

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ

Рекомендовано УМО РАЕ по классическому университетскому и техническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки: 150400.68 «Металлургия» (профиль подготовки: 150400.68.05 «Металловедение и термическая обработка металлов»), 22.12.2015

Красноярск  
СФУ  
2016

УДК 669.017:669.1(07)  
ББК 34.24я7  
С718

**Рецензенты:**

*А. В. Прошкин*, доктор технических наук, профессор, руководитель проекта ИТМЭ, начальник ЛУФМ ДНТ ИТДАП (ООО «РУСАЛ ИТЦ»);

*А. П. Руденко*, доктор технических наук, профессор (Сибирский технологический университет)

**С718      Специальные стали и сплавы** : учеб. пособие / А. А. Ковалева, Е. С. Лопатина, В. И. Аникина, Т. Р. Гильманшина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. – 232 с.  
ISBN 978-5-7638-3470-3

В пособии изложены основные сведения о влиянии легирующих элементов на структуру и свойства сталей и сплавов. Приведена классификация сталей. Описаны основные требования, предъявляемые к сталям специального назначения. Рассмотрены виды и режимы термической обработки, необходимые для получения требуемых свойств, структуры и механические свойства, а также области использования металлических материалов.

Предназначено для магистров, обучающихся по направлению подготовки 150400.68 «Металлургия», профиль 150400.68.05 «Металловедение и термическая обработка металлов».

**Электронный вариант издания см.:**  
<http://catalog.sfu-kras.ru>

**УДК 669.017:669.1(07)**  
**ББК 34.24я7**

ISBN 978-5-7638-3470-3

© Сибирский федеральный университет, 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>Глава 1. Общие вопросы легирования сталей .....</b>	<b>9</b>
1.1. Классификация легирующих элементов.....	9
1.2. Классификация и маркировка сталей .....	12
1.3. Неметаллические включения.....	15
1.4. Металлургическое качество сталей .....	17
1.5. Фазы в легированных сталях .....	19
1.5.1. Твердые растворы .....	19
1.5.2. Интерметаллиды.....	21
1.5.3. Карбиды и нитриды .....	23
1.6. Превращения переохлажденного аустенита при охлаждении .....	24
1.7. Влияние легирования на характеристики сталей .....	26
1.7.1. Влияние легирующих элементов на закаливаемость и прокаливаемость стали .....	27
1.7.2. Влияние легирующих элементов на процессы, протекающие при отпуске закаленной стали .....	28
1.7.3. Дисперсионное твердение .....	30
1.7.4. Вторичная твердость.....	31
Контрольные вопросы .....	32
<b>Глава 2. Конструкционные стали .....</b>	<b>34</b>
2.1. Строительные стали.....	34
2.1.1. Требования к строительным сталям.....	34
2.1.2. Углеродистые стали .....	37
2.1.3. Низколегированные стали.....	37
2.1.4. Стали повышенной прочности .....	41
2.1.5. Арматурные стали.....	41
2.2. Высокопрочные стали .....	46
2.2.1. ПНП-стали .....	47
2.2.2. Мартенситно-стареющие стали .....	52
2.3. Машиностроительные стали.....	57
2.3.1. Улучшаемые стали .....	57
2.3.2. Азотируемые стали .....	59
2.3.3. Стали для глубокой вытяжки.....	61
2.3.4. Подшипниковые стали .....	62
2.3.5. Пружинные стали.....	68
2.4. Износостойкие стали .....	74
2.5. Графитизированная сталь .....	77

2.6. Кавитационно-стойкие стали.....	78
2.6.1. Механизм кавитационного разрушения .....	79
2.6.2. Испытания на кавитационную стойкость.....	80
2.6.3. Требования к кавитационно-стойким сплавам .....	81
2.6.4. Выбор кавитационно-стойких сплавов.....	83
2.6.5. Новые кавитационно-стойкие стали .....	85
2.7. Стали для криогенной техники .....	86
2.7.1. Малоперлитные стали.....	88
2.7.2. Ферритные стали .....	89
2.7.3. Стабильные аустенитные стали.....	89
2.7.4. Железоникелевые сплавы.....	90
2.7.5. Стали повышенной обрабатываемости.....	91
2.8. Рельсовые стали.....	93
Контрольные вопросы .....	94
<b>Глава 3. Инструментальные стали.....</b>	<b>98</b>
3.1. Классификация инструментальных сталей .....	98
3.2. Стали для режущего инструмента .....	101
3.2.1. Стали пониженной прокаливаемости .....	101
3.2.2. Стали повышенной прокаливаемости.....	103
3.3. Быстрорежущие стали .....	105
3.3.1. Превращение аустенита в быстрорежущей стали после высокотемпературного нагрева.....	105
3.3.2. Влияние легирующих элементов.....	107
3.3.3. Термическая обработка .....	108
3.4. Стали для измерительных инструментов .....	110
3.5. Штамповые стали.....	112
3.5.1. Штамповые стали для холодного деформирования .....	113
3.5.2. Штамповые стали для горячего деформирования.....	117
Контрольные вопросы .....	121
<b>Глава 4. Коррозионно-стойкие стали и сплавы.....</b>	<b>123</b>
4.1. Общие сведения о коррозионно-стойких сталях .....	123
4.2. Легирование коррозионно-стойких сталей .....	125
4.3. Виды коррозионного разрушения сталей.....	130
4.4. Классификация коррозионно-стойких сталей по структуре .....	136
4.4.1. Виды хрупкости коррозионно-стойких сталей .....	139
4.4.2. Аустенитные нержавеющие хромоникелевые и хромомарганцевые стали .....	143
4.4.3. Аустенито-ферритные и аустенито-мартенситные стали .....	147
4.5. Сплавы на железоникелевой и никелевой основе .....	151
Контрольные вопросы .....	153

<b>Глава 5. Теплостойкие и жаропрочные стали и сплавы.....</b>	<b>155</b>
5.1. Классификация и применение .....	155
5.2. Влияние внешних и внутренних факторов на жаропрочность .....	158
5.3. Теплоустойчивые стали.....	163
5.3.1. Углеродистые и низколегированные стали .....	164
5.3.2. Хромистые стали мартенситного и мартенсито-ферритного классов .....	169
5.4. Жаропрочные стали и сплавы.....	173
5.5. Жаростойкие стали .....	177
Контрольные вопросы .....	180
<b>Глава 6. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами .....</b>	<b>182</b>
6.1. Материалы с особыми магнитными свойствами .....	182
6.1.1. Ферромагнитные (магнитотвердые) материалы .....	185
6.1.2. Диамагнитные (магнитомягкие) материалы .....	191
6.1.3. Сплавы с высокой начальной магнитной проницаемостью ...	198
6.1.4. Сплавы с высокой индукцией насыщения .....	199
6.1.5. Сплавы с постоянной магнитной проницаемостью .....	200
6.2. Сплавы с заданным коэффициентом линейного расширения.....	201
6.3. Сплавы с постоянным модулем упругости .....	206
6.4. Материалы с особыми электрическими свойствами.....	210
6.4.1. Стали и сплавы с высоким электросопротивлением.....	210
6.4.2. Сплавы для изготовления термопар.....	213
6.4.3. Реостатные сплавы .....	214
Контрольные вопросы .....	216
<b>Заключение.....</b>	<b>217</b>
<b>Контрольные задания.....</b>	<b>218</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>229</b>