

## СОДЕРЖАНИЕ

8. Стрoение и свойства элементов ( <i>Ю. А. Рахштадт</i> ) . . . . .	8
8.1. Современная Периодическая система химических элементов . . . . .	8
8.2. Атомные свойства химических элементов . . . . .	8
8.3. Электронные оболочки атомов . . . . .	13
8.4. Внешние электронные конфигурации атомов элементов Периодической системы Д. И. Менделеева . . . . .	14
8.5. Распространенность элементов в земной коре по данным А. П. Виноградова и Мейсона (мощность 16 км, без океана и атмосферы) . . . . .	15
8.6. Ионизационные свойства химических элементов . . . . .	16
8.7. Коррозийная стойкость металлов в зависимости от их расположения в Периодической системе . . . . .	20
8.8. Трансляционные группы — решетки Бравэ . . . . .	20
8.9. Основные элементы симметрии и их обозначения . . . . .	20
8.10. Кристаллические системы (или сингонии) . . . . .	20
8.11. Кристаллографические свойства химических элементов . . . . .	22
8.12. Термодинамические свойства химических элементов . . . . .	34
8.13. Электрические и магнитные свойства химических элементов . . . . .	38
8.14. Некоторые свойства сверхпроводящих химических элементов . . . . .	43
8.15. Вязкость и поверхностное натяжение металлов при температуре плавления . . . . .	43
8.16. Упругие свойства химических элементов . . . . .	44
8.17. Коэффициенты трения различных металлов . . . . .	46
Библиографический список . . . . .	46
9. Физические методы исследования (тепловые, объемные, электрические, магнитные) ( <i>Б. Г. Лившиц, А. С. Лилеев</i> ) . . . . .	47
9.1. Тепловые свойства . . . . .	47
9.1.1. Теплосодержание (энтальпия) и теплоемкость . . . . .	47
9.1.2. Методы измерения теплосодержания (энтальпии) и теплоемкости . . . . .	49
9.1.3. Теплопроводность и методы ее измерения . . . . .	54
9.1.4. Методы измерения теплопроводности . . . . .	57
9.1.5. Термический анализ . . . . .	62
9.1.6. Применение методов измерения тепловых свойств при исследовании металлов и сплавов . . . . .	64
9.2. Плотность и термическое расширение . . . . .	66
9.2.1. Плотность и методы ее измерения . . . . .	66
9.2.2. Термическое расширение и температурный коэффициент линейного расширения . . . . .	68
9.2.3. Методы измерения коэффициента линейного расширения . . . . .	69
9.2.4. Применение методов измерения плотности и термического расширения при исследовании металлов и сплавов . . . . .	72
9.3. Электрические свойства . . . . .	74
9.3.1. Электрические свойства металлов . . . . .	74
9.3.2. Методы измерения электрических свойств . . . . .	78
9.3.3. Термоэлектрические, гальваномагнитные и термомагнитные свойства . . . . .	80
9.3.4. Методы измерения термоэлектрических, гальваномагнитных и магнитоэлектрических свойств . . . . .	83
9.3.5. Применение методов измерения электрических свойств при исследовании металлов и сплавов . . . . .	85
9.4. Магнитные свойства . . . . .	92
9.4.1. Классификация магнетиков . . . . .	93
9.4.2. Измерение пара- и диамагнитной восприимчивости . . . . .	100
9.4.3. Ферромагнитные свойства и методы их измерения . . . . .	101
9.4.4. Измерение магнитных свойств в переменных полях . . . . .	107
9.4.5. Применение методов измерения магнитных свойств при исследовании металлов и сплавов . . . . .	110
Библиографический список . . . . .	114

<b>10. Физические методы исследования поверхностей в металлах (Б. С. Божитейн)</b> . . . . .	116
10.1. Введение . . . . .	116
10.2. Принципы методов и их особенности . . . . .	117
10.3. Аналитические характеристики и сравнение методов . . . . .	124
10.4. Некоторые методические и конструктивные требования . . . . .	127
10.5. Примеры применения . . . . .	129
10.5.1. Сегрегация примесей . . . . .	129
10.5.2. Коррозия и окисление . . . . .	132
Библиографический список . . . . .	132
<b>11. Мессбауэровская (ЯГР) спектроскопия (Б. С. Божитейн)</b> . . . . .	133
11.1. Введение . . . . .	133
11.2. Сущность эффекта . . . . .	134
11.3. Методика съемки ЯГР-спектров поглощения . . . . .	136
11.4. Параметры спектров и методика их определения . . . . .	139
11.4.1. Сверхтонкая структура спектра . . . . .	139
11.4.2. Изомерный сдвиг положения линии . . . . .	141
11.4.3. Ширина линии . . . . .	142
11.4.4. Высота линии . . . . .	143
11.5. Некоторые применения ЯГР-спектроскопии . . . . .	144
11.5.1. Электронная структура . . . . .	145
11.5.2. Аналитические применения (фазовый и химический анализ) . . . . .	146
11.5.3. Фазовые превращения и упорядочение . . . . .	147
11.5.4. Динамика решетки . . . . .	150
11.5.5. Дефекты и диффузия . . . . .	153
Библиографический список . . . . .	154
<b>12. Методы исследования структуры и свойств аморфных металлов (Б. В. Молотилов, А. М. Глевер)</b> . . . . .	155
12.1. Введение . . . . .	155
12.2. Классификация аморфных сплавов . . . . .	159
12.3. Структурные исследования аморфных сплавов . . . . .	160
12.4. Исследование тепловых свойств аморфных сплавов . . . . .	169
12.5. Исследование механических свойств аморфных сплавов . . . . .	170
12.6. Исследование магнитных свойств аморфных сплавов . . . . .	175
Библиографический список . . . . .	177
<b>13. Радиоспектроскопия (Ю. Я. Лилеева)</b> . . . . .	177
13.1. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) . . . . .	177
13.1.1. Ширина спектра ЯМР и времени релаксации . . . . .	177
13.1.2. Сдвиг резонансной частоты . . . . .	182
13.2. Квадрупольные эффекты и квадрупольный резонанс . . . . .	185
13.3. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) . . . . .	187
13.4. Метод двойного резонанса . . . . .	188
13.5. Ферромагнитный и антиферромагнитный резонансы . . . . .	189
13.6. Практическое применение методов спектроскопии . . . . .	191
13.7. Приложение . . . . .	196
Библиографический список . . . . .	197
<b>14. Сведения о механических свойствах металлов (Я. Б. Фридман)</b> . . . . .	199
14.1. Деформация и разрушение . . . . .	199
14.2. Основные стадии процесса деформации . . . . .	199
14.3. Основные закономерности упругой, пластической деформации и разрушения . . . . .	200
14.4. Хрупкое и пластичное состояние материалов . . . . .	203
14.5. Характеристики механических свойств металлов . . . . .	204

14.6. Связь между различными механическими свойствами . . . . .	206
Библиографический список . . . . .	208
<b>15. Испытания металлов при статическом однократном нагружении</b> (Б. А. Дровдовский) . . . . .	209
15.1. Испытание на растяжение . . . . .	209
15.1.1. Машины для испытания на растяжение (ГОСТ 7855—68) . . . . .	209
15.1.2. Образцы для испытания на растяжение . . . . .	210
15.1.3. Диаграммы деформации при растяжении . . . . .	212
15.1.4. Характеристики прочности при растяжении и их определение . . . . .	213
15.1.4.1. Модуль упругости . . . . .	213
15.1.4.2. Предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}} = P_{\text{пц}}/F_0$ . . . . .	213
15.1.4.3. Предел упругости $\sigma_{0,05} = P_{0,05}/F_0$ . . . . .	214
15.1.4.4. Предел текучести (физический) $\sigma_{\text{T}} = P_{\text{T}}/F_0$ . . . . .	215
15.1.4.5. Предел текучести (условный) $\sigma_{0,2} = P_{0,2}/F_0$ . . . . .	215
15.1.4.6. Предел прочности (временное сопротивление) $\sigma_{\text{в}}$ . . . . .	215
15.1.4.7. Истинное сопротивление разрыву $S_{\text{R}}$ . . . . .	215
15.1.5. Характеристики пластичности и их определение . . . . .	216
15.1.5.1. Относительное удлинение образца после разрыва $\delta$ . . . . .	216
15.1.5.2. Относительное сужение поперечного сечения образца после разрыва $\psi$ . . . . .	216
15.1.5.3. Определение пластичности на малой базе с помощью делительных сеток . . . . .	216
15.1.6. Испытания на растяжение при температурах, отличных от комнатной . . . . .	218
15.1.6.1. Испытания при повышенных температурах — до 1200 °С (ГОСТ 9651—84) . . . . .	218
15.1.6.2. Испытания при температурах от минус 100 до минус 269 °С (ГОСТ 22706—77) . . . . .	218
15.2. Испытание на двухосное растяжение . . . . .	218
15.3. Испытание на сжатие (ГОСТ 2055—81; ГОСТ 25503—80) . . . . .	223
15.4. Испытание на изгиб . . . . .	226
15.5. Испытание на кручение (ГОСТ 3865—80) . . . . .	228
15.6. Испытание на растяжение с кручением . . . . .	229
15.7. Определение твердости . . . . .	231
15.7.1. Определение твердости по Бринеллю вдавливанием шарика (ГОСТ 9012—59) . . . . .	231
15.7.2. Определение твердости по Бринеллю переносным твердомером статического действия (ГОСТ 22761—77) . . . . .	232
15.7.3. Определение твердости вдавливанием конуса или пирамиды . . . . .	235
15.7.3.1. Метод Кубасова . . . . .	235
15.7.3.2. Метод Виккерса (ГОСТ 2999—75) . . . . .	235
15.7.4. Определение твердости по Роквеллу вдавливанием шарика или конуса с предварительным нагружением и измерением глубины отпечатка (ГОСТ 9013—59) . . . . .	236
15.7.5. Ориентировочный взаимный перевод значений твердости . . . . .	236
15.7.6. Определение микротвердости (ГОСТ 9450—71) . . . . .	238
15.8. Испытание на выдавливание листов и лент (метод Эриксона). ГОСТ 1050—74 . . . . .	241
Библиографический список . . . . .	242
<b>16. Методы определения модулей упругости металлов</b> (А. Г. Рахитадт, Е. Е. Попова) . . . . .	243
16.1. Закон Гука. Константы упругости и модули упругости материалов . . . . .	243
16.2. Методы определения модулей упругости . . . . .	256
16.2.1. Статические методы определения МУ . . . . .	257
16.2.2. Динамические методы определения МУ . . . . .	260
Библиографический список . . . . .	272
<b>17. Динамические испытания металлов при однократном нагружении</b> (Б. А. Дровдовский) . . . . .	272

17.1. Динамические испытания и их назначение . . . . .	272
17.2. Испытания стандартных образцов на изгиб . . . . .	274
17.2.1. Маятниковые копры для испытания ударом стандартных образцов (ГОСТ 9454—78, ГОСТ 10708—76) . . . . .	274
17.2.2. Разделение ударной вязкости на составляющие и влияние на них остроты надреза . . . . .	281
17.2.3. Стандартные образцы для обычных ударных испытаний . . . . .	283
17.2.4. Испытание стандартных образцов с надрезом и с трещиной при температуре от —100 до 1000 °С (ГОСТ 9454—78) . . . . .	287
17.2.5. Испытание образцов с трещиной на статический изгиб (ОСТ 1-90012—88) . . . . .	288
17.3. Высокоскоростные машины для динамических испытаний . . . . .	290
17.3.1. Машина «Гидропулос» фирмы «Schenk» (ФРГ) . . . . .	290
17.3.2. Машина МТС (МТС) . . . . .	291
17.3.3. Использование обычных статических универсальных машин для динамических испытаний . . . . .	292
17.4. Определение динамической твердости . . . . .	294
17.5. Способы оценки хладноломкости (хладостойкости) . . . . .	295
17.5.1. Построение серийных кривых ударной вязкости в зависимости от температуры испытаний . . . . .	295
17.5.2. Испытание падающим грузом (ИПГ) . . . . .	297
17.5.3. Испытание взрывом . . . . .	298
17.5.4. Оценка температуры остановки трещины . . . . .	299
17.5.5. Построение диаграммы анализа разрушения (ДАР) (диаграммы Пеллини) . . . . .	299
17.5.6. Сопоставление различных методов оценки хладноломкости . . . . .	302
Библиографический список . . . . .	304
<b>18. Циклические испытания механических свойств (Л. М. Школьник)</b> . . . . .	<b>305</b>
18.1. Основные понятия . . . . .	305
18.2. Построение кривой усталости и определение предела выносливости; типы образцов . . . . .	310
18.3. Малоцикловые, высокочастотные, контактные, коррозионно-механические, ударные и термические циклические испытания . . . . .	316
18.4. Оценка циклической трещиностойкости . . . . .	318
18.5. Испытания деталей и их моделей . . . . .	323
Библиографический список . . . . .	324
<b>19. Определение сопротивления разрушению (О. Н. Романив)</b> . . . . .	<b>324</b>
19.1. Общие сведения о сопротивлении разрушению и методах его оценки . . . . .	324
19.2. Методы интегральной оценки сопротивления разрушению . . . . .	326
19.3. Испытания на статическую трещиностойкость (вязкость разрушения) . . . . .	328
19.4. Вязкость разрушения конструкционных сталей . . . . .	333
19.5. Оценка трещиностойкости при циклическом нагружении . . . . .	339
19.6. Циклическая трещиностойкость сталей . . . . .	342
19.7. Длительная статическая и циклическая трещиностойкость. Учет воздействия рабочих сред . . . . .	345
19.8. Фрактографическая оценка сопротивления разрушению . . . . .	349
Библиографический список . . . . .	350
<b>20. Специальные испытания (Ю. Г. Векслер, Б. Г. Коршунов)</b> . . . . .	<b>350</b>
20.1. Испытания на жаростойкость . . . . .	350
20.1.1. Испытания на ползучесть (ГОСТ 3248—81) . . . . .	352
20.1.2. Испытания на длительную прочность (ГОСТ 10145—81) . . . . .	355
20.1.3. Испытания на релаксацию напряжений (ГОСТ 26007—83) . . . . .	357
20.2. Испытания на коррозию . . . . .	360
20.2.1. Характеристика коррозионных процессов . . . . .	360
20.2.2. Методы коррозионных испытаний . . . . .	369
20.3. Испытания на кавитационную стойкость и в газовых потоках . . . . .	379

20.4. Испытания металлов на износостойкость при трении . . . . .	387
20.4.1. Основные положения науки о внешнем трении твердых тел . . . . .	387
20.4.2. Изнашивание металлов при трении . . . . .	389
20.4.3. Структурные превращения металлов при трении . . . . .	394
20.4.4. Требования, предъявляемые к износостойким материалам . . . . .	398
20.5. Методы определения жаростойкости (Н. Ф. Шур) . . . . .	410
Библиографический список . . . . .	411
<b>21. Контроль качества металлопроката на машиностроительном предприя-</b> <b>тии (В. Д. Кальнер, В. И. Пустовалов) . . . . .</b>	<b>413</b>
21.1. Общие представления о качестве металлопроката . . . . .	413
21.1.1. О понятии «Металлургическое качество» в машиностроении . . . . .	415
21.1.2. Технологические критерии качества при входном контроле . . . . .	416
21.1.3. Специальные требования к качеству металлопроката . . . . .	416
21.1.4. Металлургические факторы, обеспечивающие выполнение специаль- ных требований машиностроителей . . . . .	420
21.2. Структура и порядок проведения входного контроля металлопро- ката на машиностроительном предприятии . . . . .	423
21.3. Современные методы и средства неразрушающего контроля и их использование для оценки качества металлопроката . . . . .	425
21.4. Дефектоскопы, применяемые для контроля металлопродукции . . . . .	436
21.4.1. Магнитопорошковые дефектоскопы . . . . .	436
21.4.2. Электромагнитные (токовихревые) структуроскопы . . . . .	439
21.4.3. Электромагнитные дефектоскопы для контроля дефектов в виде несплошностей на деталях и заготовках из ферромагнитных и неферромагнитных материалов . . . . .	440
21.4.4. Приборы для ультразвукового контроля . . . . .	441
21.4.5. Рентгеновские аппараты для дефектоскопии . . . . .	443
21.5. Оценка результатов контроля качественных показателей металло- проката применительно к его назначению . . . . .	445
Библиографический список . . . . .	446
Послесловие (С. П. Ефименко) . . . . .	447
Предметный указатель . . . . .	455