

# О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>Предисловие</b> .....	13
<b>Глава первая. ТЕРМИНОЛОГИЯ</b> .....	15
<b>Глава вторая. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ</b> .....	32
Испытание на изгиб .....	32
Испытание на ползучесть .....	32
Испытание на усталость .....	33
Прокаливаемость .....	34
Измерение твердости .....	36
Испытание на удар .....	40
Испытание на растяжение .....	43
<b>Глава третья. ЖЕЛЕЗНЫЕ СПЛАВЫ</b> .....	46
<b>3.1. Материалы</b> .....	46
Сплавы .....	46
Легированные стали .....	46
Углеродистые стали .....	47
Литейные чугуны .....	48
Автоматные стали .....	49
Мартенситно-стареющие стали .....	49
Нержавеющие стали .....	49
Инструментальные стали .....	50
<b>3.2. Коды и составы сплавов</b> .....	51
Системы кодирования углеродистых сталей .....	51
Системы кодирования литейных чугунов .....	51
Системы кодирования нержавеющей сталей .....	52
Американская система кодирования сталей .....	52
Британская система кодирования сталей .....	54
Системы кодирования инструментальных сталей .....	57
Составы легированных сталей .....	58
Составы углеродистых сталей .....	59
Составы литейных чугунов .....	60
Составы автоматных сталей .....	63
Составы мартенситно-старееющих сталей .....	63
Составы нержавеющей сталей .....	64
Составы инструментальных сталей .....	65
<b>3.3. Термическая обработка</b> .....	67
Отжиг .....	67
Науглероживание .....	69
Азотирование .....	69

	Поверхностное упрочнение . . . . .	69
	Закалка с последующим отпуском . . . . .	69
<b>3.4.</b>	<b>Свойства сталей</b> . . . . .	70
	Параметры ползучести . . . . .	70
	Удельное электрическое сопротивление . . . . .	71
	Усталость . . . . .	71
	Твердость . . . . .	71
	Ударные свойства . . . . .	71
	Обрабатываемость на станках . . . . .	72
	Механические свойства легированных сталей . . . . .	74
	Механические свойства углеродистых сталей . . . . .	77
	Механические свойства литейных чугунов . . . . .	80
	Механические свойства автоматных сталей . . . . .	83
	Механические свойства мартенситно-старееющих сталей . . . . .	84
	Механические свойства нержавеющей сталей . . . . .	84
	Сопротивление коррозии . . . . .	86
	Критическое сечение . . . . .	86
	Плотность . . . . .	87
	Тепловые свойства . . . . .	87
	Свойства инструментальных сталей . . . . .	88
<b>3.5.</b>	<b>Применение сталей и чугунов</b> . . . . .	92
	Применение легированных сталей . . . . .	92
	Применение углеродистых сталей . . . . .	93
	Применение литейных чугунов . . . . .	94
	Применение нержавеющей сталей . . . . .	95
	Применение инструментальных сталей . . . . .	96
	<b>Глава четвертая. АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ</b> . . . . .	100
<b>4.1.</b>	<b>Материалы</b> . . . . .	100
	Алюминий . . . . .	100
	Сплавы алюминия . . . . .	100
	Литейные сплавы . . . . .	101
	Ковкие сплавы . . . . .	102
<b>4.2.</b>	<b>Коды и составы сплавов</b> . . . . .	104
	Системы кодирования составов литейных сплавов . . . . .	104
	Системы кодирования составов ковких сплавов . . . . .	105
	Системы кодирования твердости сплавов . . . . .	106
	Составы литейных сплавов . . . . .	107
	Составы ковких сплавов . . . . .	109
<b>4.3.</b>	<b>Термическая обработка</b> . . . . .	110
	Отжиг . . . . .	110
	Термическая обработка литейных сплавов . . . . .	110
	Термическая обработка ковких сплавов . . . . .	112

<b>4.4. Свойства сплавов</b> .....	113
Плотность .....	113
Электрические свойства .....	113
Технологические свойства .....	115
Усталостные свойства .....	117
Обрабатываемость на станках .....	117
Механические свойства литейных сплавов .....	117
Механические свойства ковких сплавов .....	119
Тепловые свойства .....	122
Свариваемость сплавов .....	123
<b>4.5. Применение сплавов</b> .....	123
Формы материала .....	123
Применение литейных сплавов .....	124
Применение ковких сплавов .....	125
Глава пятая. <b>МЕДЬ</b> .....	127
<b>5.1. Материалы</b> .....	127
Медь .....	127
Медные сплавы .....	128
Латуни .....	132
Оловянные бронзы .....	132
Алюминиевые бронзы .....	133
Бериллиевые бронзы .....	133
Кремнистые бронзы .....	133
Медно-никелевые сплавы .....	133
<b>5.2. Коды и составы сплавов</b> .....	134
Системы кодирования составов .....	134
Системы кодирования твердости сплавов .....	136
Составы литейных сплавов .....	138
Составы ковких сплавов .....	141
<b>5.3. Термическая обработка</b> .....	145
Отжиг .....	145
Преципитатное твердение .....	146
Закалка и отпуск .....	146
Снятие напряжения .....	146
<b>5.4. Свойства сплавов</b> .....	146
Пайка твердым припоем .....	146
Параметры ползучести .....	146
Плотность .....	147
Электрическая проводимость .....	147
Усталостные свойства .....	147
Твердость .....	148
Ударные свойства .....	148
Обрабатываемость на станках .....	148
Механические свойства литейных сплавов .....	149
Механические свойства ковких сплавов .....	152

---

Паяемость	157
Тепловые свойства	157
Свариваемость	158
<b>5.5. Применение меди и сплавов</b>	159
Формы материала	159
Применение литейных сплавов	163
Применение ковких сплавов	166
<b>Глава шестая. МАГНИЙ</b>	170
<b>6.1. Материалы</b>	170
Магний	170
Магниево-алюминиевые сплавы	170
<b>6.2. Коды и составы сплавов</b>	171
Системы кодирования составов	171
Системы кодирования твердости сплавов	172
Составы литейных сплавов	173
Составы ковких сплавов	173
<b>6.3. Термическая обработка</b>	174
Отжиг	174
Термическая обработка на твердый раствор и старение	174
Снятие напряжения	175
<b>6.4. Свойства сплавов</b>	175
Плотность	175
Электрические свойства	175
Усталостные свойства	175
Механические свойства литейных сплавов	176
Механические свойства ковких сплавов	176
Тепловые свойства	177
Свариваемость	177
<b>6.5. Применение литейных и ковких сплавов</b>	178
Формы литья	178
Применение литейных сплавов	178
Применение ковких сплавов	179
<b>Глава седьмая. НИКЕЛЬ</b>	180
<b>7.1. Материалы</b>	180
Никель	180
Сплавы	180
<b>7.2. Коды и составы сплавов</b>	181
Системы кодирования никелевых сплавов	181
Составы никеля и сплавов	183
<b>7.3. Термическая обработка</b>	184
Отжиг	184

	Обработка на твердый раствор и дисперсионная обработка .....	184
	Снятие напряжения .....	185
<b>7.4.</b>	<b>Свойства</b> .....	185
	Параметры ползучести .....	185
	Плотность .....	186
	Электрическое удельное сопротивление .....	186
	Усталостные свойства .....	186
	Механические свойства литейных сплавов .....	186
	Механические свойства ковких сплавов .....	187
	Предел окисления .....	189
	Тепловые свойства .....	189
<b>7.5.</b>	<b>Применение никелевых сплавов</b> .....	189
	Формы материала .....	189
	Применение ковких и литейных сплавов .....	190
	Глава восьмая. <b>ТИТАН</b> .....	192
<b>8.1.</b>	<b>Материалы</b> .....	192
	Титан .....	192
	Титановые сплавы .....	192
<b>8.2.</b>	<b>Коды и составы сплавов</b> .....	193
	Системы кодирования составов .....	193
	Составы .....	194
<b>8.3.</b>	<b>Термическая обработка</b> .....	194
	Отжиг .....	194
	Обработка на твердый раствор и дисперсионная обработка .....	195
	Снятие напряжения .....	195
<b>8.4.</b>	<b>Свойства сплавов</b> .....	196
	Параметры ползучести .....	196
	Плотность .....	197
	Электрическое удельное сопротивление .....	197
	Усталостные свойства .....	197
	Вязкость разрушения .....	197
	Твердость .....	197
	Ударные свойства .....	198
	Обрабатываемость на станках .....	198
	Механические свойства .....	199
	Тепловые свойства .....	200
	Свариваемость .....	201
<b>8.5.</b>	<b>Применение и формы изделий из титана и его сплавов</b> .....	201
	Формы изделий .....	201
	Применение титана и его сплавов .....	202

---

Глава девятая. <b>ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b> . . . . .	204
<b>9.1. Материалы</b> . . . . .	204
Типичные полимеры . . . . .	204
Эластомеры . . . . .	204
Термореактивные пластмассы (реактопласты) . . . . .	205
Термопластичные пластмассы (термопласты) . . . . .	205
<b>9.2. Полимерные структуры</b> . . . . .	206
Наполнители . . . . .	206
Кристалличность . . . . .	206
Структура полимеров . . . . .	207
Структура и свойства полимеров . . . . .	210
<b>9.3. Коды и компоненты полимеров</b> . . . . .	211
Системы кодирования полимеров . . . . .	211
Состав . . . . .	213
<b>9.4. Свойства</b> . . . . .	213
Химические свойства . . . . .	213
Свойства ползучести . . . . .	215
Плотность . . . . .	215
Электрические свойства . . . . .	217
Вязкость разрушения . . . . .	218
Температуры стеклования . . . . .	218
Твердость . . . . .	219
Ударные свойства . . . . .	220
Механические свойства . . . . .	220
Оптические свойства . . . . .	222
Проницаемость . . . . .	223
Упругость . . . . .	223
Тепловые свойства . . . . .	223
<b>9.5. Применение и методы изготовления</b> . . . . .	225
Методы изготовления . . . . .	225
Применение полимеров . . . . .	226
Глава десятая. <b>КЕРАМИКИ</b> . . . . .	229
<b>10.1. Материалы</b> . . . . .	229
Керамики . . . . .	229
Технические керамики . . . . .	229
Стекла . . . . .	230
Огнеупоры . . . . .	230
<b>10.2. Коды</b> . . . . .	231
Системы кодирования связанных карбидов . . . . .	231
<b>10.3. Свойства</b> . . . . .	233
Плотность . . . . .	233
Электрические свойства . . . . .	233
Механические свойства алюминиевых керамик . . . . .	233
Механические свойства связанных карбидов . . . . .	233

---

Механические свойства стекол .....	234
Тепловые свойства связанных карбидов .....	234
<b>10.4. Применение керамических материалов .....</b>	<b>235</b>
Применение алюминиевых керамик .....	235
Применение связанных карбидов .....	235
Применение стекол .....	236
<b>Глава одиннадцатая. КОМПОЗИТЫ .....</b>	<b>237</b>
<b>11.1. Материалы .....</b>	<b>237</b>
Типы композитов .....	237
Волокнистые композиционные материалы .....	237
Армированные частицами материалы .....	238
Дисперсно-упрочненные композиционные материалы .....	239
<b>11.2. Механические свойства .....</b>	<b>240</b>
Механические свойства волокнистых композиционных материалов .....	240
Механические свойства древесины .....	242
<b>Глава двенадцатая. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА .....</b>	<b>243</b>
<b>12.1. Электрическая проводимость .....</b>	<b>243</b>
Проводники .....	243
Полупроводники .....	244
Диэлектрики .....	246
<b>12.2. Свойства .....</b>	<b>247</b>
Электропроводность .....	247
Ширина запрещенной зоны полупроводников .....	249
Свойства диэлектриков .....	250
<b>Глава тринадцатая. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА .....</b>	<b>251</b>
<b>13.1. Терминология .....</b>	<b>251</b>
<b>13.2. Магнитные свойства магнитных материалов .....</b>	<b>253</b>
<b>Глава четырнадцатая. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА .....</b>	<b>255</b>
<b>14.1. Статическая прочность .....</b>	<b>255</b>
<b>14.2. Жесткость .....</b>	<b>258</b>
<b>14.3. Сопротивление усталости .....</b>	<b>260</b>
<b>14.4. Ударная вязкость .....</b>	<b>260</b>
<b>14.5. Ползучесть и температурное сопротивление .....</b>	<b>261</b>
<b>14.6. Критерий отбора материала .....</b>	<b>263</b>
<b>Глава пятнадцатая. СОПРОТИВЛЕНИЕ КОРРОЗИИ И ИЗНОСУ .....</b>	<b>264</b>
<b>15.1. Сопротивление коррозии .....</b>	<b>264</b>

---

15.2. Коррозия разнородных металлов	267
15.3. Подбор материалов по сопротивлению износу	269
Глава шестнадцатая. ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА	271
16.1. Термины	271
16.2. Тепловые свойства	272
Глава семнадцатая. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ	274
17.1. Требования к выбору материала	274
Свойства материалов	274
Параметры переработки	275
Ассортимент	275
Стоимость материала	275
17.2. Критерий отбора материала	275
Идентификация критических свойств	276
Оценка достоинства	277
Стоимость материала на единицу свойства	277
17.3. Относительная стоимость материалов	277
17.4. Стоимость энергии	279
Глава восемнадцатая. АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ	280
18.1. Элементы	280
18.2. Конструкционные металлы	283
18.3. Технические полимеры	286
18.4. Технические керамики	289
Глава девятнадцатая. ВЫБОР ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	291
19.1. Процессы и выбор материала	291
19.2. Конечный вид поверхности	292
19.3. Характеристики процессов формования металла	293
Литье металлов	293
Виды формования материалов	296
Порошковые процессы	297
Механическая обработка металлов	298
Процессы соединения материалов	300
19.4. Характеристики процессов формования полимеров	301
19.5. Расходы на процессы	304
Приложение: Единицы размерностей	306
Предметный указатель	310



## Предисловие

Цель этой книги состоит в том, чтобы дать инженерам и студентам дешевый и краткий, карманного формата, справочник по материалам, применяемым в технике, таким, как сплавы на железной основе, цветные металлы, полимеры, керамика и композитные материалы. Такой она была задумана в первом издании, выдержана во втором и настоящем третьем издании. Во втором издании текст был расширен, в него были включены дополнительные главы. Третье издание отличается от второго включением Главы 19 «Выбор процессов изготовления». Книга может быть полезной, в частности, студентам, занятым проектной работой. Очевидно, что ни книга этого размера, ни большего формата и с более подробным изложением не может быть совершенно исчерпывающей, настолько широк диапазон проблем. Поэтому выбор материалов ограничен большей частью теми, с которыми обычно сталкиваются специалисты в технике, и в основном рассматриваются те их свойства, которые относятся к применению. Справочник не претендует на то, чтобы заменить большие подробные спецификации, имеющиеся в национальных и международных группах стандартов.

В помощь читателю для информации о свойствах материалов в Главе 1 приводится краткое описание необходимых терминов, с которыми он столкнется в этой книге. В Главе 2 излагаются основные методы испытаний материалов. В Приложении даны переводные коэффициенты и таблицы для различных единиц размерностей, применяемых в описании свойств материалов. Главы 3...11 посвящены свойствам следующих основных технических материалов: сплавы на железной основе, алюминий, медь, магний, никель, титан и сплавы на их основе, полимеры, керамика и композитные материалы. Как правило, главы разбиваются на пять следующих разделов: обсуждение материалов, детали кодирования систем и составов, информация о тепловой обработке, свойства материалов и типичные области их применения. Коды и данные приведены для двух стандартов — американского и британского. Для помощи читателю в выборе материала в Главах 12...16 разделы сгруппированы по следующим его свойствам: электрическим, магнитным, механическим, тепловым, сопротивлению коррозии и износу. В Главе 18 обсуждаются характеристики процессов, которые можно применять для получения различных форм изделий. Глава 19 посвящена выбору процессов.

Кроме того, в Приложении даны переводные коэффициенты и таблицы различных единиц размерности, применяемых в описании свойств материалов, а также предметный указатель.

Книга имеет отношение, по существу, к свойствам материалов, и данные научного характера приводятся очень кратко. Для

получения дополнительной информации читателю рекомендуем воспользоваться следующими учебниками<sup>1</sup>:

Anderson J.C., Leaver K.D., Rawlings R.D. and Alexander J.M. (1985). *Materials Science* (Van Nostrand, 3rd Ed.).

Ashby M. and Jones R.H. *Engineering Materials*, vol.1 and vol.2 (Butterworth-Heinemann, 1996, 1998).

Bolton W. (1998). *Engineering Materials Technology* (Butterworth-Heinemann, 3rd Ed.).

Mills N.N. (1986). *Plastics: Microstructure, Properties and Applications* (Arnold).

Smith W.F. (1981). *Structure and Properties of Engineering Alloys* (McGraw-Hill).

Для обсуждения оптимальных процедур, с целью обдуманного выбора материалов, отсылаем читателя к следующим книгам:

Ashby M.F. (1999). *Materials Selection in Mechanical Design* (Butterworth-Heinemann).

Bolton W. (1998). *Engineering Materials Technology* (Butterworth-Heinemann, 3rd Ed.).

Crane F.A.A. and Charles J.A. (1997). *Selection and Use of Engineering Materials* (Butterworths-Heinemann, 3rd Ed.).

Farag M.M. (1989). *Selection of Materials and Manufacturing Processes for Engineering Design* (Prentice Hall).

Для обсуждения выбора процессов автор рекомендует книгу Swift K.G. and Booker J.D. *Process Selection* (Agnold 1997).

Данные, использованные в этой книге, получены из обширного ряда источников. Основными из них были: Публикации Британского института стандартов, Публикации Американского общества производителей металлических материалов, Торговые ассоциации.

Интерпретация и размещение данных, тем не менее, выполнены автором. Для ознакомления с полными деталями стандартов читателю советуют обратиться к соответствующим изданиям стандартов Классификационной группы.

*У. Болтон*

#### Ссылки на источники

Выдержки из британских стандартов воспроизведены с разрешения Британского института стандартов (BSI). Комплект копий документов был получен почтой из Британского института стандартов, продажа (BSI Sales), Linford Wood, Milton Keynes, Bucks MK16 6LE.

---

<sup>1</sup> Рекомендуется также отечественный учебник: Б.Н. Арзамасов, В.И. Макаров и др. *Материаловедение: Учебник для вузов.* — 3-е изд., переработанное и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001 — 648 с., ил. (*Прим. ред. перевода.*)

## Глава первая

# Терминология

Определения терминов, характеризующих свойства материалов, используемых в технике, приведены в алфавитном порядке.

**Азотирование.** Химико-термическая обработка стали, которая заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали атомарным азотом при нагреве стали до 500...650°C в атмосфере аммиака с распадом его на атомарный азот и водород. В результате Аз. среднеуглеродистых легированных сталей образуются нитриды легирующих элементов и стали приобретают особо высокую твердость, износостойкость и увеличивается предел их выносливости не менее чем на 30%. Аз. углеродистых сталей приводит к повышению коррозионной стойкости.

**Аморфное состояние вещества.** Одно из состояний твердого вещества (другое — кристаллическое), в котором центральные атомы твердого вещества и ближайшие к ним будут располагаться в определенном порядке, но по мере удаления от них этот порядок нарушается и расположение атомов становится случайным, т.е. присутствует ближний порядок расположения атомов и отсутствует дальний. Кроме того, вещество в А. с. не имеет определенной точки плавления/отвердевания при нагревании/остывании. Примерами служат стекло, каптоль.

**Анодирование.** Электрохимический процесс образования оксидных пленок или покрытий в соответствующем растворе, при котором металл служит анодом. Поверхностная оксидная пленка покрывает металл и составляет с ним одно целое. Ан. повышает такие свойства металлов, как коррозионную стойкость, сопротивление истиранию, твердость, изменяет отражательные и излучательные характеристики. Улучшается внешний вид подержанного Ан. металла.

**Атактическая структура.** Это полимерная структура (полимер), у которой расположение боковых групп молекулярной цепи, таких как  $CH_3$ , относительно плоскости основной цепи нерегулярно, хаотично. Атактический полимер не способен кристаллизоваться, является аморфным.

**Аустенизация.** Процесс, происходящий тогда, когда железный сплав нагрет до температуры, при которой его структура превращается в аустенит.

**Аустенит.** Принято обозначать  $A$  или  $\gamma$ . Твердый раствор внедрения углерода в  $Fe_\gamma$ , имеющий гранцентрированную кубическую (ГЦК) решетку с высокой растворимостью углерода в  $Fe_\gamma$ , достигающей 2.14% из-за достаточных размеров межатомных пор размещения углерода в решетке, составляющих сферы радиусами от 0.41 атомного радиуса железа.

**Бейнит.** Структура стали, образующаяся в результате промежуточного превращения аустенита. Состоит из высокодисперсной смеси частиц пересыщенного углеродом феррита и карбида железа. В стали с бейнитной структурой имеется остаточный аустенит. Эта структура тверже, чем полученная при отжиге, но мягче, чем мартенсит.

**Вязкость разрушения.** Критерий трещиностойкости для наиболее жесткого нагружения — плоской деформации нагружением — при достижении критического значения перехода стабильной трещины в нестабильную и обозначаемый  $K_{Ic}$ . Он показывает значение напряжения вблизи вершины трещины, имеющей тупой раскрывающийся вид в момент разрушения, и связывает приложенное среднее напряжение с критической длиной трещины. Единица измерения  $K_{Ic}$  —  $МПа \cdot м^{1/2}$ . Критерий  $K_{Ic}$  позволяет определить безопасный размер трещины при известном рабочем напряжении и характеризует сопротивление развитию вязкой трещины.

**Гомополимер.** Полимер, макромолекулы которого построены из одинаковых по химическому строению многочисленных элементарных звеньев молекул (мономеров).

**График  $S/N$ .** График амплитуды напряжения  $S$ , деленной на число циклов  $N$  испытаний на усталость. Амплитуда напряжения — это половина алгебраической разности между максимальным и минимальным напряжениями, при которых испытывался материал. (См. Испытание на усталость в Гл. 2.)

**График напряжение—деформация.** График напряжение—деформация обычного растяжения, применяемый в технике напряжений (см. Напряжение) и технике деформаций (см. Деформация). На Рис. 1.5 показан пример формы одного такого графика для металла, подобного стали. (См. Испытание на растяжение в Гл. 2.)

**Деформационное упрочнение, наклеп.** При холодном пластическом деформировании изменяются физические свойства наклепанного металла и тем сильнее, чем больше степень деформации. В результате Д. у. увеличивается твердость, повышается электросопротивление, но понижаются пластичность, ударная вязкость и коррозионностойкость.

**Деформация.** В технике деформацию определяют как отношение: (изменение длины материала)/(начальная длина), когда материал подвергается растяжению или сжатию. Деформация сдвига — это отношение: (смещение, при котором один слой материала скользит по другому)/(смещение, при котором слои разделены). Деформация не имеет размерности, однако ее часто выражают в процентах. Деформацию сдвига обычно указывают как угловую меру в радианах.

**Деформация при закалке.** Повышение твердости материала вследствие обработки, подвергающей материал пластической деформации при температурах ниже его температуры рекристаллизации.

**Диэлектрическая проницаемость относительная  $\epsilon_r$ .** Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r$ , или диэлектрическая постоянная материала может быть определена как отношение емкости конденсатора с материалом между его пластинками  $C$  к емкости того же конденсатора  $C_0$ , когда между пластинами вместо диэлектрика находится вакуум:

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0}.$$

**Диэлектрическая проницаемость абсолютная  $\epsilon$ .** Величина, характеризующая во сколько раз взаимодействие двух зарядов в среде меньше, чем в вакууме. Определяется как произведение относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r$  на диэлектрическую постоянную (вакуума)  $\epsilon_0$ :  $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$ . Величина  $\epsilon_0 = 8.853 \cdot 10^{-12}$  Ф/м. Единица измерения — Ф/м (фарад на метр).

**Долговечность, циклическая долговечность.** Число циклов напряжения до появления разрушения. (См. Испытание на усталость в Гл. 2.)

**Дюрومتر Шора.** Прибор для определения твердости полимеров и резины. Применяется числовая шкала. (См. Гл. 2.)

**Емкость демпфирования.** Параметр, являющийся индикатором способности материала к подавлению вибраций.

**Жесткость, модуль сдвига.** Жесткость — характеристика материала для определения способности сопротивляться любому виду деформации (сдвигу, растяжению, изгибу и т.д.). В условиях малых и умеренных напряжений (1 условие) большинство твердых материалов следует закону Гука при сдвиге. Если построить график зависимости напряжения сдвига от деформации сдвига, то на начальном участке получим прямую (следствие 1 условия). Модуль сдвига — отношение: напряжение сдвига/деформация сдвига или тангенс угла наклона этой прямой. Угол наклона этой прямой характеризует сдвиговую жесткость материала. А так как из тригонометрии (при малых углах — 2 усло-

вие)  $\operatorname{tg}$  угла равен самому углу (следствие 2 условия), то приходим (в этих двух условиях) к идентичности понятий «жесткость» и «модуль сдвига».

**Закалка.** Термическая обработка материалов с быстрым охлаждением.

**Закалка с последующим отпуском.** Нагрев предварительно закаленного материала для увеличения его пластичности или твердости.

**Изгиб, угол изгиба.** Результат, указанный в угловой мере, статических испытаний на изгиб до соприкосновения сторон, которые проводятся на материалах в форме листов, стержней и проволоки, а также на трубах с загибом до  $90^\circ$ . Углом изгиба называют угол, в пределах которого материал может быть изогнут без обнаружения нарушения целостности (Рис. 1.1). См. Испытание на изгиб в Гл. 2.



Рис. 1.1. Изгиб образца

**Износостойкость.** Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию (разрушение поверхности ввиду отделения его частиц) в определенных условиях трения. И. оценивается величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания, и определяется при испытаниях на трение и изнашивание в лабораторных или натуральных условиях по определенным методикам.

**Изотактическая структура.** Полимерная структура, в которой боковые группы молекул расположены упорядоченно все на одной боковой стороне молекулярной цепочки.

**Изотермическая закалка с выдержкой в бейнитовой области, аустемперинг.** Тепловая обработка, применяемая к железным сплавам, для повышения их вязкости и прочности. Материал нагревают до аустенизирующей температуры и закаляют до температуры  $M_3$  с такой скоростью, что не формируются ни феррит, ни перлит. Затем выдерживают при температуре  $M_3$ , пока не закончится превращение его в бейнит.

**Изохронный график напряжение—деформация.** См. вступление к термину Модуль ползучести.

**Испытание Джомени.** Испытание применяется для получения информации о прокаливаемости сплавов. (См. Гл. 2 для более полной информации.)

**Испытание Изода.** Испытание (см. Испытание на удар в Гл. 2.) применяют для определения чувствительности материала к нагрузке, прикладываемой с высокой скоростью. Оно состоит в нанесении резкого удара по образцу. Результаты испытания выражаются количеством энергии, поглощенной образцом при разрушении. Чем выше измеренная величина Изода, тем больше вязкость материала.

**Испытание Роквелла.** Метод Роквелла применяется для оценки твердости материала. Имеются числовые шкалы Роквелла, по которым можно определять непосредственно результаты испытаний. (См. Испытание на удар в Гл. 2.)

**Испытание Шарпи.** Испытание (см. Испытание на удар в Гл. 2) для определения чувствительности материала к нагрузке, прикладываемой с высокой скоростью. Оно состоит в нанесении резкого удара по образцу. Результаты испытания выражаются количеством энергии, поглощенной образцом при разрушении. Чем выше величина Шарпи, тем больше гибкость материала.

**Коррозионная стойкость.** Способность материала к сопротивлению ухудшению его свойств при химической или электрохимической реакции в непосредственном контакте с окружающей средой. Существует много видов коррозии, и для каждого из них имеется свой метод защиты материала.

**Коэффициент пропускания, нормальный.** Нормальный коэффициент пропускания — это отношение: (прошедший поток света)/(падающий поток). Он, как правило, выражается в процентах. Коэффициент пропускания зависит от толщины материала, поэтому результаты обычно приводятся к толщине в 1 мм. Для некоторых материалов это значение коэффициента пропускания может быть равно нулю, если они совершенно непрозрачны при малой толщине.

**Кристаллическая структура.** Структура с упорядоченным периодическим (регулярным) расположением атомов или молекул.

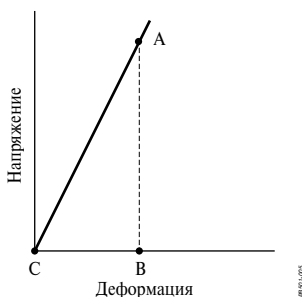
**Линовка профиля.** Предельная линовка профиля — это максимальный диаметр круглого проката, в середине которого могут быть получены требуемые свойства материала.

**Мартенсит.** Основной термин, применяемый для описания формы структуры железных сплавов, когда скорость охлаждения от аустенитового состояния слишком высокая и допускает диффузию атомов углерода из гранцентрированной кубической формы аустенита и превращение ее в объемно-центрированную форму феррита. Результатом является более высокая деформационная жесткость структуры.

**Мер.** См. Мономер.

**Модуль ползучести.** Напряжение, деленное на деформацию для определенного момента времени. Начальные результаты испытания на ползучесть обычно представлены серией графиков деформации в зависимости от времени для различных уровней напряжения. Из этих графиков для определенного времени могут быть получены величины деформаций при различных напряжениях. Результирующие величины напряжение—деформация могут быть использованы к данным графика напряжение—деформация для определенного времени. Такой график называется *изохронным графиком* напряжение—деформация. Модуль ползучести не равен модулю растяжения. (См. Испытание на ползучесть в Гл. 2.)

**Модуль упругости, модуль Юнга.** Коэффициент, характеризующий упругие свойства твердых тел и являющийся коэффициентом пропорциональности  $E$  между деформацией и приложенными механическими напряжениями и наоборот. Модуль упругости  $E$  — отношение растягивающего напряжения  $\sigma$  к относительному удлинению  $\epsilon$ :  $E = \sigma/\epsilon$ . Графически модуль упругости, или модуль Юнга, это тангенс угла наклона в графике напряжение—деформация на его начальном прямолинейном участке (**Рис. 1.2**). См. Испытание на растяжение в Гл. 2.



**Рис. 1.2.** Модуль растяжения  $AB/BC$

**Модуль сечения.** Для большинства полимерных материалов нет линейного участка графика напряжение—деформация, поэтому невозможно оценить их модуль растяжения. В таких случаях используется модуль сечения. Этот модуль определяется как напряжение при величине деформации в 0.2%, деленное на эту деформацию (**Рис. 1.3**).

**Модуль Юнга.** См. Модуль упругости.

**Мономер.** Низкомолекулярное соединение вещества, молекулы которого способны реагировать между собой или с молекулами других веществ с образованием полимера.



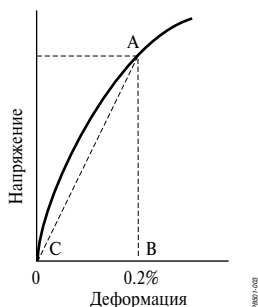


Рис. 1.3. Модуль сечения  $AB/BC$

**Наполнители.** Пластмассы и резины, а также полимеры почти всегда содержат в себе другие материалы. Их вводят для изменения свойств и удешевления материала.

**Напряжение (механическое).** В технике механическое напряжение растяжения и сжатия обычно определяется как отношение: (сила)/(начальная площадь поперечного сечения образца). Истинное напряжение — это отношение: (сила)/(площадь поперечного сечения образца, которую образец имеет в этот момент). Сдвигающее напряжение — это отношение: (сдвигающая сила)/(площадь образца, сопротивляющаяся сдвигу). Механическое напряжение имеет размерность Па (паскаль), или  $\text{Н}\cdot\text{м}^{-2}$ , причем  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-2}$ .

**Науглероживание.** Состояние затвердевания, в результате которого на поверхности железных сплавов образуется твердый слой. Обработка включает в себя нагрев сплава до состояния аустенизации в атмосфере, обогащенной углеродом, благодаря чему углерод диффундирует внутрь поверхностных слоев, закаливая их к тому же до превращения в мартенсит.

**Нормализация.** Тепловая обработка, включающая в себя нагрев железного сплава до температуры, при которой происходит полная аустенизация структуры с последующим охлаждением на воздухе. В результате этого появляется более мягкий материал, но мягкий не сам по себе, а вследствие проведения отжига.

**Обрабатываемость на станках.** Не существует общепринятого стандарта испытания на обрабатываемость. Она базируется на эмпирических данных испытания и потому субъективна. Обрабатываемость измеряется на различных встречающихся в механической обработке материалах.

**Ориентация.** Метод повышения механических свойств полимеров. Любой из видов полимеров — кристаллических или стеклообразных — может быть ориентирован при медленном

растяжении, если он находится в высокоэластичном или вязкотекучем состоянии. Макромолекулы ориентируются при действии высоких температур и механических напряжений — вытяжки вдоль ориентированных вытянутых молекул, приобретают упорядоченную структуру по сравнению с неориентированными. После достижения нужной степени ориентации температура снижается и полученная структура фиксируется. Прочность при разрыве и модуль упругости в направлении ориентации увеличиваются. Различают одно- и многоосную ориентацию в одном и нескольких направлениях.

**Остаточные напряжения.** Напряжения, остающиеся в материале, который был подвергнут пластической деформации, после снятия нагрузки.

**Отжиг.** Процесс, включающий нагрев и выдержку материала при достаточно высокой температуре для приведения его в конечном итоге к пластическому состоянию после охлаждения с соответствующей скоростью, как правило, медленной. В случае железных сплавов требующаяся температура отжига выше критической температуры. Цель отжига может заключаться в том, чтобы облегчить холодную обработку материала, улучшить эффективность инструмента, механические свойства материала и т. п.

**Относительная магнитная проницаемость.** Ее определяют как отношение индукции в материале к индукции в положении, когда материал помещен в вакуум, и измеряют по магнитным свойствам материала.

**Относительное удлинение тела.** Эта величина определяется так:

$$\begin{aligned} \text{относительное удлинение} &= \\ &= \frac{\text{начальная длина} - \text{конечная длина}}{\text{начальная длина}} \times 100\%. \end{aligned}$$

Измеряется у пластичных материалов. Более высокий процент удлинения получается у материалов с большей пластичностью. (См. Испытание на растяжение в Гл. 2.)

**Относительное уменьшение площади поперечного сечения тела.** Эта величина определяется так:

$$\begin{aligned} \text{относительное уменьшение площади поперечного сечения} &= \\ &= \frac{\text{начальная площадь} - \text{конечная площадь}}{\text{начальная площадь}} \times 100\%. \end{aligned}$$

Также является мерой пластичности материала. Более высокий процент получается у материалов с большей пластичностью. (См. Испытание на растяжение в Гл. 2.)