
100	588	533	533	577	577	577	702	790	983
110	575	511	511	577	577	577	671	747	938
120	563	488	488	577	577	577	639	705	893
130	550	466	466	550	577	577	608	662	848
140	523	444	444	523	548	577	577	620	803
150	496	422	422	496	520	547	577	577	758
160	469	400	400	469	491	516	577	577	712
170	442	378	378	442	462	486	577	577	667
180	415	356	356	415	434	455	577	577	622
190	388	333	333	388	405	425	577	577	577
200	361	311	311	361	376	394	577	533	577

Спл.	02.02	02.03	02.04	02.05	02.06	02.07	02.08	02.09	02.10
Si,%	1	1,6	5	10	12,6	20	40	60	80
τ , с	°C								
210	334	289	289	333	348	364	528	488	577
220	306	267	267	306	319	333	480	444	523
230	279	245	245	279	291	303	431	400	469
240	252	223	223	252	262	273	382	356	415
250	225	201	201	225	233	242	334	311	361
260	198	178	178	198	205	212	285	267	306
270	171	156	156	171	176	181	236	223	252
280	144	134	134	144	147	151	187	179	198
290	117	112	112	117	119	120	139	134	144
300	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Таблица 4.7. Хронометраж охлаждения сплавов системы Bi–Cd

Спл	03.02	03.03	03.04	03.05	03.06	03.07	03.08	03.09	03.10
Cd,%	10	20	30	39,7	50	60	80	95	98
τ , с	°C								
0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
10	374	374	373	377	380	374	373	380	373
20	347	347	347	354	360	349	345	360	347
30	321	321	320	331	341	323	318	339	320
40	294	294	293	308	321	298	290	319	310
50	268	268	266	285	301	272	282	311	301
60	241	241	240	261	281	247	274	303	291
70	234	215	213	238	261	221	266	294	282
80	226	208	186	215	241	214	258	286	272
90	219	201	180	192	222	207	250	278	263
100	212	194	175	169	202	201	242	270	253
110	204	187	169	146	182	194	234	261	244
120	197	181	163	146	175	187	226	253	234
130	190	174	157	146	168	180	218	245	225

Спл	03.02	03.03	03.04	03.05	03.06	03.07	03.08	03.09	03.10
Cd,%	10	20	30	39,7	50	60	80	95	98
τ , с	°C								
140	183	167	152	146	160	173	210	237	215
150	175	160	146	146	153	166	202	228	200
160	168	153	146	146	146	160	194	220	185
170	161	146	146	146	146	153	186	212	170
180	153	146	146	146	146	146	178	204	155
190	146	146	146	146	146	146	170	195	141
200	146	146	146	139	146	146	162	187	126
210	146	146	146	132	146	146	154	179	111
220	136	135	138	125	146	146	146	171	96
230	127	125	131	118	138	146	146	162	81
240	117	114	123	111	130	137	146	154	78
250	108	103	116	105	122	128	137	146	75
260	98	93	108	98	114	119	128	135	72
270	89	82	101	91	105	111	119	124	69
280	79	71	93	84	97	102	110	112	66
290	70	61	86	77	89	93	101	101	63
300	60	50	78	70	81	84	92	90	60

Таблица 4.8. Хронометраж охлаждения сплавов системы Cd–Pb

Спл	04.02	04.03	04.04	04.05	04.06	04.07	04.08	04.09	04.10	04.11
Pb,%	10	20	30	40	50	60	82,6	90	96,7	98
τ , с	°C									
0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
10	451	458	463	462	462	453	450	467	461	462
20	402	416	427	425	424	407	399	433	421	425
30	353	373	390	387	385	360	349	400	382	387
40	304	331	353	349	347	314	298	366	342	350
50	298	289	317	312	309	267	248	333	303	312
60	292	283	280	274	271	261	248	299	296	303
70	285	277	274	268	265	254	248	266	289	294
80	279	271	267	261	260	248	248	257	282	284
90	273	266	261	255	254	248	248	248	275	275
100	267	260	254	248	248	248	248	248	269	255
110	260	254	248	248	248	248	248	248	262	235

Спл	04.02	04.03	04.04	04.05	04.06	04.07	04.08	04.09	04.10	04.11
Pb, %	10	20	30	40	50	60	82,6	90	96,7	98
τ , с	°C									
120	254	248	248	248	248	248	248	248	255	215
130	248	248	248	248	248	248	248	248	248	195
140	248	248	248	248	248	248	237	238	238	175
150	238	237	237	237	248	237	226	227	227	168
160	228	226	226	226	236	226	216	217	217	160
170	217	216	216	216	225	215	205	206	206	153
180	207	205	205	205	213	204	194	196	196	145
190	197	194	194	194	202	192	183	185	185	138
200	187	183	183	183	190	181	173	175	175	130
210	177	172	172	172	179	170	162	164	164	123
220	166	162	162	162	167	159	151	154	154	115
230	156	151	151	151	156	148	140	143	143	108
240	146	140	140	140	144	137	130	133	133	100
250	136	129	129	129	133	126	119	122	122	93
260	126	118	118	118	121	115	108	112	112	85
270	116	107	107	107	110	103	97	101	101	78
280	105	97	97	97	98	92	87	91	91	70
290	95	86	86	86	87	81	76	80	80	63
300	85	75	75	75	75	70	65	70	70	55

Таблица 4.9. Хронометраж охлаждения сплавов системы Cd-Zn

Спл	05.02	05.03	05.04	05.05	05.06	05.07	05.08	05.09	05.10
Zn, %	5	10	17,3	30	40	50	70	80	90
τ , с	°C								
0	500	500	500	500	500	550	550	550	550
10	450	463	453	451	464	506	502	516	513
20	400	427	406	402	427	462	454	482	476
30	349	390	360	352	391	417	406	447	438
40	299	353	313	303	354	373	358	413	401
50	294	317	266	294	318	329	348	379	391
60	290	280	266	285	309	320	338	369	382
70	285	275	266	275	301	311	327	358	372
80	280	271	266	266	292	302	317	348	362
90	275	266	266	266	283	293	307	338	353

Спл	05.02	05.03	05.04	05.05	05.06	05.07	05.08	05.09	05.10
Zn,%	5	10	17,3	30	40	50	70	80	90
τ , с	°C								
100	271	266	266	266	275	284	297	328	343
110	266	266	266	266	266	275	286	317	334
120	266	266	266	266	266	266	276	307	324
130	255	266	266	266	266	266	266	297	314
140	243	254	254	266	266	266	266	287	305
150	232	242	242	266	266	266	266	276	295
160	220	230	230	253	266	266	266	266	285
170	209	218	218	240	266	266	254	266	276
180	197	205	205	227	252	253	242	266	266
190	186	193	193	214	239	240	229	252	266
200	174	181	181	201	225	228	217	238	250
210	163	169	169	188	212	215	205	225	234
220	152	157	157	175	198	202	193	211	218
230	140	145	145	161	185	189	181	197	202
240	129	133	133	148	171	177	168	183	186
250	117	121	121	135	158	164	156	169	170
260	106	108	108	122	144	151	144	155	154
270	94	96	96	109	131	138	132	142	138
280	83	84	84	96	117	126	119	128	122
290	72	72	72	83	104	113	107	114	106
300	60	60	60	70	90	100	95	100	90

Таблица 4.10. Хронометраж охлаждения сплавов системы Pb–Bi

Спл	06.02	06.03	06.04	06.05	06.06	06.07	06.08	06.09
Bi,%	10	20	35	43,2	57,2	65	75	90
τ , с	°C							
0	400	400	400	400	400	400	400	400
10	375	367	376	375	373	374	376	375
20	350	333	352	350	345	348	351	350
30	325	300	328	325	318	321	327	326
40	300	266	304	300	290	295	302	301
50	295	261	279	275	263	269	278	276
60	290	255	255	250	235	243	254	251

Спл	06.02	06.03	06.04	06.05	06.06	06.07	06.08	06.09
Ві,%	10	20	35	43,2	57,2	65	75	90
τ, с	°С							
70	285	250	231	225	208	216	229	242
80	280	244	207	200	180	190	205	233
90	275	239	201	175	153	164	196	224
100	270	233	195	169	125	156	187	215
110	265	228	189	164	125	148	178	206
120	260	222	183	158	125	141	169	197
130	248	217	177	153	125	133	161	188
140	237	212	171	147	125	125	152	179
150	225	206	165	142	125	125	143	170
160	213	196	159	136	125	125	134	161
170	202	186	153	131	125	125	125	152
180	190	176	147	125	125	125	125	143
190	178	166	131	118	117	125	125	134
200	167	156	115	110	110	125	125	125
210	155	146	99	103	102	125	125	125
220	143	136	82	96	94	115	125	125
230	132	125	66	88	87	105	114	114
240	120	115	50	81	79	95	103	104
250	108	105	34	74	71	85	92	93
260	97	95	32	66	64	75	81	83
270	85	85	30	59	56	65	70	72
280	73	75	29	52	48	55	59	61
290	62	65	27	44	41	45	48	51
300	50	55	25	37	33	35	37	40

Таблица 4.11. Хронометраж охлаждения сплавов системы Pb-Sb

Спл	07.02	07.03	07.04	07.05	07.06	07.07	07.08	07.09	07.10
Sb,%	2	3,5	5	11,1	20	30	50	80	90
τ, с	°С								
0	450	450	450	450	450	450	600	650	700
10	429	428	429	428	423	428	574	622	671
20	409	406	408	406	396	405	548	594	641

Спл	08.02	08.03	08.04	08.05	08.06	08.07	08.08	08.09	08.10	08.11
Вi,%	5	10	23	30	40	50	58	700	80	90
τ , с	°C									
10	325	324	326	328	326	329	327	327	329	330
20	300	298	302	306	301	308	303	304	307	310
30	276	273	278	284	277	286	280	281	286	289
40	251	247	254	262	252	265	256	257	265	269
50	226	221	230	240	228	244	233	234	243	249
60	223	215	206	218	203	223	209	211	222	241
70	219	209	200	196	179	201	186	188	215	233
80	216	203	195	190	173	180	162	183	208	225
90	212	197	189	185	168	159	139	177	201	218
100	209	191	184	179	162	154	139	172	194	210
110	205	185	178	173	156	149	139	166	187	202
120	194	179	173	168	150	144	139	161	180	194
130	183	170	167	162	145	139	139	155	174	186
140	172	162	161	156	139	139	139	150	167	178
150	161	153	156	150	139	139	139	144	160	170
160	150	144	150	145	139	139	139	139	153	163
170	139	136	145	139	139	139	139	139	146	155
180	128	127	139	139	139	139	131	139	139	147
190	117	118	131	139	131	139	123	139	139	139
200	106	110	123	130	122	130	115	139	139	139
210	95	101	114	121	114	121	107	139	139	139
220	84	92	106	112	105	111	99	139	139	129
230	73	84	98	103	97	102	91	128	128	119
240	62	75	90	94	88	93	83	117	117	109
250	51	70	82	86	80	84	75	106	106	99
260	40	64	74	77	72	75	67	95	95	90
270	37	59	65	68	63	66	59	83	83	80
280	34	53	57	59	55	56	51	72	72	70
290	31	48	49	50	46	47	43	61	61	60
300	28	42	41	41	38	38	35	50	50	50

Таблица 4.13. Хронометраж охлаждения сплавов системы Sn-Pb

Спл	09.02	09.03	09.04	09.05	09.06	09.07	09.08	09.09	09.10
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Pb,%	10	25	38,1	60	70	81	85	90	95
τ , с	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
0	400	400	400	400	500	500	500	500	500
10	374	375	376	375	475	476	474	476	477
20	349	349	352	351	450	451	448	451	454
30	323	324	328	326	426	427	422	427	431
40	297	298	304	301	401	403	396	402	408
50	271	273	279	276	376	378	369	378	385
60	246	248	255	252	351	354	343	353	362
70	220	222	231	227	326	330	317	329	339
80	214	197	207	222	302	305	291	304	316
90	208	192	183	216	277	281	285	298	312
100	201	188	183	211	252	273	279	292	308
110	195	183	183	205	244	265	273	287	304
120	189	183	183	200	237	256	267	281	300
130	183	183	183	194	229	248	261	275	283
140	183	183	183	189	221	240	255	263	266
150	183	183	183	183	214	232	243	251	250
160	173	183	183	183	206	224	231	239	233
170	164	174	183	183	198	216	219	227	216
180	154	164	174	183	191	207	207	215	199
190	145	155	166	183	183	199	196	203	183
200	135	145	157	171	183	191	184	192	166
210	126	136	148	159	183	183	172	180	149
220	116	126	140	147	173	173	160	168	132
230	107	117	131	135	162	162	150	156	115
240	97	107	122	123	152	152	140	144	99
250	88	98	113	110	142	142	130	132	82
260	78	88	105	98	131	131	120	122	65
270	69	79	96	86	121	121	110	111	56
280	59	69	87	74	111	111	100	101	48
290	50	60	79	62	100	100	90	90	39
300	40	50	70	50	90	90	80	80	30

Таблица 4.14. Хронометраж охлаждения сплавов системы Zn-Sn

Спл	10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09	10.10
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sn,%	10	20	40	50	60	70	80	92	95
t, c	°C								
0	450	450	400	450	450	400	350	350	350
10	422	427	381	416	412	372	327	328	330
20	394	404	361	383	373	343	303	307	310
30	385	381	352	349	335	315	280	285	290
40	375	371	343	341	326	307	273	263	270
50	366	362	334	332	318	299	265	241	250
60	357	352	325	324	309	292	258	220	230
70	347	342	316	315	301	284	250	198	210
80	338	333	307	307	292	276	243	198	204
90	329	323	298	299	284	268	235	198	198
100	319	314	289	290	275	260	228	198	198
110	310	304	279	282	267	253	220	198	198
120	301	294	270	273	258	245	213	198	198
130	291	285	261	265	249	237	206	198	198
140	282	275	252	257	241	229	198	198	198
150	273	265	243	248	232	221	198	198	189
160	263	256	234	240	224	214	198	188	180
170	254	246	225	232	215	206	198	178	170
180	245	237	216	223	207	198	198	168	161
190	235	227	207	215	198	198	198	159	152
200	226	217	198	206	198	198	198	149	143
210	217	208	198	198	198	198	198	139	133
220	207	198	198	198	198	198	186	129	124
230	198	198	198	198	198	198	174	119	115
240	198	198	183	198	198	198	162	109	106
250	180	180	167	198	180	180	150	99	96
260	162	162	152	176	162	162	138	89	87
270	144	144	136	155	144	144	126	80	78
280	126	126	121	133	126	126	114	70	69
290	108	108	105	112	108	108	102	60	59
300	90	90	90	90	90	90	90	50	50

Таблица 4.15. Температуры плавления чистых компонентов сплавов

Компонент	$t_{пл}, °C$	Компонент	$t_{пл}, °C$	Компонент	$t_{пл}, °C$
-----------	--------------	-----------	--------------	-----------	--------------

(символ)		(символ)т		(символ)	
Алюминий (Al)	660	Медь (Cu)	1085	Сурьма (Sb)	631
Висмут (Bi)	271	Олово (Sn)	232	Цинк (Zn)	419
Кадмий (Cd)	321	Свинец (Pb)	327		
Кремний (Si)	1414	Серебро (Ag)	962		

Пояснения: Чистые компоненты кристаллизуются при постоянной температуре, для них $t_L = t_S = t_{пл}$.

5. Индивидуальное задание №5 к лабораторной работе «Построение диаграммы состояния двойной системы»

5.1. Содержание индивидуального задания №5

5.1.1. Построение диаграммы состояния двойной системы

5.1.1.1. По варианту задания (№ вар.) заполнить таблицу 5.1.

Таблица 5.1. Координаты узловых точек диаграммы состояния

№ вар.	Система	A	E	C	F	B
1	2	3	4	5	6	7
5.xx	«А»–«В»	0; y	x; y	x; y	x; y	100; y

Пояснения: описание точек см. в таблице 5.5; «x» – абсцисса (содержание компонента «В»), «y» – ордината (температура) соответствующей узловой точки (табл. 5.5).

5.1.1.2. Зная координаты опорных точек и имея прототип (рис. 5.2–5.11), построить на миллиметровой бумаге А4 (альбомный формат) диаграмму состояния системы «А»–«В», оставив справа место для описания диаграммы и расчётов структурно-фазового состава сплавов (рис. 5.1). При выполнении пункта 5.1.1.2 можно воспользоваться электронными версиями прототипов диаграмм состояния (см. рис. 5.2–5.11). В этом случае построение выполняется на листе бумаги А4 (альбомный формат) с сохранением разметки листа, представленной на рис. 5.1.5.1.1.3. На поле диаграммы состояния указать фазы сплавов исследуемой системы. Обозначение фаз:

- Ж – жидкость;
- «А», «В» – твёрдые фазы в виде чистых компонентов системы;
- α , β – твёрдые фазы в виде твёрдых растворов А(В), В(А), соответственно.

Выполнить описание диаграммы состояния. Описание включает: линии диаграммы (ликвидус, солидус, сольвус, эвтектическая прямая); эвтектическая концентрация $x_э$, эвтектическая температура $t_э$; фазы.

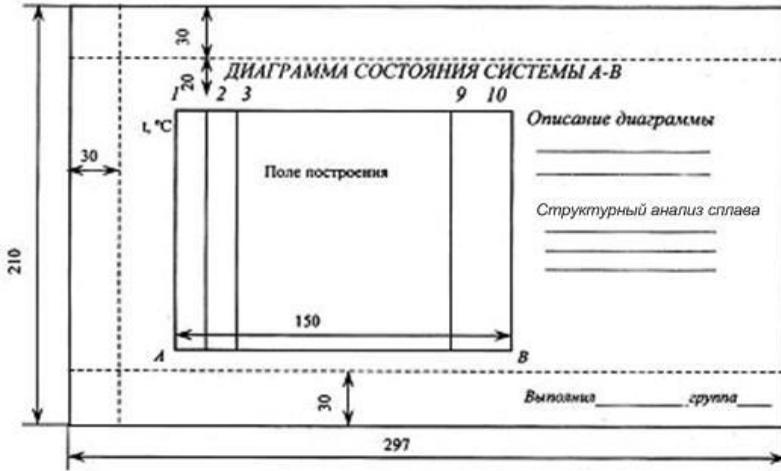


Рис. 5.1. Разметка листа А4 для построения диаграммы состояния двойной системы.

5.1.2. Структурный анализ сплавов системы.

5.1.2.1. По варианту задания (№ вар. 5.хх) заполнить таблицу 5.2.

Таблица 5.2. Сплавы для структурного анализа

№ варианта	Система	Спл-1	Спл-2	Спл-3
		____, %	____, %	____, %
1	2	8	9	10
5.хх	«А»-«В»			

Пояснения: в графах 8–10 указывается содержание компонента «В» сплава (см. табл.5.4).

5.1.2.2. На оси абсцисс построенной диаграммы состояния найти положение точек x_1 (Спл-1), x_2 (Спл-2), x_3 (Спл-3); восстановив из точек x_1 , x_2 , x_3 перпендикуляры до пересечения с эвтектической прямой, построить точки K_1 , K_2 (совпадает с точкой С), K_3 ; вычислить количество эвтектики в сплавах по правилу треугольника (см. таблицу 5.6).

5.1.2.3. Построить схемы микроструктуры сплавов, воспользоваться шаблонами (см. таблицу 5.7). Заполнить таблицу 5.3.

Таблица 5.3. Результаты расчёта структурного состава сплавов и схемы микроструктуры

№ варианта	Система	Спл-1	Спл-2	Спл-3
		Э ₁ , доли	Э ₂ , доли	Э ₃ , доли
1	2	11	12	13
5.xx	«А»–«В»			
		Схемы микроструктуры		
		14	15	16

Пояснения: Расчёты количества эвтектики в заданных сплавах выполняется на правой части листа с построенной диаграммой состояния (см. рис. 5.1.); графы 14–16 заполняются копированием шаблона схему микроструктуры из таблицы 5.7, имеющего ближайшее к расчётному значение эвтектики. Содержание эвтектики для шаблона микроструктуры указано в таблице 5.7 над соответствующим полем шаблона.

5.1.3. Фазовый анализ сплава по диаграмме состояния.

Данный пункт индивидуального задания выполняется в процессе защиты лабораторной работы №5 и состоит в фазовом анализе сплава для некоторой заданной преподавателем конфигуративной точки сплава $k_i (x_i, t_i)$, лежащей в твёрдо-жидкой области диаграммы состояния. При фазовом анализе необходимо определить состав и относительное количество фаз заданного сплава. Состав фаз заданного сплава определяется с помощью правила концентраций (таблица 5.8). Относительное количество фаз в заданном сплаве определяется с помощью правила отрезков (таблица 5.9). Расчёты, связанные с фазовым анализом сплава, выполняются на правой части листа с построенной диаграммой состояния.

5.2. Варианты индивидуального задания №5

Таблица 5.4. Варианты индивидуального задания

№ варианта	Система	Сплавы для структурного анализа		
		Спл-1	Спл-2	Спл-3
		«В», %	«В», %	«В», %
1	2	3	4	5
5.01	01 «Ag–Cu»	15	28	50
5.02	02 «Al–Si»	5	12,7	55
5.03	03 «Bi–Cd»	20	39,7	70

1	2	3	4	5
5.04	04 «Cd–Pb»	25	82,6	85
5.05	05 «Cd–Zn»	10	17,3	60
5.06	06 «Pb–Bi»	45	57,2	75
5.07	07 «Pb–Sb»	5	11,1	60
5.08	08 «Sn–Bi»	25	58,2	75
5.09	09 «Sn–Pb»	15	38,1	50
5.10	10 «Zn–Sn»	50	91,5	94
5.11	01 «Ag–Cu»	20	28	60
5.12	02 «Al–Si»	8	12,7	65
5.13	03 «Bi–Cd»	25	39,7	75
5.14	04 «Cd–Pb»	35	82,6	88
5.15	05 «Cd–Zn»	12	17,3	70
5.16	06 «Pb–Bi»	50	57,2	75
5.17	07 «Pb–Sb»	7	11,1	65
5.18	08 «Sn–Bi»	35	58,2	80
5.19	09 «Sn–Pb»	20	38,1	60
5.20	10 «Zn–Sn»	55	91,5	96
5.21	01 «Ag–Cu»	22	28	70
5.22	02 «Al–Si»	10	12,7	75
5.23	03 «Bi–Cd»	30	39,7	80
5.24	04 «Cd–Pb»	45	82,6	90
5.25	05 «Cd–Zn»	15	17,3	75
5.26	06 «Pb–Bi»	53	57,2	80
5.27	07 «Pb–Sb»	9	11,1	70
5.28	08 «Sn–Bi»	40	58,2	85
5.29	09 «Sn–Pb»	25	38,1	65
5.30	10 «Zn–Sn»	65	91,5	98

Пояснения: Спл-1 – доэвтектический сплав; Спл-2 – эвтектический сплав;
Спл-3 – заэвтектический сплав.

5.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №5

Таблица 5.5. Координаты узловых точек диаграмм состояния двойных систем «А»–«В»

№ сист	Система	А*	Е*	С*	F*	В*
01	Ag–Cu	0; 962	8,8; 779	28; 779	92; 779	100; 1085
02	Al–Si	0; 660	1,6; 577	12,7; 577	100; 577	100; 1414
03	Bi–Cd	0; 271	1; 146	39,7; 146	95; 146	100; 321
04	Cd–Pb	0; 321	0; 248	82,6; 248	96,7; 248	100; 327
05	Cd–Zn	0; 321	3; 266	17,3; 266	98; 266	100; 419
06	Pb–Bi	0; 327	43; 125	57,2; 125	100; 125	100; 271

№ сист	Система	A*	E*	C*	F*	B*
07	Pb–Sb	0; 327	3,5; 252	11,1; 252	97; 252	100; 631
08	Sn–Bi	0; 232	22,6; 139	58,2; 139	100; 139	100; 271
09	Sn–Pb	0; 232	2,5; 183	38,1; 183	81; 183	100; 327
10	Zn–Sn	0; 419	0; 198	91,5; 198	100; 198	100; 232

Примечание: * координаты узловой точки: x – содержание (массовая доля) компонента «B» системы; y – температура плавления (град. С) сплава при данном содержании компонентов

Пояснения: A, B – точки чистых компонентов («A» – компонент, расположенный на диаграмме состояния слева, «B» – справа); C – эвтектическая точка; E, F – точки предельной растворимости компонентов в твёрдом состоянии; ECF – эвтектическая прямая.

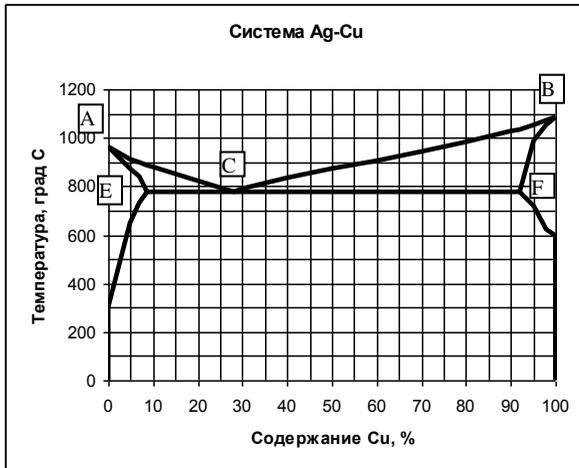


Рис. 5.2. Диаграмма состояния системы 01 «Ag–Cu»

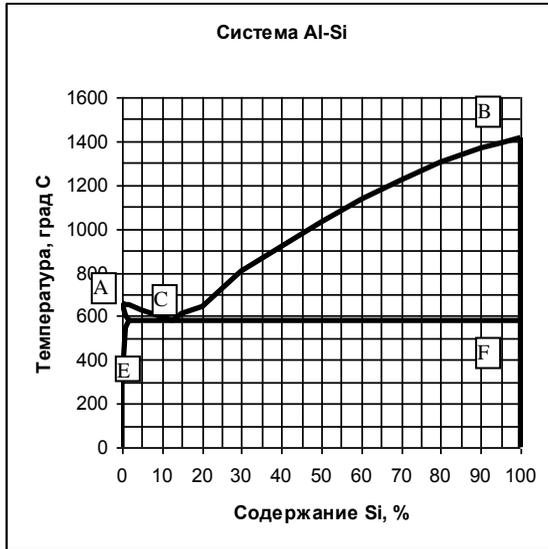


Рис. 5.3. Диаграмма состояния системы 02 «Al–Si»

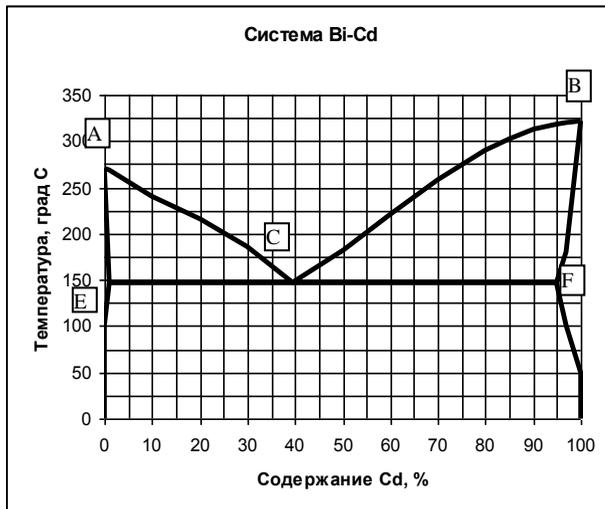


Рис. 5.4. Диаграмма состояния системы 03 «Bi–Cd»

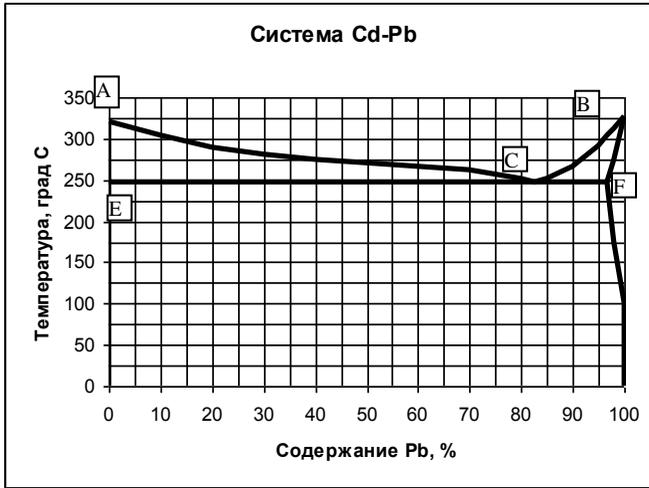


Рис. 5.5. Диаграмма состояния системы 04 «Cd–Pb»

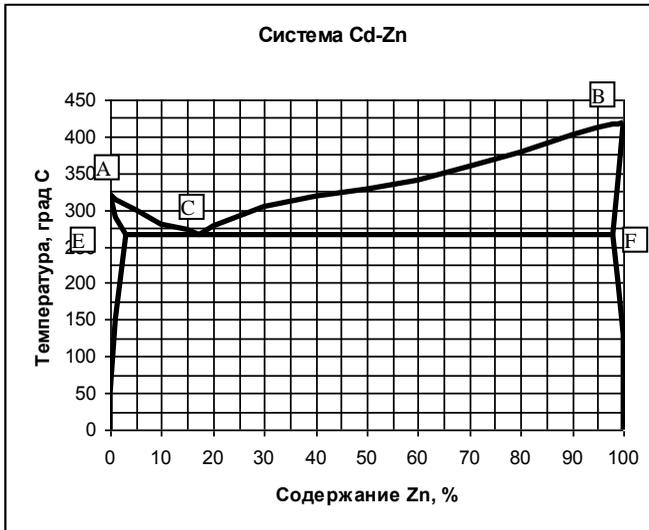


Рис. 5.6. Диаграмма состояния системы 05 «Cd–Zn»

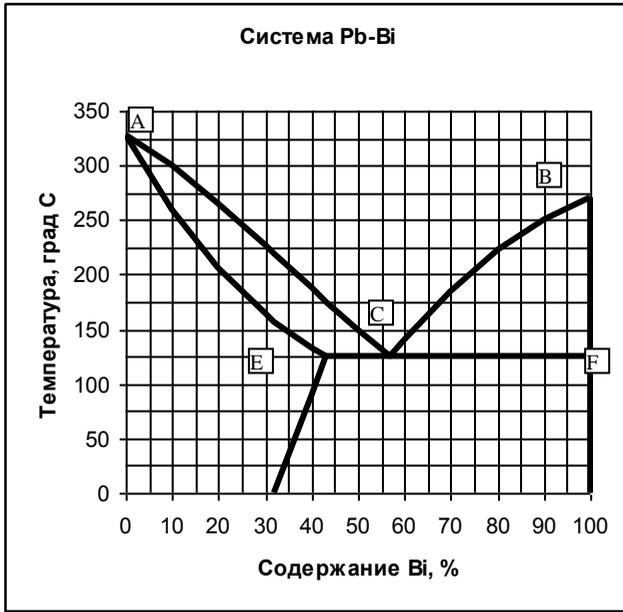


Рис. 5.7. Диаграмма состояния системы 06 «Pb–Bi»

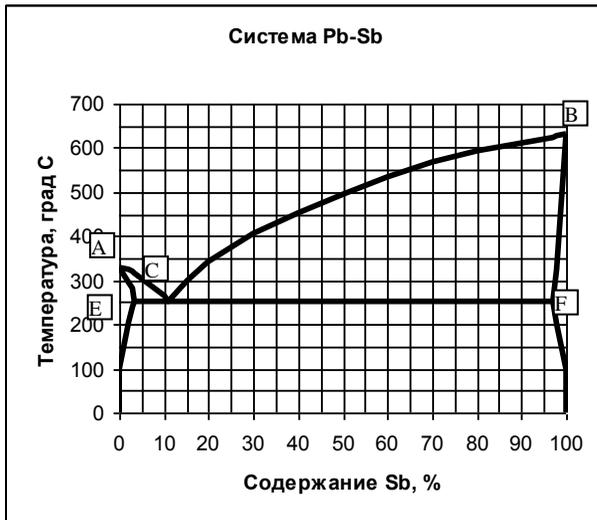


Рис. 5.8. Диаграмма состояния системы 07 «Pb–Sb»

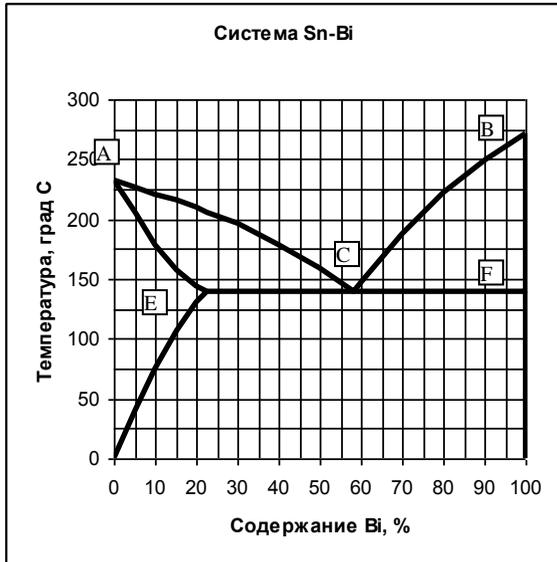


Рис. 5.9. Диаграмма состояния системы 08 «Sn–Bi»

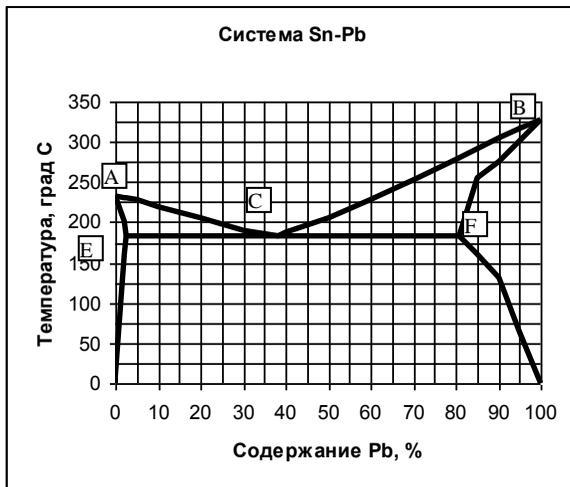


Рис. 5.10. Диаграмма состояния системы 09 «Sn–Pb»

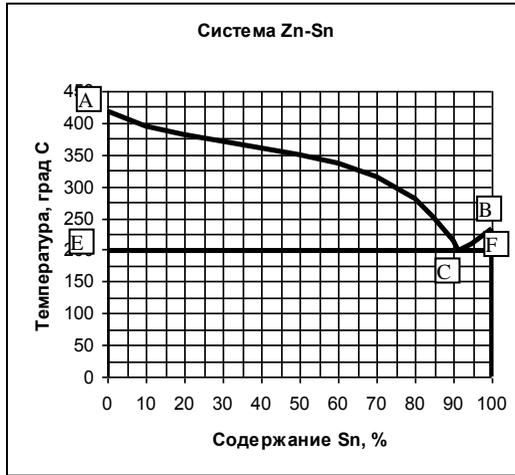
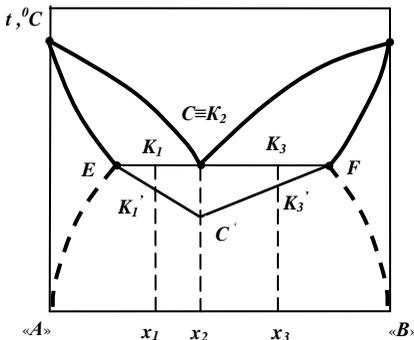


Рис. 5.11. Диаграмма состояния системы 10 «Zn–Sn»

Таблица 5.6. Определение относительного количества эвтектики в структуре сплава по диаграмме состояния (правило треугольника)

Определение: Относительное количество эвтектики в сплаве определяется из треугольника эвтектики и характеризуется длиной катета, совпадающего с концентрационным уровнем сплава.



Расчетные формулы

Количество эвтектики в доэвтектическом сплаве

$$\vartheta_1 = \frac{EK_1}{EC}$$

Количество эвтектики в эвтектическом сплаве

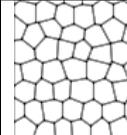
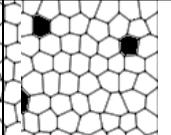
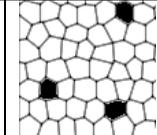
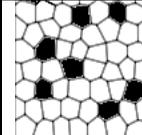
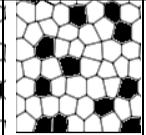
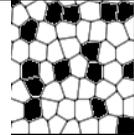
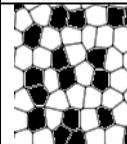
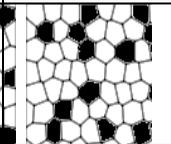
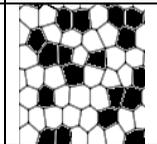
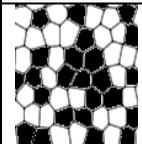
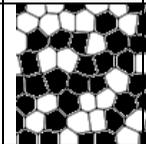
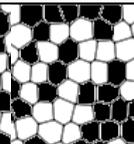
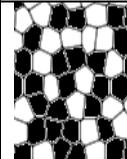
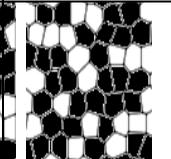
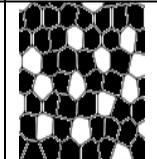
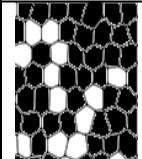
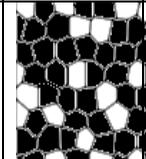
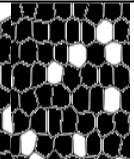
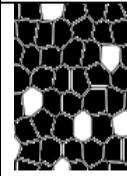
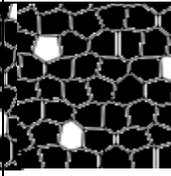
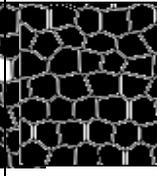
$$\vartheta_2 = \frac{EK_2}{EC} = \frac{FK_2}{FC} = 1$$

Количество эвтектики в заэвтектическом сплаве

$$\vartheta_3 = \frac{FK_3}{FC}$$

Пояснения: x_1 – состав доэвтектического сплава (точка K_1); x_2 – состав эвтектического сплава (точка $C \equiv K_2$); x_3 – состав заэвтектического сплава (точка K_3).

Таблица 5.7. Шаблоны схем микроструктуры двойных сплавов с заданным содержанием эвтектики

0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
					
0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
					
0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
					
0,9	0,95	1			
			<p>программное обеспечение модели шаблон схемы микроструктуры сплава с эвтектикой» разработал студент гр. АС-05-2 Егоров П.В., руководитель доцент кафедры ВТИИТ Силин А.В.</p>		

Пояснения: шаблоны схем микроструктуры сплавов сопровождаются указанием количества эвтектики в соответствующем сплаве (в долях).

Таблица 5.8. Определение состава фаз сплава (правило концентраций)

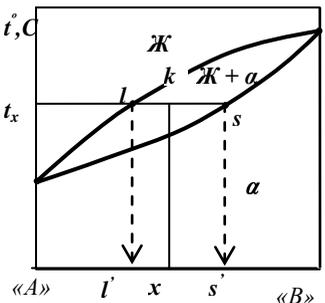
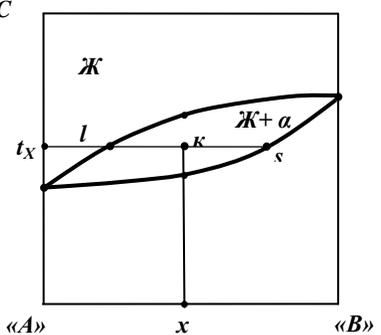
<p>Определение: Состав фаз сплава k_i характеризуется абсциссами соответствующих концов коноды.</p>	
	<p>Расчетные формулы Состав жидкой фазы $Ж \rightarrow l'$ Состав твердой фазы $ТВ \rightarrow s'$</p> <p>Примечание: ось абсцисс диаграммы состояния обычно маркируется в % компонента «В».</p>
<p>Пояснение: Конода – отрезок изотермы, концы которого лежат на линиях диаграммы состояния; т. l – на линии ликвидус; т. s – на линии солидус.</p>	

Таблица 5.9. Определение относительного количества фаз сплава (правило отрезков)

<p>Определение: Количество фаз в сплаве характеризуется отрезками коноды; отрезки коноды между точкой сплава k_i и точками l_i и s_i, определяющими состав фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.</p>	
	<p>Расчетные формулы Относительное количество жидкой фазы $Ж = \frac{ks}{lk}$ Относительное количество твердой фазы $ТВ = \frac{lk}{ks}$</p> <p>Примечание: длины отрезков подставляются в масштабе построения диаграммы состояния.</p>

**6. Индивидуальное задание №6 к лабораторной работе
«Микроскопическое исследование сталей и чугунов в
равновесном состоянии»**

6.1. Содержание индивидуального задания №6

Оценка значений характеристик механических свойств отожженной углеродистой стали по правилу Н.С.Курнакова. По варианту задания выбрать содержание углерода в стали (X, %) и вычислить значения характеристик механических свойств (см. формулы 6.1-6.4). Заполнить таблицу 6.1.

Таблица 6.1. Механические свойства стали

№ вар	X	НВ	σ_B	δ	ψ
	%	МПа		%	
1	2	3	4	5	6
6.xx					

6.2. Варианты индивидуального задания №6.

Таблица 6.2. Содержание углерода в стали (массовые доли, %)

№ вар	X						
6.01	0,02	6.11	0,22	6.21	0,42	6.31	0,62
6.02	0,04	6.12	0,24	6.22	0,44	6.32	0,64
6.03	0,06	6.13	0,26	6.23	0,46	6.33	0,66
6.04	0,08	6.14	0,28	6.24	0,48	6.34	0,68
6.05	0,10	6.15	0,30	6.25	0,50	6.35	0,70
6.06	0,12	6.16	0,32	6.26	0,52	6.36	0,72
6.07	0,14	6.17	0,34	6.27	0,54	6.37	0,74
6.08	0,16	6.18	0,36	6.28	0,56	6.38	0,76
6.09	0,18	6.19	0,38	6.29	0,58	6.39	0,78
6.10	0,20	6.20	0,40	6.20	0,60	6.40	0,80

6.3. Дополнительные данные для выполнения индивидуального задания №6

Для оценки значений механических свойств стали используется правило Н.С. Курнакова, согласно которому для двухфазных сплавов, каковыми являются доэвтектоидные стали, зависимость «состав–свойство» имеет линейный характер.

Численное значение характеристик механических свойств доэвтектоидных сталей определить по линейным уравнениям зависимости «состав–свойство», которые описываются формулами 6.1–6.4.

$$\text{НВ}_x = 850 + 1731 \cdot (X - 0,02), \text{ МПа} \quad (6.1)$$

$$\sigma_{Bx} = 280 + 692 \cdot (X - 0,02), \text{ МПа} \quad (6.2)$$

$$\delta_x = 15 + 44,9 \cdot (0,8 - X), \% \quad (6.3)$$

$$\psi_x = 20 + 64,1 \cdot (0,8 - X), \% \quad (6.4)$$

здесь X – содержание углерода в стали, % (диапазон варьирования X=0,02...0,8%).

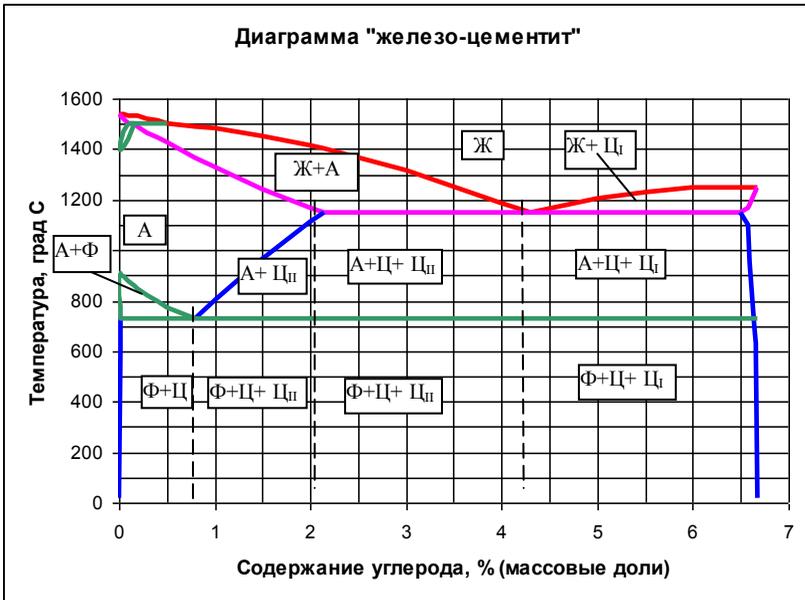


Рис. 6.1. Фазовая диаграмма «Fe–Fe₃C». Обозначение фаз: Ж – жидкость; А – аустенит; Ф – феррит; Ц_I – цементит первичный; Ц_{II} – цементит вторичный;

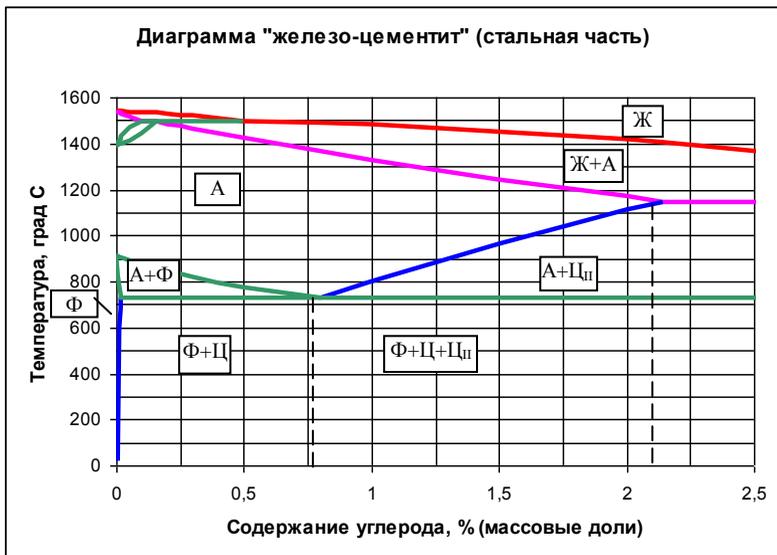


Рис. 6.2. Стальная часть фазовой диаграммы «Fe–Fe₃C». Обозначение фаз: Ж – жидкость; А – аустенит; Ф – феррит; Ц_{II} – цементит вторичный.

7. Индивидуальное задание №7 к лабораторной работе «Закалка и отпуск стали»

7.1. Содержание индивидуального задания №7

Индивидуальное задание состоит из 4 частей. По варианту задания (№ вар. 7.xx) выбрать варианты для отдельных частей задания. Заполнить таблицу 7.1.

Таблица 7.1. Варианты частей индивидуального задания

№ вар	№ вар.7.1	№ вар.7.2	№ вар.7.3	№ вар.7.4
1	2	3	4	5
7.xx	7.1.xx	7.2.xx	7.3.xx	7.4.xx

7.1.1. Исследование закаливается стали.

7.1.1.1. Прямая задача закаливаемости стали. Определить твёрдость мартенсита HRC_M стали с заданным содержанием углерода. Заполнить таблицу 7.2.

Таблица 7.2. Решение прямой задачи закаливаемости стали

№ вар. 7.1.	Содержание C, %	HRC_M
2	6	7
7.1.xx		

7.1.1.2. Обратная задача закаливаемости стали. Определить содержание углерода в стали, имеющей после закалки твердость HRC_M . Заполнить таблицу 7.3.

Таблица 7.3. Решение обратной задачи закаливаемости стали

№ вар. 7.2.	Твёрдость HRC_M	Содержание C, %
3	8	9
7.2.xx		

7.1.2. Исследование прокаливаемости стали. По данным торцевой закалки определить характеристическое расстояние $X_{ГМ}$ заданных углеродистой и легированной сталей, имеющих одинаковое содержание углерода.

7.1.2.1. Дополнить недостающую информацию в названии таблицы 7.4, исходя из задания. Заполнить таблицу 7.4, используя данные торцевой закалки сталей (таблицы 7.12–7.15).

Таблица 7.4. Результаты торцевой закалки сталей xx*, xx**

№ вар		Твёрдость HRC на расстоянии x (мм) от торца									
7.3											
4		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7.3.xx	x	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0
	$HRC(y)$										
	$HRC(л)$										
4		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
7.3.xx	x	16,5	18,0	19,5	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0

	HRC									
4		30	31							
7.3.xx	x	42,0	45,0							
	HRC									

Пояснения: xx* – марка углеродистой стали; xx** – марка легированной стали.

7.1.2.2. Построить зависимость HRC (x); вычислить значение полумартенситной твердости HRC_{ПМ} сталей (формула 7.3) и графически определить X_{ПМ} сталей (рисунок 7.1). Заполнить таблицу 7.5.

Таблица 7.5. Результаты определения X_{ПМ}

№ вар 7.3	HRC _{ПМ}	X _{ПМ}	
		Углеродистая сталь марка	Легированная сталь марка
4	32	33	34
7.3.xx			

Сравните X_{ПМ} сталей, объясните полученный результат.

7.1.3. Определить критический диаметр изделия заданной формы из заданной легированной стали при закалке в воде и в масле.

7.1.3.1. Заполнить таблицу 7.6.

Таблица 7.6. Результаты определения критического диаметра изделия из стали xx*

№ вар. 7.4	X _{ПМ} , мм	D _∞ , мм	Вид изделия	D _{КВ} , мм	D _{КМ} , мм
5	34	35	36	37	38
7.4.xx			xx**		

Пояснения: xx* – марка легированной стали (таблица 7.5).

7.1.3.2. По номограмме М.Е. Блантера (рис. 7.2) определить идеальный критический диаметр легированной стали D_∞. Заполнить графу 35 таблицы 7.6.

7.1.3.3. Выбрать вид изделия для определения критического диаметра по варианту задания (таблица 7.11). Заполнить графу 36 таблицы 7.6.

7.1.3.4. По номограмме М.Е. Блантера определить критический диаметр изделия из легированной стали при закалке в воде D_{КВ} и в масле D_{КМ}. Заполнить графы 37, 38 таблицы 7.6. Сравните значения D_{КВ}, D_{КМ}, объясните полученный результат.

7.2. Варианты индивидуального задания №7.

Таблица 7.7. Варианты частей индивидуального задания

№ вар	Варианты частей	№ вар	Варианты частей
7.01.	7.1.01; 7.2.01; 7.3.01; 7.4.01	7.21.	7.1.04; 7.2.09; 7.3.21; 7.4.03
7.02.	7.1.02; 7.2.02; 7.3.02; 7.4.02	7.22.	7.1.05; 7.2.10; 7.3.22; 7.4.01
7.03.	7.1.03; 7.2.03; 7.3.03; 7.4.03	7.23.	7.1.06; 7.2.11; 7.3.23; 7.4.02

№ вар	Варианты частей	№ вар	Варианты частей
7.04.	7.1.04; 7.2.04; 7.3.04; 7.4.01	7.24.	7.1.07; 7.2.12; 7.3.01; 7.4.03
7.05.	7.1.05; 7.2.05; 7.3.05; 7.4.02	7.25.	7.1.08; 7.2.01; 7.3.02; 7.4.01
7.06.	7.1.06; 7.2.06; 7.3.06; 7.4.03	7.26.	7.1.09; 7.2.02; 7.3.03; 7.4.02
7.07.	7.1.07; 7.2.07; 7.3.07; 7.4.01	7.27.	7.1.10; 7.2.03; 7.3.04; 7.4.03
7.08.	7.1.08; 7.2.08; 7.3.08; 7.4.02	7.28.	7.1.11; 7.2.04; 7.3.05; 7.4.01
7.09.	7.1.09; 7.2.09; 7.3.09; 7.4.03	7.29.	7.1.12; 7.2.05; 7.3.06; 7.4.02
7.10.	7.1.10; 7.2.10; 7.3.10; 7.4.01	7.30.	7.1.13; 7.2.06; 7.3.07; 7.4.03
7.11.	7.1.11; 7.2.11; 7.3.11; 7.4.02	7.31.	7.1.14; 7.2.07; 7.3.08; 7.4.01
7.12.	7.1.12; 7.2.12; 7.3.12; 7.4.03	7.32.	7.1.15; 7.2.08; 7.3.09; 7.4.02
7.13.	7.1.13; 7.2.01; 7.3.13; 7.4.01	7.33.	7.1.16; 7.2.09; 7.3.10; 7.4.03
7.14.	7.1.14; 7.2.02; 7.3.14; 7.4.02	7.34.	7.1.17; 7.2.10; 7.3.11; 7.4.01
7.15.	7.1.15; 7.2.03; 7.3.15; 7.4.03	7.35.	7.1.01; 7.2.11; 7.3.12; 7.4.02
7.16.	7.1.16; 7.2.04; 7.3.16; 7.4.01	7.36.	7.1.02; 7.2.12; 7.3.13; 7.4.03
7.17.	7.1.17; 7.2.05; 7.3.17; 7.4.02	7.37.	7.1.03; 7.2.01; 7.3.14; 7.4.01
7.18.	7.1.01; 7.2.06; 7.3.18; 7.4.03	7.38.	7.1.04; 7.2.02; 7.3.15; 7.4.02
7.19.	7.1.02; 7.2.07; 7.3.19; 7.4.01	7.39.	7.1.05; 7.2.03; 7.3.16; 7.4.03
7.20.	7.1.03; 7.2.08; 7.3.20; 7.4.02	7.40.	7.1.06; 7.2.04; 7.3.17; 7.4.01

7.2.1. Данные для решения прямой задачи закаливается стали

Таблица 7.8. Варианты 7.1.xx

7.1.xx	7.1.01	7.1.02	7.1.03	7.1.04	7.1.05	7.1.06	7.1.07	7.1.08	7.1.09
С, %	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
7.1.xx	7.1.10	7.1.11	7.1.12	7.1.13	7.1.14	7.1.15	7.1.16	7.1.17	
С, %	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	

7.2.2. Данные для решения обратной задачи закаливается стали

Таблица 7.9. Варианты 7.2.xx

7.2.xx	7.2.01	7.2.02	7.2.03	7.2.04	7.2.05	7.2.06
HRC _М	30	32	35	40	42	45
7.2.xx	7.2.07	7.2.08	7.2.09	7.2.10	7.2.11	7.2.12
HRC _М	50	52	55	60	62	65

7.2.3. Марки стали для исследования прокаливаемости по данным торцевой заалки.

Таблица 7.10. Варианты 7.3

7.3.xx	7.3.01	7.3.02	7.3.03	7.3.04	7.3.05
марки стали	30; 30X	30; 30Г	30; 30ХМА	30; 30ХГСА	30; 30ХГТ
7.3.xx	7.3.06	7.3.07	7.3.08	7.3.09	7.3.10
марки стали	35; 35Г2	35; 35Х	35; 35ХМ	35; 35ХГСА	40; 40Г
7.3.xx	7.3.11	7.3.12	7.3.13	7.3.14	7.3.15
марки стали	40; 40Г2	40; 40Х	40; 40ХН	40; 40ХНР	40; 40ХФА
7.3.xx	7.3.16	7.3.17	7.3.18	7.3.19	7.3.20

марки стали	40; 40X2HMA	45; 45Г2	45; 45X	45; 45XH	50; 50Г
7.3.xx	7.3.21	7.3.22	7.3.23		
марки стали	50; 50X	50; 50XH	50; 50ХФА		

7.2.4. Данные для определения критического диаметра изделия

Таблица 7.11.	Варианты 7.4		
7.4.xx	7.4.01	7.4.02	7.4.03
Вид изделия	Пластина	Шар	Вал

7.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №7

7.3.1. Результаты торцевой закалки конструкционных сталей.

Таблица 7.12. Твёрдость после торцевой закалки сталей, C=0,3%

№*	х**, мм	30	30X	30Г	30ХМА	30ХГСА	30ХГТ
10	1,5	44	50	54	54	53	47
11	3,0	41	47	46	51	51	46
12	4,5	33	44	40	48	49	44
13	6,0	24	41	35	46	48	43
14	7,5	17	38	32	44	46	41
15	9,0	15	35	30	42	45	40
16	10,5		33	28	40	43	38
17	12,0		30	27	38	42	36
18	13,5		27	26	36	41	34
19	15,0			25	34	39	33
20	16,5			24	32	38	31
21	18,0			24	31	37	30
22	19,5			23	29	36	29
23	21,0			23	28	35	28
24	24,0			21	26	33	
25	27,0			20	24	31	
26	30,0			20	22	29	
27	33,0					27	
28	36,0					25	

Пояснения: №* – номер графы в таблице 7.4; х** – расстояние до закаливаемого торца.

Таблица 7.13. Твёрдость после торцевой закалки сталей, C=0,35%

№	х, мм	35	35Г2	35X	35ХМ	35ХГСА
10	1,5	52	54	48	52	52
11	3,0	49	52	47	50	50

№	x, мм	35	35Г2	35X	35XM	35XГСА
12	4,5	37	50	45	48	49
13	6,0	29	48	43	46	48
14	7,5	24	46	41	44	47
15	9,0	23	44	38	42	45
16	10,5	23	42	35	40	44
17	12,0	22	40	32	38	43
18	13,5	22	38	30	36	42
19	15,0	22	36	28	35	41
20	16,5	21	34	27	33	40
21	18,0	21	32	26	32	39
22	19,5	21	31		31	38
23	21,0	20	30		30	37
24	24,0	20	29		28	35
25	27,0	19			27	33
26	30,0	19			27	31
27	33,0				27	

Таблица 7.14. Твёрдость после торцевой заковки сталей, С=0,4%

№	x, мм	40	40Г	40Г2	40X	40XH	40XHP	40XФА	40X2HMA
10	1,5	54	54	56	55	63	53	55	53
11	3,0	50	51	56	54	61	53	53	53
12	4,5	38	47	55	52	60	53	50	53
13	6,0	30	39	53	50	59	53	48	53
14	7,5	26	33	51	48	57	53	45	53
15	9,0	24	28	47	46	56	52	43	53
16	10,5	23	25	45	44	54	52	41	53
17	12,0	23	22	43	43	53	51	39	52
18	13,5	22	21	41	41	51	51	37	52
19	15,0	22	20	39	39	50	50	35	51
20	16,5	21	19	38	37	48	49	34	51
21	18,0	20	19	37	35	47	48	32	50
22	19,5	19	19	35	34	45	47	31	50
23	21,0	20	19	34	32	44	46	30	49
24	24,0		18	33	30	41	43	28	48
25	27,0			31	28	38	40	28	46
26	30,0			30	28	36	36	28	45

№	x, мм	40	40Г	40Г2	40Х	40ХН	40ХНР	40ХФА	40Х2НМА
27	33,0								43
28	36,0								42
29	39,0								41
30	42,0								40
31	45,0								39

Таблица 7.15. Твёрдость после торцевой заковки сталей, С=0,45-0,5 %

№	x, мм	45	45Г2	45Х	45ХН	50	50Г	50Х	50ХН	50ХФА
10	1,5	56	57	57	56	52	58	62	57	57
11	3,0	46	55	55	56	44	53	62	57	58
12	4,5	39	54	53	57	38	48	61	57	57
13	6,0	34	52	52	57	33	43	59	57	57
14	7,5	30	50	50	57	29	38	57	57	56
15	9,0	27	48	48	57	26	34	54	57	56
16	10,5	25	46	46	56	25	31	51	57	54
17	12,0	23	44	44	56	23	28	48	56	53
18	13,5	23	42	42	56	23	26	46	56	52
19	15,0	22	40	41	56	22	25	44	56	50
20	16,5	22	38	39	55	22	25	42	55	48
21	18,0	22	36	37	55	22	25	40	55	47
22	19,5	22	35	35	54	22	25	39	54	45
23	21,0	22	33	34	54	22	25	38	54	43
24	24,0	21	32	31	53	19	23	36	52	40
25	27,0	20	31	30	51			35	51	38
26	30,0	20		29	50			33	50	36
27	33,0			29	48				48	35
28	36,0				46				46	
29	39,0				45				45	
30	42,0				43					

Примечания: Приведённые в таблицах 7.11–7.14 данные составлены на основе результатов торцевой заковки сталей, приведённых в справочнике [7].

7.3.2. Закаливаемость стали

Под **закаливаемостью** понимают способность стали повышать твердость в результате заковки. Закаливаемость стали определяется в первую очередь содержанием в стали углерода. Чем больше в мартенсите углерода, тем выше

его твердость. Легирующие элементы оказывают относительно небольшое влияние на закаливаемость стали.

7.3.2.1. Прямая задача – определение твёрдости мартенсита закаленной стали в зависимости от содержания углерода

$$\text{HRC}_M = 16,49 + 144,575341 \cdot C - 144,098182 \cdot C^2 + 47,795428 \cdot C^3 \quad (7.1)$$

здесь C - содержание углерода в стали, %.

Пояснения: формула (7.1) получена по данным [3], позволяет определять твердость мартенсита в углеродистых и низколегированных сталях, содержащих 0,1-1,2% углерода.

7.3.2.2. Обратная задача – определение содержания углерода в стали для достижения требуемой твёрдости мартенсита

$$C = 13,9 - 1,35855156 \cdot \text{HRC}_M + 0,0487592 \cdot \text{HRC}_M^2 - 0,0007566 \cdot \text{HRC}_M^3 + 0,00000432 \cdot \text{HRC}_M^4, \% \quad (7.2)$$

здесь HRC_M – требуемая твердость мартенсита в интервале $\text{HRC}_M 30 \dots 65$.

Пояснения: формула (7.2) получена по данным [3], позволяет определять содержание углерода в углеродистых и низколегированных сталях по твердости мартенсита в интервале $\text{HRC}_M = 30 \dots 65$.

7.3.3. Прокаливаемость стали

Под **прокаливаемостью** понимают способность стали получать закаленный слой с мартенситной или троосто-мартенситной структурой и высокой твердостью на ту или иную глубину. Прокаливаемость определяется критической скоростью охлаждения, зависящей от состава стали.

За глубину закаленного слоя условно принимают расстояние от поверхности до зоны с полумартенситной структурой (50% мартенсита + 50% троостита). Прокаливаемость стали по ГОСТ 5657-69 определяют методом торцевой закалки. При этом цилиндрический образец, нагретый до температуры закалки, охлаждают водой с торца на специальной установке. После охлаждения до комнатной температуры измеряют твердость поверхности образца по образующей цилиндра.

По этим данным определяют **характеристическое расстояние** $X_{\text{ПМ}}$ для стали, из которой изготовлен образец. $X_{\text{ПМ}}$ представляет собой расстояние по образующей от торца образца для торцевой закалки до точки, в которой твердость металла равна $\text{HRC}_{\text{ПМ}}$ (рис. 7.1).

Твердость полумартенситной структуры (**полумартенситная твердость** $\text{HRC}_{\text{ПМ}}$) конструкционных сталей зависит в основном от содержания углерода и в меньшей степени зависит от присутствия легирующих элементов. $\text{HRC}_{\text{ПМ}}$ для стали определяется по справочнику [7] или вычисляется по количеству углерода в стали, определяемое по марочному обозначению стали

$$\text{HRC}_{\text{ПМ}} = 18,756 + 20,011 \cdot C + 198,68 \cdot C^2 - 230,07 \cdot C^3 \quad (7.3)$$

здесь C - содержание углерода в стали, %.

Пояснения: Уравнение регрессии (7.3) получено по данным [6] для $C = 0,125 - 0,575 \%$.

В индивидуальном задании рекомендуется $HRC_{ПМ}$ определять расчётом по формуле (7.3). Опираясь на значение $HRC_{ПМ}$, $X_{ПМ}$ определяется графически, как это показано на рисунке 7.1.

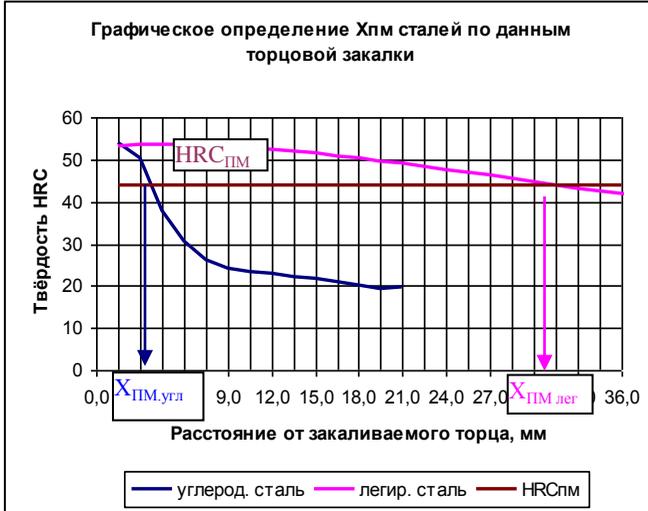


Рис. 7.1. Графическое определение характеристического расстояния стали по данным торцевой закалки.

На рисунке 7.1 обозначено:

- $HRC_{угл}$ – твердость углеродистой стали;
- $HRC_{лег}$ – твердость легированной стали;
- $HRC_{ПМ}$ – полумартенситная твердость стали;
- $X_{ПМ_{угл}}$ – характеристическое расстояние углеродистой стали;
- $X_{ПМ_{лег}}$ – характеристическое расстояние легированной стали.

7.3.4. Критический диаметр изделия

Диаметр заготовки, в центре которой после закалки в данной охлаждающей среде образуется полумартенситная (50% мартенсита + 50% троостита) структура, называют **критическим диаметром** D_K . Для определения критического диаметра используется номограмма прокаливаемости М. Е. Блантера.

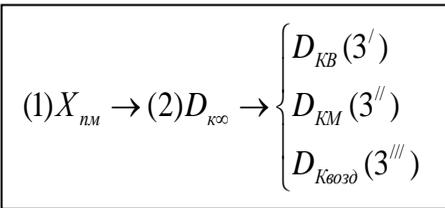
Описание номограммы:

ось абсцисс (верхняя) – значения идеального критического диаметра D_{∞} в мм; **ось ординат (логарифмическая)** – значения скорости охлаждения $V_{охл}$ в град/с;

дополнительные линии: в верхней части номограммы параллельно оси абсцисс расположена **линия характеристических расстояний**, на которой

откладывается $X_{\text{ПМ}}$ расстояние от закаливаемого торца до конца полумартенситной зоны (пределы 0,5-80 мм); в нижней части номограммы параллельно оси абсцисс расположены линии критических диаметров тел простейшей формы (шара, цилиндра, параллелепипеда с квадратным основанием). Цилиндры и параллелепипеды рассматриваются с разными отношениями L/D , L/a (L – высота цилиндра и параллелепипеда; D – диаметр цилиндра, a – сторона основания параллелепипеда).

Пользование номограммой: На номограмме нанесены линии, позволяющие значение идеального критического диаметра D_{∞} перевести в критические диаметры в воде $D_{\text{КВ}}$, в масле $D_{\text{КМ}}$, на воздухе $D_{\text{Квозд}}$ для тел, указанных выше геометрических форм. Этот переход в виде шагов 1→2→3 выполняется по номограмме графически (см. ключ номограммы)



здесь шаг 1 → $X_{\text{ПМ}}$ определяется по данным торцевой закалки (см. рис. 7.1) и откладывается на линии характеристического расстояния; шаг 2 → $D_{\text{К}\infty}$ определяется по номограмме перенесением значений

$X_{\text{ПМ}}$ на ось абсцисс $D_{\text{К}\infty}$; шаг 3', 3'' → $D_{\text{КВ}}$, $D_{\text{КМ}}$ определяются по номограмме перенесением соответствующих точек на линии критических диаметров для тел заданной геометрической формы. Вследствие того, что вода обладает большей охлаждающей способностью, чем масло, всегда $D_{\text{КВ}} > D_{\text{КМ}}$.

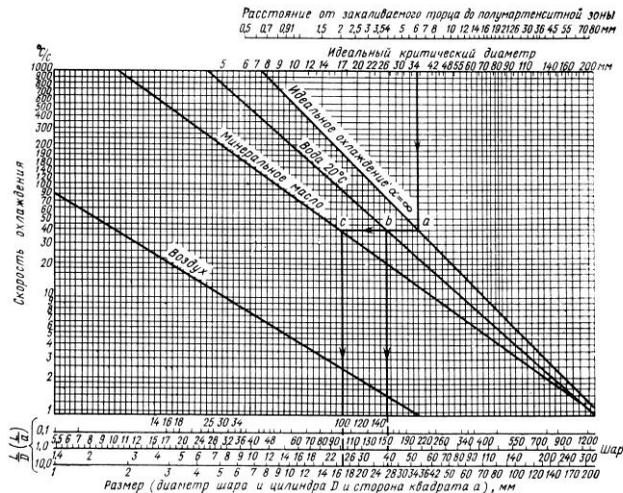


Рис. 7.2. Номограмма М.Е.Блантера для определения

8.1.1. Предварительно, используя базу ГОСТов на материалы электронной библиотеки кафедры ОХП, сформировать персональную библиотеку научно-технической документации (НТД) на анализируемые сплавы. При формировании персональной библиотеки используйте информацию о НТД на сплавы, представленную в таблицах 8.3, 8.5–8.7. Выяснить название сплава, опираясь на соответствующий НТД, заполнить графы 2–16 таблицы 8.1.

8.1.2. Изучить состав сплавов по НТД, выяснить основу сплава и его основные легирующие элементы. Заполнить соответствующие строки таблицы 8.1.

Основа сплава – компонент, содержание которого в сплаве превышает 50%, в латунях основой сплава являются медь и цинк (Cu+Zn). Строку «Содержание углерода» заполнять только для сталей.

8.1.3. Выяснить способ получения готовых изделий из заданных сплавов и их назначение. Заполнить соответствующие строки таблицы 8.1.

В строке «Технологическая группа» следует указать принадлежность сплава к одной из групп: деформируемые, литейные или спечённые.

8.1.4. В строке «Назначение сплава» следует указать применение сплава из рекомендуемого в НТД или в таблицах 8.5– 8.8. Для инструментальных сплавов №7, 8 дополнительно указать температурный интервал возможного применения (см. таблицу 8.9).

Для сплавов №9, №10 дополнительно указать предпочтительное применение (коррозионностойкий, жаростойкий, жаропрочный) в соответствии с ГОСТ 5632–72.

8.1.5. Для конструкционных и инструментальных сталей, конструкционных цветных сплавов, упрочняемых термообработкой, предложить типовой режим термообработки изделий. Заполнить соответствующую строку таблицы 8.1.

Режим термообработки – температура нагрева, время выдержки, скорость охлаждения изделия (см. таблицы 8.10–8.12).

8.2. Варианты индивидуального задания №8

Таблица 8.2.

Марки сплавов

№ варианта	Сплавы		
	№1	№2	№3
1	2	3	4
8.01.	СтЗкп	05кп	12К
8.02.	СтЗпс	08кп	25Х2М1Ф
8.03.	СтЗсп	20	16К
8.04.	Ст2кп	08	20Х1М1Ф1ТР
8.05.	Ст2пс	10кп	20К
8.06.	Ст2сп	30	22К
8.07.	Ст1кп	10	12МХ
8.08.	Ст1пс	20кп	12Х1МФ
8.09.	Ст1сп	30	20Х1М1Ф1Б1

1	2	3	4
8.10.	Ст4кп	08пс	18К
8.11.	Ст4пс	25	25ХМФ
8.12.	Ст4сп	10пс	15К
8.13.	Ст5пс	35	18Х3МВ
8.14.	Ст5сп	08кп	16К
8.15.	Ст6пс	45	15Х5
8.16.	Ст6сп	10пс	15Х5М
8.17.	Ст3кп	55	20К
8.18.	Ст3пс	60	12Х8ВФ
8.19.	Ст3сп	05кп	12К
8.20.	Ст2кп	40	15К
8.21.	Ст2пс	08пс	20Х3МВФ
8.22.	Ст2сп	08	18К
8.23.	Ст1кп	10кп	15Х5ВФ
8.24.	Ст1пс	50	22К
8.25.	Ст1сп	10	12МХ
8.26.	Ст4кп	20кп	12Х1МФ
8.27.	Ст4пс	20пс	20Х1М1Ф1Б1
8.28.	Ст4сп	20	20Х1М1Ф1ТР
8.29.	Ст5пс	25	25ХМФ
8.30.	Ст5сп	20пс	25Х2М1Ф
8.31.	Ст6пс	35	18Х3МВ
8.32.	Ст6сп	40	20Х3МВФ
8.33.	Ст3кп	08кп	15Х5
8.34.	Ст3пс	50	15Х5М
8.35.	Ст3сп	55	15Х5ВФ
8.36.	Ст2кп	60	12Х8ВФ
8.37.	Ст2пс	05кп	12МХ
8.38.	Ст2сп	45	12Х1МФ
8.39.	Ст1кп	08пс	20Х1М1Ф1Б1
8.40.	Ст1пс	08	20Х1М1Ф1ТР

№ варианта	Сплавы		
	№4	№5	№6
1	5	6	7
8.01.	09Г2	65	15Х
8.02.	14Г2	ШХ4	20Х
8.03.	12ГС	75	30Х
8.04.	16ГС	ШХ15-Ш	40Х
8.05.	17ГС	85	25ХГНМТ
8.06.	17Г1С	ШХ15СГ-Ш	50Х

1	5	6	7
8.01.	09Г2	65	15Х
8.07.	09Г2С	70Г	20ХГНМ
8.08.	10Г2С1	55С2А	25Г
8.09.	15Г2СФД	60С2	45ХН2МФА
8.10.	14Г2АФ	60С2А	40Г
8.11.	16Г2АФ	60С3А	40ХН2МА
8.12.	18Г2АФпс	60С2Г	50Г
8.13.	14ХГС	50ХГ	20ХН2М
8.14.	15Г2АФДпс	55ХГР	20ХГТ
8.15.	10ХСНД	50ХФА	40ХС
8.16.	10ХСНДП	60С2Н2А	40ХГТР
8.17.	15ХСНД	ШХ15СГ	38ХГМ
8.18.	18Г2С	50ХГА	30ХГТ
8.19.	20ХГ2Ц	70С2ХА	30ХМА
8.20.	25Г2С	65С2ВА	30ХГС
8.21.	35ГС	60С2ХФА	20ХН
8.22.	09Г2	60С2ХА	20ХГНР
8.23.	20ХГ2Ц	55С2ГФ	50ХН
8.24.	12ГС	55ХГФА	20ХН3А
8.25.	16ГС	70	30ХН3А
8.26.	17ГС	ШХ15	20ХГСА
8.27.	17Г1С	80	40ХМФА
8.28.	09Г2С	ШХ15СГ	30ХГСА
8.29.	10Г2С1	60Г	35ХГСА
8.30.	15Г2СФД	ШХ20СГ	40ХН
8.31.	14Г2АФ	55С2	38ХГН
8.32.	16Г2АФ	60С2А	18ХГТ
8.33.	18Г2АФпс	ШХ6	30ХН2МА
8.34.	14ХГС	60С2Г	45Г
8.35.	15Г2АФДпс	50ХГ	30ХН2МФА
8.36.	10ХСНД	55ХГР	30Г
8.37.	10ХСНДП	50ХФА	38Х2МЮА
8.38.	15ХСНД	60С2Н2А	20Г
8.39.	18Г2С	70С3А	40ХГНМ
8.40.	14Г2	ШХ15	45Х
№ варианта	Сплавы		
	№7	№8	№9
1	8	9	10

1	8	9	10
8.01.	6XC	P18	40X9C2
8.02.	8XΦ	T5K10	08X13
8.03.	Y9	P6M5	10X14AГ15
8.04.	7X3	T15K6	40X10C2M
8.05.	Y11	P6M5Φ3	12X17
8.06.	13X	BK15	09X14H19B2БP
8.07.	Y13	P18K5Φ2	15X11MΦ
8.08.	5XHM	BK8	15X28
8.09.	Y8A	P6M5K5	40X15H7Г7Φ2MC
8.10.	X	BK3	20X13
8.11.	Y10A	P2AM9K5	07X16H6
8.12.	5XHBC	BK3	08X16H13M2Б
8.13.	Y12A	P9K5	30X13
8.14.	XBГ	BK8	08X10H20T2
8.15.	Y8	P12Φ3	08X15H24B4TP
8.16.	9XΦ	BK15	40X13
8.17.	Y12	11P3AM3Φ2	37X12H8Г8MΦБ
8.18.	B2Φ	T15K6	03X16H15M3Б
8.19.	Y9A	P9	25X13H2
8.20.	XГC	T5K10	10X14Г14H4T
8.21.	Y13A	TT7K12	09X16H15M3Б
8.22.	6X6B3MΦC	TT8K6	12X17Г9AH4
8.23.	X12	TT20K9	03X16H15M3Б
8.24.	X12Φ1	P18	45X22H4M3
8.25.	X12MΦ	T14K8	95X18
8.26.	9X5BΦ	P6M5	08X20H14C2
8.27.	Y10	T30K4	20X20H14C2
8.28.	8X3	P6M5Φ3	10X17H13M2T
8.29.	Y7A	BK10	10X17H13M3T
8.30.	5XHB	P18K5Φ2	08X17H15M3T
8.31.	Y11A	BK6	12X18H9
8.32.	5XГM	P9M4K8	20X23H13
8.33.	4X5MΦC	BK6	12X18H9T
8.34.	4X3BMΦ	P9K5	04X18H10
8.35.	3X3M3Φ	BK10	08X18H10
8.36.	4XC	P12Φ3	08X18H10T
8.37.	Y7	T30K4	03X18H11
8.38.	12X1	11P3AM3Φ2	03X18H12
8.39.	Y13A	T14K8	12X18H12T
8.40.	4XMΦC	P9	03X21H21M4ГБ

№ варианта	Сплавы		
	№10	№11	№12
1	11	12	13
8.01.	ХН35ВТ	15Л	АМц
8.02.	Н70МФВ	110Г13Х2БРЛ	Л90
8.03.	ХН65МВ	СЧ15	БрОФ6,5-0,15
8.04.	ХН60ВТ	КЧ45-7	БрА5
8.05.	ХН35ВТЮ	20Л	ЛА77-2
8.06.	ХН60Ю	85Х4М5Ф2В6Л	АВ
8.07.	ХН70Ю	СЧ25	Л68
8.08.	ХН78Т	КЧ60-3	БрОЦ4-3
8.09.	ХН32Т	КЧ80-1,5	ЛАН59-3-2
8.10.	ХН75МБТЮ	30Л	Д16
8.11.	ХН80ТВЮ	130Г14ХМФАЛ	БрОФ2-0,25
8.12.	ХН77ТЮР	СЧ35	ЛН65-5
8.13.	ХН38ВТ	ЧС4МШ	Л63
8.14.	ХН70ВМЮТ	40Л	БрКН1-3
8.15.	ХН67МВТЮ	12Х21Н5Г2СЛ	АМг1
8.16.	ХН70МВТЮБ	ВЧ35	Л60
8.17.	ХН28ВМАБ	ЧС5	ЛЖМц59-1-1
8.18.	ХН65ВМТЮ	ЧГ7Х4	БрОФ4-0,25
8.19.	ХН56ВМТЮ	45Л	БрБ2
8.20.	ХН70ВМТЮФ	55Х18Г17С2ТЛ	АМцС
8.21.	06ХН28МДТ	ВЧ45	ЛО70-1
8.22.	ХН57МТВЮ	ЧГ6С3Ш	БрОЦ4-3
8.23.	ХН55МВЮ	ЧС5Ш	В95
8.24.	ХН75ВМЮ	50Л	БрАЖ9-4
8.25.	03ХН28МДТ	ВЧ60	ЛК-80-3
8.26.	ХН62МВКЮ	ЧГ8Д3	ЛО60-1
8.27.	ХН56ВМКЮ	ЧХ1	АК4
8.28.	ХН55ВМТКЮ	30ГСЛ	ЛО62-1
8.29.	06ХН28МТ	ВЧ80	ЛС59-1
8.30.	ХН77ТЮРУ	ЧХ2	Л70
8.31.	ХН58В	ЧНХМД	БрОЦС4-4-2,5
8.32.	ХН65МВУ	ЧЮХШ	АМг3
8.33.	ХН35ВТ	30ХГСФЛ	ЛО90-1
8.34.	ХН45Ю	КЧ30-6	ЛА77-2
8.35.	ХН60ВТ	ЧХ3	БрОЦС4-4-4
8.36.	ХН35ВТЮ	45ФЛ	БрМц5
8.37.	ХН60Ю	КЧ35-8	Д20
8.38.	ХН70Ю	ЧХ3Т	Л85

1	11	12	13
8.39.	ХН28ВМАБ	20Х13Л	ЛМц58-1
8.40.	ХН32Т	КЧ37-12	БрКд1
№ варианта	Сплавы		
	№13	№14	№15
1	14	15	16
8.01.	МА5	БрС30	АД000
8.02.	АК12 (АЛ2)	АЧС-1	МНМц3-12
8.03.	ЛЦ40С	Б88	Х50Н50
8.04.	БрА11Ж6Н6	ФМК-11	МГ3
8.05.	МА11	ЦАМ9-1,5	3413
8.06.	АК5М (АЛ5)	БрОГр8-4	ЕХ3
8.07.	ЛЦ38Мц2С2	Б83	АД00
8.08.	БрА9Мц2Л	БрОГр10-3	МНМц40-1,5
8.09.	ВТ5	АМСТ	МГ5
8.10.	МА14	АЧС-2	ЕХ5К5
8.11.	АМГ7 (АЛ29)	Б16	АД0
8.12.	ЛЦ30А3	БрОГр9-3	МНМц43-0,5
8.13.	БрА9Ж4Н4Мц1	Э-80Х4С	СГ3
8.14.	ВТ6	АЧС-3	79НМ
8.15.	МА19	БН	ПОС 90
8.16.	АЦ4МГ (АЛ24)	130Г13Л	ПОЦ-70
8.17.	ЛЦ23А6Ж3Мц2	БрО10Ф1	М1
8.18.	БрО5Ц5С5	ЦАМ 10-5	Х10Н90
8.19.	ВТ14	АО20-1	СГ5
8.20.	МЛ5	АЧВ-1	79НМА
8.21.	АМГ5К (АЛ13)	БС6	ПМЦ36
8.22.	ЛЦ16К4	ЦАМ9-1,5Л	М1р
8.23.	БрО3Ц7С5Н1	ЖГр3-20пф	Х20Н80
8.24.	ВТ5-1	АЧВ-2	3311
8.25.	ВТ16	АО3-7	80НХС
8.26.	МЛ8	ФМК-8	ПОС 61
8.27.	АК8М (АЛ32)	Э-320Х23С2ГТР	ПОЦ-90
8.28.	БрО3Ц12С5	ЖГр-3-Цс	ПМЦ48
8.29.	ЛЦ23А6Ж3Мц2	Б88	ПСр 72
8.30.	ВТ20Л	АЧК-1	М2р
8.31.	МЛ10	АО9-1	Х30Н70
8.32.	АМГ5Мц (АЛ28)	Э-300Х28Н4С4	3411
8.33.	ЛЦ14К3С3	110Г13Х2БРЛ	78Н

1	14	15	16
8.34.	БрА10ЖЗЛ	АН-2,5	ПСр 50
8.35.	ВТ22	Э-225Х10Г10С	МЗр
8.36.	МЛ15	БрО10ф1	Х40Н60
8.37.	АК7Ц9 (АЛ11)	АЧК-2	3412
8.38.	ЛЦ37Мц2С2К	120Г10ФЛ	ЮНД4
8.39.	БрА10Ж4Н4Л	ЦАМ 10-5	ПОС 10
8.40.	ОТ4	АО20-1	ПОЦ-40

8.3. Дополнительные данные для выполнения индивидуального задания №8

Таблица 8.3. Группы анализируемых сплавов

№ группы	Наименование сплавов, входящих в группу
№1	Сталь обыкновенного качества ГОСТ 380–2005 (см. таблицу 8.5)
№2	Сталь качественная конструкционная ГОСТ 1050–88(см. таблицу 8.5)
№3	Сталь для котлов и сосудов, работающих под давлением ГОСТ 5520–79; сталь теплоустойчивая ГОСТ 20072–74 (см. таблицу 8.5)
№4	Сталь низколегированная строительная ГОСТ 19282–73, сталь для армирования железобетонных конструкций ГОСТ 5781–82 (см. таблицу 8.5)
№5	Сталь рессорно-пружинная ГОСТ 14959 (см. таблицу 8.5), сталь подшипниковая ГОСТ 801–78 (см. таблицу 8.6)
№6	Сталь легированная конструкционная ГОСТ 4543–71(см. таблицу 8.5)
№7	Сталь инструментальная: углеродистая ГОСТ 1435–99, легированная ГОСТ 5950–2000 (см. таблицу 8.6)
№8	Сталь быстрорежущая ГОСТ 19265–73 (см. таблицу 8.6), металлокерамические инструментальные сплавы ГОСТ 3882–74 (см. таблицу 8.14)
№9	Сталь высоколегированная ГОСТ 5632–72 (см. таблицу 8.5)
№10	Сплавы на железоникелевой и никелевой основе ГОСТ 5632–72 (см. таблицу 8.5)
№11	Литейная сталь ГОСТ 977–88; конструкционные чугуны ГОСТы 1215–79, 1412–85, 7293–85; легированный чугун ГОСТ 7769–82 (см. таблицу 8.7)
№12	Деформируемые цветные конструкционные сплавы: алюминиевые ГОСТ 4784–97, латуни ГОСТ 15527–2004, оловянные бронзы ГОСТ 5017–2006, безоловянные ГОСТ 18175–78 (см. таблицу 8.8)
№13	Сплавы магниевые ГОСТы 2856–79, 14957–76; сплавы титановые ГОСТ 19807–91; конструкционные литейные сплавы: алюминиевые ГОСТ 1583–93; латуни ГОСТ 17711–93, бронзы оловянные ГОСТ 613–79, бронзы безоловянные ГОСТ 493–79 (см. таблицы 8.8, 8.9)

№ группы	Наименование сплавов, входящих в группу
№14	Специальные сплавы триботехнического назначения (см. таблицу 8.12)
№15	Специальные сплавы: с особыми электрическими (см. таблицу 8.10) и магнитными свойствами (см. таблицу 8.11); припои (см. таблицу 8.13)

Таблица 8.4. Технологические группы сплавов

Группа	Способ получения изделий
Деформируемые	Для изготовления металлических полуфабрикатов (сортовой прокат, фасонный прокат, лист, трубы и др.), обрабатываемых давлением
Литейные	Для получения фасонных отливок
Спечённые	Для изделий из композиционных материалов, получаемых методами порошковой металлургии

Таблица 8.5. Деформируемые конструкционные стали и сплавы

Группа сплавов, ГОСТ,	Схема маркировки	Марки
Сталь обыкновенного качества ^{1, 2} , ГОСТ 380–2005	Ст+№марки+ раскисление («кп», «пс», «сп»)	Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст6пс, Ст6сп
Сталь качественная конструкционная ² , ГОСТ 1050–88	%С×100+ раскисление («кп», «пс»)	05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60
Сталь для котлов и сосудов, работающих под давлением ³ , ГОСТ 5520–79	%С×100+К	углеродистая: 15К, 16К, 18К, 20К, 22К
	%С×100+ЛЭ+ %ЛЭ	легированная: 09Г2С, 16ГС, 10Г2С1, 17ГС, 17Г1С, 14ХГС, 12ХМ, 10Х2М, 12Х1МФ
Сталь легированная конструкционная ² , ГОСТ 4543–71	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ+ гр. качества «А» или «-Ш» в конце марки	15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х, 15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 40Г, 45Г, 50Г, 20ХГР, 30ХГТ, 25ХГМ, 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГС-Ш, 40ХН, 38Х2Н2МА, 38Х2МЮА
Сталь рессорно-пружинная ⁴ , ГОСТ 14959–79	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ+ гр. качества «А» в конце марки	65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 70Г, 55С2, 55С2А, 60С2, 60С2А, 60С3А, 60С2Г, 50ХГ, 55ХГР, 50ХФА, 60С2Н2А
Сталь низколегированная	%С×100+ЛЭ+ %ЛЭ	09Г2, 14Г2, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 09Г2С, 10Г2С1, 10Г2БД,

Группа сплавов, ГОСТ,	Схема маркировки	Марки
универсальная ⁵ , ГОСТ 19282–73		15Г2СФД, 14Г2АФ, 16Г2АФ, 18Г2АФпс, 14ХГС, 15Г2АФДпс, 10ХСНД, 10ХСНДП, 15ХСНД
Сталь для армирования ж/б конструкций ⁶ , ГОСТ 5781–82	%С×100+ЛЭ+ %ЛЭ	18Г2С, 20ХГ2Ц, 25Г2С, 35ГС
Сталь теплоустойчивая ⁷ , ГОСТ 20072–74	%С×100+ЛЭ+ %ЛЭ	перлитная: 12МХ; 12Х1МФ; 20Х1М1Ф1ТР; 20Х1М1Ф1Б1; 25Х1МФ; 25Х2М1Ф; 18Х3МВ; 20Х3МВФ; мартенситная: 15Х5; 15Х5М; 15Х5ВФ; 12Х8ВФ
Сталь высоколегированная ⁸ , ГОСТ 5632–72	%С×100+ЛЭ+ %ЛЭ	9 – 07Х16Н6 (М), 30Х13 (М), 08Х10Н20Т2 (А), 40Х13 (М), 03Х16Н15М3Б (А), 25Х13Н2 (М), 10Х143Г14Н4Т (А), 12Х17Г9АН4 (А), 10Х14Г15 (А), 03Х16Н15М3Б (А), 95Х18 (М), 10Х17Н13М2Т (А), 10Х17Н13М3Т (А), 08Х17Н15М3Т (А), 17Х18Н9Т (А) 04Х18Н10 (А), 03Х18Н11 (А), 03Х18Н12 (А), 03Х21Н21М4ГБ (А) и др.; 10 – 08Х20Н14С2 (А+Ф), 20Х20Н14С2 (А+Ф), 20Х23Н13 (А+Ф) 11 – 09Х14Н19В2БР (А), 15Х11МФ (М), 40Х15Н7Г9Ф2МС (А), 08Х16НВМ2Б (А), 08Х15Н24В4ТР (А), 37Х12Н8Г8МФБ (А), 09Х16Н15М3Б (А); 9+10 : 12Х17 (Ф), 15Х28 (Ф), 12Х18Н9 (А), 08Х18Н10 (А), 08Х18Н10Т (А); 9+11 : 20Х13 (М); 10+11: 40Х9С2 (М), 40Х10С2М (М); 9+10+11 : 12Х18Н9Т (А), 12Х18Н12Т (А).
Сплав на Fe+Ni основе (Ni<5%), ГОСТ 5632–72	ХН+%Ni+ЛЭ	9 – 06ХН28МДТ, 06ХН28МТ, 03ХН28МДТ; 10 – ХН28ВМАБ; 11 – ХН32Т, ХН35ВТЮ, ХН35ВТ; 10+11 : ХН38ВТ, ХН45Ю
Сплав на Ni основе	Н+%Ni+ЛЭ	9 – Н70МФВ, ХН65МВ, ХН58В,

Группа сплавов, ГОСТ,	Схема маркировки	Марки
(Ni>50%), ГОСТ 5632–72	или ХН+%Ni+ЛЭ	ХН65МВУ; 10 – нет; 11 – ХН80ТВЮ, ХН77ТЮР, ХН70ВМЮТ, ХН67МВЮ, ХН70ВТЮБ, ХН65ВМТЮ, ХН56ВМТЮ, ХН70ВМТЮФ, ХН57МТВЮ, ХН55МВЮ, ХН75ВМЮ, ХН62МВКЮ, ХН56МВКЮ, ХН55ВМТКЮ, ХН77ТЮРУ ; 10+11 : ХН60ВТ, ХН60Ю, ХН70Ю, ХН78Т, ХН75МБТЮ, ХН60ВТ, ХН60Ю, ХН70Ю

Примечания

1 – примерное содержание углерода определяется по эмпирической формуле $C \approx 0,07 \times \text{№ марки}$; **2** – применение определяется содержанием углерода (см. таблицу 2.4.2); **3** – для котельного оборудования; **4** – для упругих элементов; **5** – для сварных конструкций; **6** – арматура периодического профиля; **7** – для деталей, работающих в нагруженном состоянии при температуре до 600°C в течении длительного времени; **8** – применение определяется содержанием углерода и легированием [см. 9 таблица 2.4.3] (структурные классы: М – мартенситный, Ф – ферритный, А – аустенитный); **9** – преимущественно коррозионностойкие сплавы; **10** – преимущественно жаростойкие сплавы $t_{\text{раб}} > 550^\circ\text{C}$; **11** – преимущественно жаропрочные сплавы $t_{\text{раб}} > 550^\circ\text{C}$.

Таблица 8.6. Деформируемые инструментальные стали

Группа сплавов, ГОСТ	Схема маркировки	Марки
Сталь нелегированная инструментальная ¹ , ГОСТ 1435–99	У+%С×10+ группа качества («А»)	У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13, У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А
Сталь легированная инструментальная, ГОСТ 5950–2000	%С×10+ЛЭ+%ЛЭ	2 – 8ХФ, 9ХФ, 13Х, 12Х1, 9Х5ВФ, 6Х6В3МФС и др. 3 – 7Х3, 8Х3, 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС, 5ХГМ, 4ХМФС, 4Х5МФС, 4Х3ВМФ, 3Х3М3Ф, 4ХС, 6ХС и др.
	ЛЭ+%ЛЭ (С>1%)	2 – В2Ф, Х, ХГС, ХВГ, Х12, Х12МФ, Х12Ф1и др.
Сталь	ШХ+%Сг×10+	ШХ4, ШХ15, ШХ15-Ш, ШХ15СГ,

Группа сплавов, ГОСТ	Схема маркировки	Марки
подшипниковая ⁴ , ГОСТ 801–78	ЛЭ+%ЛЭ	ШХ15СГ-Ш, ШХ20СГ и др.
Сталь быстрорежущая ⁵ , ГОСТ 19265–73	P+%W+ ЛЭ+%ЛЭ (C=0,7...1,1%; Cr=2%; V=1...3%)	P18, P9, P6M5, 11P3AM3Ф2, P6M5Ф3, P12Ф3, P18K5Ф2, P9K5, P6M5K5, P9M4K8, P2AM9K5

Примечания

1 – для инструмента для обработки дерева, для ручной обработки металла; **2** – для инструмента для обработки в основном в холодном состоянии $t_{обр} < 300^\circ\text{C}$; **3** – для инструмента для обработки в основном в горячем состоянии $t_{обр} > 300^\circ\text{C}$; **4** – для тел качения и колец подшипников качения (C=0,7...1,1%, Cr V); **5** – для станочного режущего инструмента.

Таблица 8.7.

Литейные сплавы железа

Группа сплавов, ГОСТ	Схема маркировки	Группы марок
Сталь литейная, ГОСТ 977–88	%C×100+Л	1
	%C×100+ЛЭ+%ЛЭ+Л	2; 3; 4; 5; 6; 7
Чугун с пластинчатым графитом (серый), ГОСТ 1412–85	СЧ+σ _B кгс/мм ²	1
Чугун с шаровидным графитом (высокопрочный). ГОСТ 7293–85	ВЧ+ σ _B кгс/мм ²	2
Чугун с вермикулярным графитом, ГОСТ 28394–89	ЧВГ+ σ _B кгс/мм ²	3
Чугун ковкий, ГОСТ 1215–79	КЧ+ σ _B кгс/мм ² +δ %	4
Чугун легированный, ГОСТ 7769–82	Ч+ЛЭ+%ЛЭ+Ш Ш – шаровидный графит	5

Марки сплавов

Марки сталей: **1** – конструкционная нелегированная: 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л и др.; **2** – конструкционная легированная: 20ГЛ, 30ХГСЛ, 30ХГСФЛ, 45ФЛ, 12ДХН1МФЛ, 30Х3С3ГМЛ, 03Н12 Х5М3ТЮЛ и др.; **3** – специальная коррозионнотойкая: 12Х21Н5Г2СЛ, 20Х13Л, 09Х17Н3СЛ, 15Х25ТЛ, 14Х18Н4Г4Л, 12Х18Р9ТЛ; **4** – специальная жаростойкая: 20Х5МЛ, 40Х9С2Л, 35Х23Н7СЛ, 55Х18Г17С2ТЛ; **5** – специальная жаропрочная: 20Х12ВНМФЛ, 35Х18Н24С2Л, 20Х21Н46В8РЛ; **6** – специальная износостойкая: 110Г13Л, 110Г13Х2БРЛ, 130Г14ХМФАЛ; **7** – специальная быстрорежущая: 85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л), 90Х4М4Ф2В6Л (Р6М4Ф2Л).

Марки чугунов с указанием структуры матрицы Ф-ферритная; П-перлитная; Ф+П-феррито-перлитная; Б-бейнитная: **1** – серый: СЧ10; СЧ15 (Ф); СЧ18; СЧ20; СЧ21; СЧ24; СЧ25 (Ф+П); СЧ30; СЧ35 (П); **2** – высокопрочный: ВЧ35

Марки сплавов
(Ф); ВЧ40; ВЧ50, ВЧ60 (Ф+П); ВЧ70; ВЧ80 (П); ВЧ100 (Б); 3 – с вермикулярным графитом ЧВГ30; ЧВГ35; ЧВГ40; ЧВГ45; 4 – ковкий КЧ30-6, КЧ33-8; КЧ35-10; КЧ37-12; КЧ45-7; КЧ55-5; КЧ55-4; КЧ60-3; КЧ65-3; КЧ70-2; КЧ80-1,5; 5 – легированный для специальных отливок: жаростойкие – ЧХ1, ЧХ2, ЧС5, ЧС5Ш, ЧЮХШ; коррозионностойкие – ЧС13, ЧС15 (<i>ферросилид</i>), ЧС17 (<i>ферросилид</i>), ЧС15М4 (<i>антихлор</i>), ЧС17М3 (<i>антихлор</i>), ЧНХТ, ЧНХМД, ЧНМШ, ЧНДХМШ; износостойкие – ЧХ3Т, ЧХ9Н5, ЧГ6С3Ш, ЧГ7Х4, ЧХ3ХМДШ, ЧН2Х, ЧН4Х2; коррозионностойкие и жаростойкие – ЧХ22С, ЧХ28; жаростойкие и износостойкие – ЧХ3, ЧХ16, ЧХ32, ЧЮ6С5, ЧЮ7Х2; жаропрочные и маломангнитные – ЧН11Г7Ш, ЧН15Д3Ш, ЧН19Х3Ш; жаропрочный, хладостойкий, маломангнитный – ЧН20Д2Ш.

Таблица 8.8. Деформируемые цветные сплавы

Схема маркировки	Марки
Алюминиевые сплавы ГОСТ 4784–97	
Система	Марки
Al-Mn	АМц; АМцС, Д12
Al-Mg-Si	АД31; АД31Е; АД33; АД35; АВ (авиаль)
Al-Cu-Mg-Mn (дуралюмины)	Д1, Д16, В65, Д18, Д19, Д21, Д20, ВД17
Al-Zn-Mg-Cu (высокопрочные сплавы)	1915, 1925, В65, В95, В93, В95-1, В95-2
Al-Cu-Mg-Si (ковочные сплавы)	АК4, АК4-1, АК6, АК8, 1201, 1105
Al-Mg (магналии)	АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6
Магниевые сплавы ГОСТ 14957–76	
МА + №марки	МА5; МА11; МА14; МА19
Латунь (основа Cu+Zn) ГОСТ 15527–2004	
Л+ЛЭ+%Cu+%ЛЭ; Zn - остальное	Л90, Л68, Л63, Л60, ЛА77-2, ЛАН59-3-2, ЛН65-5, ЛЖМц59-1-1, ЛМц58-2, ЛО70-1, ЛК80-3 и др.
Бронза (основа Cu)	
Бронза оловянная ГОСТ 5017–2006	
Бр+ЛЭ+%ЛЭ Cu – остальное	БрОФ6,5-0,15; БрОФ6,5-0,4; БрОФ2-0,25; БрОФ4-0,25; БрОЦ4-3; БрОЦС4-4-2,5 и др.
Бронза безоловянная ГОСТ 18175–78	
Бр+ЛЭ+%ЛЭ Cu – остальное	БрА5; БрА7; БрАМц9-2; БрАМц10-2; БрАЖ9-4; БрАЖН10-4-4; БрБ2; БрБНТ1,7; БрБНТ1,9; БрБНТ1,9Мг; БрБКМц3-1; БрКН1-3; БрМц5;

Схема маркировки	Марки
	БрАЖНМц9-4-4-1; БрКд1; БрМг0,3; БрХ1; БрХЦр; БрНХК2,5-0,7-0,6
Медно-никелевые сплавы (основа Cu+Ni) ГОСТ 492–2006	
МН+ЛЭ+%Ni+%ЛЭ Cu – остальное	МН95-5; МН25; МНА6-1,5 (куниаль-Б); МНА13-3 (куниаль А); МНЦ15-20, МНЦ12-24, МНЦ18-20, МНЦС16- 29-1,8 (нейзильберы); МН19, МНЖ5-1, МНЖМц10-1-1, МНЖМц30- 1-1 (мельхиоры)
Титановые сплавы ГОСТ 19807–91	
α -сплавы→ ВТ+№марки	ВТ5; ВТ5-1
псевдо - α -сплавы→ ОТ+№марки ВТ+№марки	ОТ4-1; ОТ4 ВТ20
$(\alpha+\beta)$ -сплавы→ ВТ+№марки	ВТ6; ВТ14; ВТ16; ВТ22
Примечания: Системы алюминиевых сплавов: 1. Al-Mn; 2. Al-Mg-Si; 3. Al-Cu-Mg-Mn (дуралюмины); 4. Al-Zn-Mg-Cu (высокопрочные сплавы); 5. Al-Cu-Mg-Si (ковочные сплавы); 6. Al-Mg-Si-Cu-Mn (авиаль).	

Таблица 8.9.

Литейные цветные сплавы

Алюминиевые сплавы ГОСТ 1583–93	
<i>А+ЛЭ+%ЛЭ</i>	
АК12 (АЛ2 ¹), АК9, АК9ч (АЛ4), АК8л (АЛ34), АК7, АК7ч (АЛ9), АК7пч (АЛ9-1), АК9Су, АК5М (АЛ5), АК5Мч (АЛ5-1), АК5М2, АК5М2, АК8М (АЛ32), АК5М4, АК8М3, АК8М3ч (ВАЛ-8), АК9М2, АК12М2, АК12ММгН (АЛ30), АК12М2МгН (АЛ25), АК21М2,5Н2,5 (ВКЖЛС-2), АМ5 (АЛ19), АМ4,5Кд (ВАЛ-10), АМг5К (АЛ13), АМг5Мц (АЛ28), АМг6л (АЛ23), АМг10 (АЛ27), АМг11 (АЛ22), АМг7 (АЛ29), АК7Ц9 (АЛ11), АК9Ц6, АЦ4Мг (АЛ24)	
Магниевые сплавы ГОСТ 2856–79	
<i>МЛ+№ марки</i>	
МЛ5; МЛ8; МЛ12; МЛ9; МЛ10; МЛ15	
Латунь (основа Cu+Zn) ГОСТ 17711–93	
<i>ЛЦ+% Zn+ЛЭ+%ЛЭ (Cu – остальное)</i>	
ЛЦ40С, ЛЦ38Мц2С2, ЛЦ30А3, ЛЦ23А6Ж3Мц2, ЛЦ16К4, ЛЦ14К3С3	
Бронза (основа Cu)	
Бронза оловянная ГОСТ 613–79	

<i>Br+ЛЭ+%ЛЭ (Cu – остальное)</i>
BrO3Ц7C5H1, BrO3Ц12C5, BrO4C17, BrO5Ц5C5, BrO10Ц2, BrO10Ф1
Бронза безоловянная ГОСТ 493–79
<i>Br+ЛЭ+%ЛЭ+Л² (Cu – остальное)</i>
BrA9Mц2Л; BrA10Mц2Л; BrA9ЖЗЛ; BrA10ЖЗMц2Л; BrA10Ж4H4Л; BrA11Ж6H6; BrA9Ж4H4Mц1; BrA7Mц15ЖЗH2Ц2; BrC30; BrCu3H3Ц3C20Ф
Титановые сплавы
<i>BT+№марки+Л</i>
BT5Л; BT3-1Л; BT14Л; BT20Л
Примечания: 1 – в скобках указана старая маркировка алюминиевых литейных сплавов; 2 – «Л» в конце марки литейной бронзы указывается в случае, если бронза одного состава выпускается в виде деформируемого и литейного сплава (пример: сплавы BrA9Mц2Л и BrAMц9-2 в таблице 2.4.9).

Таблица 8.10. Специальные сплавы с особыми электрическими свойствами

Подгруппа	Схема маркировки	Марки
Проводниковые материалы		
Алюминий ГОСТ 4784–97	АД+Σ примесей	АДоч (0,02 ¹); АД000 (0,2 ¹); АД00 (0,3 ¹); АД0 (0,5 ¹)
Медь ГОСТ 859–2001	М+ Σ примесей	M006 (0,01 ¹); M06 (0,03 ¹); M16 (0,05 ¹); M1y (0,1 ¹); M1 (0,1 ¹); M1p (0,1 ¹); M2p (0,3 ¹); M3p (0,5 ¹)
Для образцовых сопротивлений (реостатные)		
Cu–Ni сплавы ГОСТ 492–73	MH+ЛЭ+%Ni+%ЛЭ Cu – остальное	MHMц3-12; MHMцAJ3-12-0,3-0,3 – манганин ГОСТ 10155; MHMц40-1,5 – константан ГОСТ 5189; MHMц43-0,5 – копель ГОСТ 1790
Для нагревательных элементов		
Cu–Ni сплавы ГОСТ 10994–97 ГОСТ 12766.1–77	X+%Cr+H+%Ni+ЛЭ+%ЛЭ	Нихромы: X10H90; X20H80; X30H70; X40H60; X50H50; X20H75BTЮ; X25H60B15T
Контактные материалы		
Разрывные контакты		
Ag, Ag+Cu	Компонентный состав	Слабонагруженные контакты
W, Mo, W+Mo		Высоконагруженные контакты
Скользящие контакты		
Композиционные материалы Cu+Графит,	MG+%Графита Cu – основа	MG3, MG5
	CG+%Графита	CG3, CG5

Подгруппа	Схема маркировки	Марки
Ag+Графит	Ag – основа	
Неподвижные контакты		
Цветные металлы и сплавы	Маркировка металла или сплава	Cu, Zn, латунь
Примечания: 1 – сумма примесей в %;		

Таблица 8.11. Специальные сплавы с особыми магнитными свойствами

Подгруппа	Схема маркировки	Марки
Магнитомягкие материалы для сердечников трансформаторов		
Сталь электротехническая нелегированная ГОСТ 3836–83	Цифровая по эксплуатационным свойствам	10895; 20895; 10864; 20864; 10848; 20848 и др.
Сталь электротехническая легированная ГОСТ 21427.1–83 ГОСТ 21427.2–83		3311; 3411; 3412; 3413; 3414; 3404; 3405; 3406; 3407; 2421; 2431; 2412; 2431; 2411; 2412; 24114 и др.
Магнитомягкие материалы для радиотехнических устройств		
Пермаллои Fe–Ni сплавы ГОСТ 10160–75 ГОСТ 10994–74	%Ni+H+ЛЭ+ гр. качества (А)	Высоколегированные ≈80%Ni: 79НМ; 79НМА; 83НФ; 80НМ; 80НЮ; 80НХС; 78Н; 77НМД; 76НХД; 74НМД. Низколегированные ≈50%Ni: 45Н; 50ХНС.
Магнитотвёрдые материалы для постоянных магнитов		
Легированные стали, закаленные на мартенсит ГОСТ 10994–74	Е+ЛЭ+%ЛЭ (С≈1%)	ЕХ3; ЕВ6; ЕХ5К5; ЕХ9К15М2
Сплавы литейные Fe–Ni–Al и Fe–Ni–Al–Co ГОСТ 17809–72	Ю+ЛЭ+%ЛЭ+ хар. структуры (А-столбчатая, АА-монокристаллич., И-магнитная изотропия)	ЮНД4; ЮНТС; ЮНДКИ; ЮНДК; ЮНДКБА; ЮНДКТ5БА; ЮНДКТ5АА; ЮНДКТ8
Сплавы деформируемые Fe–Co–Cr	%Cr+Х+%Со+К+%ЛЭ+ЛЭ+ хар. структуры	28Х10К; 28Х10КА; 25Х15К; 25Х15КА; 23Х15К5ФА; 30Х23К;

Подгруппа	Схема маркировки	Марки
ГОСТ 24897–81		30X23КА; 22X15КА; 25X12К2БА; 23X14К3ФА; 32X12КДТ

Таблица 8.12. Специальные сплавы с особыми триботехническими свойствами

Подгруппа	Схема маркировки	Марки
Износостойкие сплавы (группа I)		
Легированный чугун ¹ ГОСТ 10051–75	Э+%С×100+ЛЭ+%ЛЭ	Э-80Х4С, Э-320Х23С2ГТР (1а); Э-300Х28Н4С4, Э-225Х10Г10С (1б)
Высокомарганцовистая сталь (сталь Гадфильда) ² ГОСТ 977–88	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ+Л	110Г13Л, 110Г13Х2БРЛ, 110Г13ФТЛ, 130Г14ХМФАЛ, 120Г10ФЛ
Антифрикционный чугун ³ ГОСТ 1585–85	АЧ+форма графита+ № марки	АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧС-4, АЧС-5, АЧС-6 (3а); АЧВ-1, АЧВ-2 (шаровидный графит); АЧК-1, АЧК-2 (3б)
Подшипниковые сплавы (группа II)		
Баббиты оловянные и свинцовые ГОСТ 1320–74	Б+%Sn+добавки+% добавок	Б88, Б83, Б83С ³ (оловянные); Б16, БН ⁴ , БС ⁵ 6 (свинцовые)
Сплавы алюминиевые антифрикционные ГОСТ 14113–78	А+ЛЭ+%ЛЭ	АОЗ-7; АО9-2; АО6-1; АО9-1; АО20-1; АН-2,5; АСМ; АМСТ
Сплавы цинковые антифрикционные ГОСТ 21437–75	Ц+ЛЭ+%ЛЭ+Л ⁶	ЦАМ9-1,5Л; ЦАМ9-1,5; ЦАМ10-5Л; ЦАМ10-5
Бронзографиты ⁷	БрОГр+%Sn+% графита	БрОГр 10-3, БрОГр 9-3, БрОГр8-4
Железографиты ⁸	ЖГр+%графита +%пф ⁹ ЖГр+%графита+добавки+%добавок	ЖГр-1-20пф; ЖГр-2-20пф; ЖГр-3-20пф; ЖГр-3-Д ¹⁰ -3; ЖГр-3-Цс ¹¹ -4; ЖГр-1-Дс ¹² -3
Фрикционные сплавы (группа III)		
Композиционные материалы на железной основе ¹⁴	ФМК+№марки	ФМК-8, ФМК-11.
Примечания		

Примечания

Группа I – основным эксплуатационным свойством является износостойкость; **1** – применяются в качестве наплавочного материала (1а – абразивное изнашивание без ударных нагрузок; 1б – абразивное изнашивание с ударными нагрузками); **2** – применяются для деталей дробильного оборудования, стрелочных переводов на ж.-д. транспорте и др. (ударно-абразивное изнашивание и повышенное давление); **3** – применяется для условий граничного трения чугуновой втулки со стальным закаленным валом (3а – пластинчатый графит; 3б – компактный графит);

Группа II – основным эксплуатационным свойством является коэффициент трения, подшипниковые сплавы не являются конструкционными, поэтому они применяются в биметаллических подшипниках скольжения для антифрикционного слоя на конструкционной стали, работают в условиях жидкостного трения; **3** – добавка Pb; **4** – добавка Ni; **5** – добавка Sb; **6** – буква «Л» в маркировке литого сплава; **7** – пористый композиционный материал на медной основе (пористость 20-25%), поры наполнены маслом; имеет низкий коэффициент трения, высокую износостойкость; рабочая температура 80-90°C; **8** – пористый композиционный материал на железной основе (пористость 17-27%), поры наполнены маслом; имеет низкий коэффициент трения, высокую износостойкость; рабочая температура 100-150°C; **9** – перлитно-ферритная структура; **10** – добавка Cu; **11** – добавка ZnS; **12** – добавка Cu₂S;

Группа III – применяют для трибосопряжений, работающих в режиме сухого трения (дисковые и др. тормоза, муфты сцепления автомобилей, фрикционные узлы приборов); основным эксплуатационным свойством является стабильно высокий коэффициент трения; **14** – спеченные сплавы Fe-Cu-Ni-C (графит) с добавками W, Cr, Cu₂S, BaSO₄, получаемые методами порошковой металлургии.

Таблица 8.13. Специальные сплавы для образования паяных соединений (припои)

Припой	Схема маркировки	Марки
1. Оловянно-свинцовые ГОСТ 21930–76	ПОС+ЛЭ+%Sn+%ЛЭ	ПОС 90; ПОС 61; ПОС 40; ПОС 10; ПОССу 61-0,5 и др.
2. Оловянно-цинковые	ПОЦ+ЛЭ+%Sn+%ЛЭ	ПОЦ-90; ПОЦ-70; ПОЦ-60; ПОЦ-40
3. Медно-цинковые ГОСТ 23137–78	ПМЦ+%Cu	ПМЦ36; ПМЦ48; ПМЦ54
4. Латунни	Л+ЛЭ+%Cu+%ЛЭ;	Л63, Л68
5. Латунни	Zn - остальное	ЛК62-05, ЛКН56-03-6
6. Серебряные	ПСр+ЛЭ+%Ag+%ЛЭ	ПСр 72, ПСр 62, ПСр 50

7. Серебряные	ПСр+ЛЭ+%Ag+%ЛЭ	ПСрМЦН 55-31-12-2
8. Серебряные		ПСрМц 85-15, ПСрМНМц 65-28-2-5
<p>Применение: 1. Для пайки медных проводов, свинцовых кабельных оболочек, листового цинка. 2. Для пайки алюминиевых и магниевых сплавов. 3. Для пайки большинства металлов и сплавов. 4. Для пайки меди и стали. 5. Для пайки чугуна. 6. Для пайки и лужения меди, медных и медно-никелевых сплавов, никеля, нейзильбера, латуней и бронз. 7. Для пайки твердосплавных пластин при армировании режущего инструмента. 8. Кислотостойкие припой.</p>		

Таблица 8.14. Сплавы твердые спечённые ГОСТ 3882–74

Подгруппа	Схема маркировки	Марки
Сплавы WC–Co	B+K+%Co WC - остальное	1. BK3; BK4; BK6; BK8 2. BK10; BK15 3. BK20; BK25
Сплавы Ti–WC–Co	T+%TiC+K+%Co WC - остальное	4. T30K4; T15K6; T5K10
сплавы Ti–TaC–WC–Co	TT+% (TiC+TaC)+ K+%Co WC - остальное	5. TT7K12; TT8K6
<p>Применение: 1. для армирования режущего инструмента при обработке материалов, дающих прерывистую стружку; 2. для армирования волочильных досок и бурового инструмента; 3. для армирования штампового инструмента. 4. для армирования инструмента для высокоскоростного резания сталей; 5. для армирования инструмента для тяжелых условий резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок).</p>		

Таблица 8.15. Теплостойкость инструментальных материалов

Группа	ГОСТ	Марки	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$
Углеродистая сталь	1435–99	У7–У13	200-250
Легированная сталь	5950–2000	ХВГ, 9ХВГ, 9ХС, 6ХС	250-300
Быстрорежущая сталь	19265–73	P18, P9, P6M5	600-630
Твёрдый сплав	3882–74	BK3, BK25, T30K4, TT7K12	800-1000

Таблица 8.16. Типовая технология *ТО* стальных изделий и изделий из цветных сплавов

Группа: изделий, сплавов	Марка стали, сплава	Режимы ¹ ТО
<i>Конструкционные углеродистые и низколегированные стали</i>		
Силовые детали	Ст6, 30, 45 и др.	Полная закалка, вода; высокий отпуск, воздух.
	30X, 45X, 30XM и др.	Полная закалка, масло; высокий отпуск, вода ² или масло.
	30XГСНА, 40XГСНЗВА, 40XН2СМА и др.	Полная закалка, масло; низкий отпуск, воздух
	30XГСА, 40XН, 40XН2МА и др.	Термомеханическая обработка: ВТМО: Нагрев до аустенитного состояния, деформация 20-40% в аустенитном состоянии, закалка; низкий отпуск. НТМО: Нагрев до аустенитного состояния, переохлаждение аустенита до 400-600°C, деформация 50-90%; низкий отпуск.
Упругие детали	65, 70 и др.	Полная закалка, масло; средний отпуск, воздух.
	У10, У12 и др.	Неполная закалка, масло; средний отпуск, воздух.
	50ХФА и др.	Полная закалка, масло; средний отпуск, воздух.
<i>Инструментальные стали</i>		
Режущий и мерительный инструмент	У7, У8 и др.	Закалка: Неполная, нагрев в соляной ванне, охлаждение из воды в масло. Отпуск: низкий, воздух.
Инструмент сложной формы	ХВГ, 9ХС и др.	Закалка: неполная ступенчатая, нагрев в соляной ванне, охлаждение в расплаве щелочи. Отпуск: низкий, воздух
Штампы для холодного деформирования	Х12М, Х12Ф1 и др.	Закалка: Ступенчатая, медленный двухступенчатый нагрев под закалку в печи или соляной ванне, $t_{\text{зак}} = 1000-1030^\circ\text{C}$, охлаждение в расплаве щелочей. Отпуск: двойной $t_{\text{отп}} = 180-200^\circ\text{C}$ и $t_{\text{отп}} = 320-350^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе. Крепежную часть штампов дополнительно

Группа: изделий, сплавов	Марка стали, сплава	Режимы ¹ ТО
		отпускают при 600-700°C.
Штампы для горячего деформирования	7Х3; 5ХНМ; 5ХГН и др.	Закалка: нагрев под закалку в соляной ванне, $t_{\text{зак}} = 830-880^\circ\text{C}$, охлаждение в масле. Отпуск: $t_{\text{отп}} = 400-550^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе. Крепежную часть штампов дополнительно отпускают при 600-700°C.
Инструмент из быстрорежущей стали	P18, P6M5, P9M4K8 и др.	Закалка: нагрев под закалку в соляной ванне, $t_{\text{зак}} = 1200-1300^\circ\text{C}$, охлаждение в масле и расплаве соли при 500-600°C. Отпуск: трехкратный $t_{\text{отп}} = 550-570^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.

<i>Высоколегированные специальные стали</i>		
Мартенситные	40Х9С2, 40Х10С2М и др. – жаростойкие	$t_{\text{зак}} = 1000-1050^\circ\text{C}$, охлаждение в масле. $t_{\text{отп}} = 750-780^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.
	15Х11МФ, 20Х12ВНМФ и др. – жаропрочные	$t_{\text{зак}} = 1000-1050^\circ\text{C}$, охлаждение в масле. $t_{\text{отп}} > t_{\text{раб}}$, охлаждение на воздухе.
Мартенситно- старяющие	03Н18К9М5Т, 03Н12К15М5 и др.	$t_{\text{зак}} = 800-860^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе. Старение при температуре 480-520°C.
Ферритные	12Х17, 08Х17Т и др.	Термообработка без полиморфного превращения. Отжиг $t_{\text{отж}} = 760-780^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.
Аустенитные	12Х18Н10Т и др. – гомогенные	Термообработка без полиморфного превращения. Закалка – аустенизация $t_{\text{зак}} = 1050-1100^\circ\text{C}$, вода. Стабилизирующий отпуск $t_{\text{отп}} = 750^\circ\text{C}$, воздух.
	45Х14Н14В2М и др. – дисперсионно твердеющие	Термообработка без полиморфного превращения. Закалка – аустенизация $t_{\text{зак}} = 1050-1100^\circ\text{C}$, вода. Старение при 600-750°C.
Аустенитные метастабильные	25Н25М4Г, 30Х9Н8М4Г2С2 и	Термообработка без полиморфного превращения. Закалка – аустенизация

	др.	$t_{\text{зак}} = 1000\text{--}1100^{\circ}\text{C}$, вода. Обжигание 50–80% при температуре 400–600°C.
<i>Цветные сплавы</i>		
Al – сплавы	Дуралюмины (Д), ковочные (АК), высокопрочные (В), авиаль (АВ)	Закалка + старение: Д – $t_{\text{зак}} = 495\text{--}510^{\circ}\text{C}$, холодная вода; старение 190°C 10 час; АК – $t_{\text{зак}} = 505\text{--}520^{\circ}\text{C}$, вода; старение 150–165°C 6-15 час; В – $t_{\text{зак}} = 460\text{--}470^{\circ}\text{C}$, вода; старение 135–145°C 16час; АВ – $t_{\text{зак}} = 515\text{--}525^{\circ}\text{C}$, вода; старение 160°C 12час.
Cu – сплавы	Никель-кремнистые бронзы (БрКН), Бериллиевые бронзы (БрБ)	Закалка+старение: БрКН $t_{\text{зак}} = 800^{\circ}\text{C}$, вода; старение 500°C; БрБ – $t_{\text{зак}} = 770\text{--}780^{\circ}\text{C}$, вода; старение 300–350°C 2 час.
Mg – сплавы	МА5, МА11, МА12, МА14 МЛ4, МЛ5, МЛ6, МЛ8 и др.	Закалка+старение: нагрев под закалку 4–24 час; выдержка при старении 16–24 час. МА – $t_{\text{зак}} = 380\text{--}540^{\circ}\text{C}$, вода; старение 175–200°C; МЛ – $t_{\text{зак}} = 380\text{--}540^{\circ}\text{C}$, вода; старение 300–315°C.
($\alpha+\beta$) Ti – сплавы	BT3-1, BT9, BT14, BT22	Закалка: нагрев до ($\alpha+\beta$) области, вода; старение 480–550°C. ХТО: азотирование при 850–950°C 30–60 час. в атмосфере N ₂ .
Примечания: 1 - при указании вида закалки или отпуска соответствующий режим см. в таблицах 8.14, 8.15; 2 – легированные стали, подверженные отпускной хрупкости (30X, 35X, 38XA, 40X, 45X, 50Г2, 30ХГТ, 40ХФА и др), после высокого отпуска охлаждаются в воде.		

Таблица 8.17.

Виды и способы закалки

Наименование	Технологические параметры
1. Виды закалки	
По температуре нагрева под закалку	
1.1. Полная	$t_{\text{зак}} = A_{C3} + 50^{\circ}\text{C}$
1.2. Неполная	$t_{\text{зак}} = A_{C1} + 50^{\circ}\text{C}$
По глубине проникновения фазового превращения при нагреве под закалку	
1.3. Объемная	Сквозной прогрев детали до температуры закалки.

Наименование	Технологические параметры
	Глубина закаленного слоя детали определяется прокаливаемостью стали.
1.4. Поверхностная газопламенная	Изделие нагревается пламенем газовой горелки и немедленно охлаждается водой для получения мартенсита в поверхностном слое. Используется для крупногабаритных изделий и в полевых условиях.
1.5. Закалка ТВЧ	Изделие нагревается в индукторе токами высокой частоты (ТВЧ) и немедленно охлаждается спрейером (душевое устройство). Глубина закаленного слоя при нагреве ТВЧ определяется в основном частотой тока.
2. Способы закалки (по способу охлаждения от температуры закалки)	
2.1. В одном охладителе	До полного охлаждения изделие находится в одном охладителе (углеродистая сталь $d > 5$ мм охлаждается в воде, легированная сталь – в масле).
2.2. Прерывистая в двух средах	Деталь быстро охлаждается в воде до температуры $M_H + 100$ °С, затем переносится в масло или охлаждается на воздухе. Медленное охлаждение в мартенситном интервале способствует уменьшению внутренних напряжений.
2.3. Струйчатая	Охлаждение детали проводится струей воды в специальном душевом устройстве (спрейер).
2.4. С самоотпуском	Охлаждается только рабочая часть закаливаемого инструмента. Затем инструмент вынимают из воды и отпускают за счет тепла, аккумулированного в неохлажденной части изделия. Температура самоотпуска определяется по цветам побежалости изделия.
2.5. Ступенчатая	Первая стадия охлаждения происходит в соляной ванне при $t_{\text{среды}} > M_H$. После выдержки в ванне следует медленное охлаждение детали, при котором происходит мартенситное превращение.
2.6. Изотермическая	Закаливаемая деталь помещается в расплав соли с температурой 250–350 °С. Время выдержки в расплаве соли составляет 40–60 мин. (определяется временем изотермического распада аустенита). После выдержки медленное охлаждение.
2.7. Обработка холодом	Сразу после закалки изделие охлаждают до температур ниже M_K . Для получения отрицательных температур применяют специальные хладагенты (сухой лед, фреон и др.).
Назначение видов и способов закалки	

Назначение видов и способов закалки

- 1.1. Закалка из аустенитного состояния для доэвтектоидных сталей.
- 1.2. Закалка из аустенитно-цементитного состояния для заэвтектоидных сталей.
- 1.3. Для силовых деталей, работающих в условиях объемного нагружения.
- 1.4, 1.5. Получение твердого поверхностного слоя детали с сохранением вязкой сердцевины. Металл имеет высокую усталостную прочность за счет наличия в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия. Применяется для углеродистых (55ПП, 40, 45) и низколегированных сталей (40X, 45X, 40XH).
- 2.1. Для несложных деталей из углеродистых и легированных сталей. Наиболее простой способ закалки.
- 2.2. Для инструментальной стали. Способ закалки требует от термиста достаточной квалификации.
- 2.3. Закалка части детали. Обеспечивается более глубокая прокаливаемость стали, чем при закалке погружением в охладитель. Охлаждение при закалке ТВЧ.
- 2.4. Для ударного инструмента (зубила, кузнечный инструмент) для обеспечения плавного снижения твердости от режущей части к центру сечения и далее к хвостовой части инструмента.
- 2.5. Для деталей из углеродистой стали размером 10-12 мм, из легированной стали – 20-30 мм. Две ступени охлаждения позволяют снизить внутренние напряжения и деформацию изделия при закалке.
- 2.6. Для деталей сложной формы и больших размеров из легированной стали. После изотермической закалки сталь имеет несколько меньшую твердость, чем при других способах закалки, и повышенную пластичность.
- 2.7. Для уменьшения количества остаточного аустенита, получения максимальной твердости и стабилизации размеров (инструмент, цементованные детали, тела качения и кольца шарикоподшипников).

Таблица 8.18. Виды отпуска функциональных групп стальных изделий

Группа изделий (вид отпуска)	Режим отпуска, структура отпущенной стали *
Силовые детали (высокий)	$t_{\text{отп}} = 500\text{--}680^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{отп}} = 1\text{--}2$ часа для деталей небольшого сечения и $\tau_{\text{отп}} = 3\text{--}8$ часов для массивных деталей (валы, диски газовых турбин и др.). Охлаждение на воздухе или в воде (для некоторых легированных сталей, подверженных отпускной хрупкости II рода).
Упругие элементы (средний)	$t_{\text{отп}} = 350\text{--}450^{\circ}\text{C}$. $\tau_{\text{отп}} = 1\text{--}2$ часа. Охлаждение на воздухе.
Режущий и мерительный инструмент	$t_{\text{отп}} = 120\text{--}250^{\circ}\text{C}$. $\tau_{\text{отп}} = 0,5\text{--}2$ часа в зависимости от сечения инструмента. При $t_{\text{отп}} = 100\text{--}120^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{отп}} = 10\text{--}15$ часов.

Группа изделий (вид отпуска)	Режим отпуска, структура отпущенной стали *
(низкий)	
Примечание: * температурно-временной режим отпуска указан для изделий из углеродистой стали.	

Библиографический список

1. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 648 с.
2. Материаловедение и технология металлов. /Г.П.Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.; Под ред. Г.П.Фетисова. М.: Высшая школа, 2002. – 638 с.
3. Гуляев А.П. Материаловедение. М.: Металлургия, 1977. – 647 с.
4. Марочник сталей и сплавов. /А.С.Зубченко, М.М.Колосков, Ю.В.Каширский и др.; Под общ. ред А.С.Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003. – 484 с.
5. Ржевская С.В. Материаловедение: Учеб. для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2004. – 2004. – 424 с.
6. Блантер М.Е. Материаловедение и термическая обработка. М.: Машгиз, 1963. – 416 с.
7. Геллер А.Ю., Рахштадт Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. М.: Металлургия, 1984. – 384 с.

8. Марочник сталей и сплавов/ В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А.Вяткин и др.; под общ. ред. В.Г.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
9. Сафонов Б.П. Инженерное материаловедение. Сборник задач и справочных материалов. Учебное пособие. 4-е изд., стереотипное. / РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт. Новомосковск, 2012. – 140 с.
10. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	4
1. Индивидуальное задание №1 к лабораторной работе «Испытание сталей на растяжение».....	6
1.1. Содержание индивидуального задания №1.....	6
1.2. Варианты индивидуального задания №1.....	7
1.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №1.....	10
2. Индивидуальное задание №2 к лабораторной работе «Определение твёрдости металлов и сплавов».....	12
2.1. Содержание индивидуального задания №2.....	12
2.2. Варианты индивидуального задания №2.....	15
2.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №2.....	21
3. Индивидуальное задание №3 к лабораторной работе	

«Определение ударной вязкости стали. Определение порога хладноломкости».....	26
.....	
3.1. Содержание индивидуального задания №3.....	26
3.2. Варианты индивидуального задания №3.....	28
3.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №3.....	31
4. Индивидуальное задание №4 к лабораторной работе «Определение критических точек двойного сплава».....	35
4.1. Содержание индивидуального задания №4.....	35
4.2. Варианты индивидуального задания №4.....	40
4.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №4.....	41
5. Индивидуальное задание №5 к лабораторной работе «Построение диаграммы состояния двойной системы».....	52
5.1. Содержание индивидуального задания №5.....	52
5.2. Варианты индивидуального задания №5.....	54
5.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №5.....	55
6. Индивидуальное задание №6 к лабораторной работе «Микроскопическое исследование сталей и чугунов в равновесном состоянии».....	63
6.1. Содержание индивидуального задания №6.....	63
6.2. Варианты индивидуального задания №6.....	63
6.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №6.....	63
7. Индивидуальное задание №7 к лабораторной работе «Закалка и отпуск стали».....	65
7.1. Содержание индивидуального задания №7.....	65
7.2. Варианты индивидуального задания №7.....	66
7.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №7.....	68
8. Индивидуальное задание №8 к лабораторной работе «Сертификация промышленных сплавов».....	74
8.1. Содержание индивидуального задания №8.....	74
8.2. Варианты индивидуального задания №8.....	75
8.3. Дополнительные сведения для выполнения индивидуального задания №8.....	81
Библиографический список.....	98

Учебное издание

