

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	9
Раздел А. Техническое и экономическое значение стали	14
A1. Исторический обзор развития производства стали до 1870 г.	14
A2. Значение стали в настоящее время	16
A2.1. Мировое производство стали после 1870 г.	16
A2.2. Значение стали в современной мировой технике	16
A2.3. Развитие методов производства стали после 1870 г.	19
A2.4. Сравнительные данные по производству стали в крупнейших странах	23
A2.5. Источники получения сырых материалов для производства стали	25
A3. Современная классификация стали по свойствам, областям применения и сортаменту	27
A3.1. Принятое разделение сортов стали по группам	28
A3.2. Классификация сталей по стадиям производства и сортаменту	33
A4. Сталь как незаменимый конструкционный материал	35
Раздел Б. Структура стали	37
B1. Введение	37
B2. Термодинамика железа и его сплавов	38
B2.1. Чистые металлы	38
B2.1.1. Немагнитные металлы	40
B2.1.2. Железо	42
B2.2. Сплавы	44
B2.2.1. Твердые растворы замещения	44
B2.2.2. Твердые растворы внедрения	56
B2.2.3. Твердые растворы замещения/внедрения	60
B2.2.4. Стехиометрические соединения	61
B2.2.5. Графит	66
B2.2.6. Численные значения термодинамических функций и параметров равновесия	66
B2.3. Влияние дефектов решетки	68
B3. Образование зародышей	71
B3.1. Предварительные энергетические соображения	71
B3.2. Энергия образования зародышей	73
B3.3. Образование зародышей, сопровождающееся упругими искажениями решетки	77
B3.4. Гетерогенное образование зародышей	80
B3.5. Диаграммы время — температура — образование зародышей	82
B4. Диффузия	86
B4.1. Диффузия атомов внедрения	87
B4.1.1. Диффузионный поток	87
B4.1.2. Коэффициент диффузии	90
B4.2. Диффузия атомов замещения в однокомпонентных кристаллах	93
B4.3. Диффузия по границам зерен и дислокациям	95
B4.4. Диффузия атомов замещения в двойных твердых растворах	98
B4.5. Диффузия углерода в твердых растворах на основе железа	101

Б4.6. Диффузия атомов замещения в тройных твердых растворах	104
Б4.7. Изменение концентрационного равновесия во времени	105
Б4.8. Диффузия в соединениях	106
Б5. Типичные структуры стали	107
Б5.1. Определение понятия «структура»	107
Б5.2. Структура низколегированных сталей после превращения аустенита	108
Б5.3. Структура низколегированных сталей после отпуска	118
Б5.4. Влияние легирующих элементов замещения	124
Б6. Кинетика структурных реакций и морфология их продуктов	127
Б6.1. Аустенит	127
Б6.1.1. Аустенитизация в однофазной γ -области	128
Б6.1.2. Аустенитизация в двухфазной области	129
Б6.1.3. Влияние легирующих элементов замещения	131
Б6.1.4. Степень гомогенизации	133
Б6.2. Выделения	133
Б6.2.1. Энергетический анализ	133
Б6.2.2. Образование зародышей	135
Б6.2.3. Кинетика роста	137
Б6.2.4. Затрудненный рост	141
Б6.2.5. Влияние элементов замещения	143
Б6.2.6. Укрупнение частиц	144
Б6.2.7. Общий ход выделения	148
Б6.3. Перлит	151
Б6.3.1. Энергетическое рассмотрение	152
Б6.3.2. Образование зародышей	153
Б6.3.3. Кинетика роста пластинчатого перлита	155
Б6.3.4. Влияние элементов замещения	160
Б6.4. Мартенсит	165
Б6.4.1. Характеристика мартенситного превращения	165
Б6.4.2. Энергетические соображения	166
Б6.4.3. Кристаллографическая модель образования пластинчатого мартенсита	168
Б6.4.4. Ланцетовидный мартенсит	176
Б6.4.5. Образование зародышей мартенсита	177
Б6.4.6. Термоупругий мартенсит	179
Б6.5. Бейнит	180
Б6.5.1. Некоторые признаки бейнитных превращений и структуры	181
Б6.5.2. Механизмы и виды бейнитных превращений	186
Б6.5.3. Кристаллографические исследования бейнитных превращений	190
Б7. Формирование структуры посредством термической и механической обработки	193
Б7.1. Однофазная структура после термической обработки и холодной деформации	193
Б7.1.1. Отдых	194
Б7.1.2. Рекристаллизация	195
Б7.1.3. Укрупнение зерна	198

Б7.2.	Поведение однофазной структуры при горячей деформации	200
Б7.3.	Структура с частицами избыточных фаз при термической обработке после холодной деформации	202
Б7.4.	Склонная к превращениям ферритная структура при термической обработке после деформации	205
Б7.5.	Склонная к превращениям аустенитная структура при термической обработке после деформации	209
Б7.6.	Склонная к превращениям структура при одновременном воздействии термической и механической обработки	211
Б8.	Сравнительный обзор структурных реакций в сталях	213
Б9.	Использование превращений для технических целей и возможность влияния на их кинетику	215
Б9.1.	Равновесные диаграммы	216
Б9.2.	Диаграммы аустенитизации	218
Б9.2.1.	Диаграммы изотермической аустенитизации доэвтектоидных сталей	220
Б9.2.2.	Диаграммы изотермической аустенитизации заэвтектоидных сталей	222
Б9.2.3.	Диаграммы аустенитизации для условий непрерывного нагрева	223
Б9.2.4.	Влияние химического состава и исходного состояния на аустенитизацию	224
Б9.2.5.	Влияние размера зерна	226
Б9.2.6.	Точность диаграммы аустенитизации	228
Б9.2.7.	Связь между диаграммами аустенитизации и диаграммами равновесного состояния	228
Б9.3.	Диаграммы распада аустенита при охлаждении	229
Б9.3.1.	Диаграммы изотермического превращения аустенита — С-образные кривые	229
Б9.3.2.	Диаграммы превращения при непрерывном охлаждении. Термокинетические диаграммы распада аустенита	233
Б9.3.3.	Другие формы изображения диаграммы распада аустенита	239
Б9.4.	Влияние условий превращения	240
Б9.4.1.	Влияние аустенитизации	240
Б9.4.2.	Влияние легирующих элементов	241
Б9.4.3.	Влияние ликвации	245
Б9.4.4.	Измерение и точность термокинетических диаграмм превращения	248
Б9.5.	Математическое описание характера превращения	249
Б9.5.1.	Расчет температур превращения	249
Б9.5.2.	Вычисление критических скоростей охлаждения	250
Б9.5.3.	Полное описание процесса превращения	251
Раздел В. Свойства стали в зависимости от микроструктуры и химического состава		
В1.	Механические свойства	252
В1.1.	Поведение при однократном нагружении и при температурах вблизи и ниже комнатной	252
В1.1.1.	Возникновение текучести (В1.1.1.1. Кривые напряжение — удлинение. В1.1.1.2. Другие методы испытаний.	

	<i>В1.1.1.3. Возможности упрочнения стали за счет воздействия на микроструктуру. В1.1.1.4. Анизотропия течения)</i>	252
V1.1.2.	<i>Вязкость и разрушение (В1.1.2.1. Характеристика видов разрушения. В1.1.2.2. Внешние факторы, влияющие на разрушение. В1.1.2.3. Процесс разрушения. В1.1.2.4. Методы испытания на вязкость и сопротивление разрушению. В1.1.2.5. Влияние микроструктуры на вязкость и характер разрушения. В1.1.2.6. Модельные представления о процессе разрушения)</i>	297
V1.1.3.	<i>Структура с оптимальным сочетанием прочности и вязкости</i>	357
V1.2.	<i>Свойства при переменном направлении нагружения и при температурах вблизи и ниже комнатной</i>	361
V1.2.1.	<i>Однократное изменение направления нагружения (эффект Баушингера)</i>	361
V1.2.2.	<i>Поведение при вибрационных нагрузках (В1.2.2.1. Методы испытаний. В1.2.2.2. Обсуждение отдельных процессов. В1.2.2.3. Факторы, влияющие на поведение при переменных напряжениях. В1.2.2.4. Эксплуатационная прочность. В1.2.2.5. Прогноз долговечности)</i>	366
V1.3.	<i>Свойства при высоких температурах</i>	396
V1.3.1.	<i>Свойства при повышенных температурах</i>	397
V1.3.2.	<i>Свойства при горячей деформации (В1.3.2.1. Измерение напряжения течения. В1.3.2.2. Процессы, протекающие в материале при горячей обработке давлением)</i>	399
V1.3.3.	<i>Характеристики длительной прочности (В1.3.3.1. Испытания на длительную прочность. В1.3.3.2. Свойства при комплексном нагружении. В1.3.3.3. Интерпретация результатов)</i>	405
	<i>Библиографический список</i>	423
	<i>Предметный указатель</i>	440
	<i>Указатель глав</i>	446