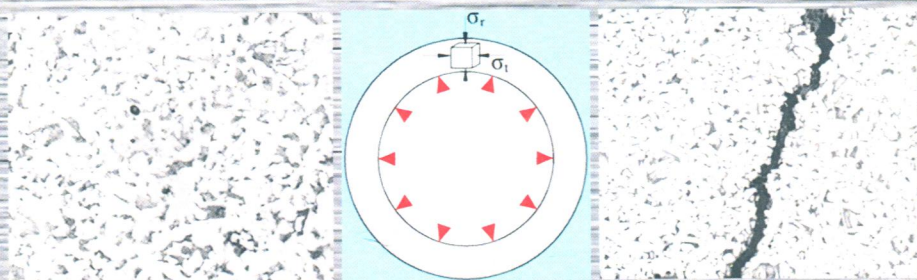


МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ, РЕСУРС И ДИАГНОСТИКА МЕТАЛЛА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

В.М. Матюнин



Матюнин В.М.

**Металловедение, ресурс
и диагностика металла
в теплоэнергетике**

учебное пособие для вузов



Москва
Издательский дом МЭИ
2017

УДК 669.017 : 621.1 (075.8)
ББК 34.2 : 31.3-я73
М 353

*Подготовлено в НИУ «МЭИ» за счет гранта
Российского научного фонда (проект № 15-19-00166)*

Рецензент: профессор кафедры технологии металлов НИУ «МАИ»,
председатель научно-методического совета по материаловедению
и технологии конструкционных материалов Минобрнауки РФ
Г.П. Фетисов

Матюнин В.М.

М 353 Металловедение, ресурс и диагностика металла в теплоэнергетике: учебное пособие для вузов / В.М. Матюнин. — М.: Издательский дом МЭИ, 2017. — 342 с.: ил.

ISBN 978-5-383-01066-2

Изложены основы металловедения и его особенности в теплоэнергетике. Рассмотрены условия работы, типы повреждений и требования, предъявляемые к металлу в теплоэнергетике. Показаны изменения, происходящие в структуре и свойствах металла в процессе длительной эксплуатации. Подробно рассмотрены жаропрочные, жаростойкие и коррозионно-стойкие стали и сплавы. Приведены сведения о новых сталях для перспективных энергоустановок со сверхкритическими параметрами пара. Даны понятия о ресурсе металла, его прогнозировании и восстановлении. Описаны современные методики и технические средства оперативной диагностики структурно-механического состояния металла в теплоэнергетике.

Предназначено для студентов технических университетов при подготовке бакалавров, специалистов, магистров по направлениям «Теплоэнергетика» и «Энергомашиностроение».

УДК 669.017 : 621.1 (075.8)
ББК 34.2 : 31.3-я73

ISBN 978-5-383-01066-2

© В.М. Матюнин, 2017
© АО «Издательский дом МЭИ», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Раздел первый	
ОСНОВЫ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ	11
Глава первая	
Металловедение и его особенности в теплоэнергетике	11
1.1. Металловедение — наука о металлах	11
1.2. Особенности металловедения в теплоэнергетике и его задачи	12
Контрольные вопросы	15
Глава вторая	
Кристаллическое строение металлов	16
2.1. Понятия о металлах, их классификации и свойствах	16
2.2. Энергетическое состояние металлов	18
2.3. Основные типы кристаллических решеток	20
2.3.1. Кристаллографические направления и плоскости	23
2.3.2. Анизотропия в кристаллах	24
2.3.3. Полиморфизм металлов	25
2.4. Дефекты кристаллического строения	26
2.5. Формирование структуры металла при кристаллизации	33
2.6. Методы исследования строения металлов и сплавов	41
Контрольные вопросы	44
Глава третья	
Основы теории сплавов	45
3.1. Понятие о металлических сплавах	45
3.2. Виды двойных сплавов	46
3.3. Понятия о диаграммах состояния сплавов и их построение	48
3.3.1. Понятия о диаграммах состояния сплавов и фазах	48
3.3.2. Построение диаграмм состояния	50
3.4. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов	51
3.5. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния	58
Контрольные вопросы	60
Глава четвертая	
Механические свойства металлов и методы их определения	61
4.1. Общие понятия о нагрузках, напряжениях и деформациях	61
4.2. Механические свойства металлов и классификация методов механических испытаний	64

4.3. Механические свойства, определяемые при статическом нагружении	66
4.3.1. Испытания на растяжение	66
4.3.2. Испытания на твердость	74
4.3.3. Испытания на трещиностойкость	79
4.4. Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении	82
4.4.1. Испытания на ударную вязкость	82
4.4.2. Испытания на хладноломкость и критическую температуру хрупкости	85
4.5. Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении	87
4.5.1. Испытания на усталость	87
4.5.2. Разрушение при усталости	89
4.6. Безобразцовый метод оценки механических свойств металлов	91
4.7. Влияние нагрева на механические свойства металлов	102
Контрольные вопросы	106
Глава пятая	
Дислокационный механизм пластической деформации.	
Наклеп и рекристаллизация	107
5.1. Дислокационный механизм пластической деформации	107
5.2. Теоретическая и реальная (техническая) прочность металлов	111
5.3. Разрушение и его виды	114
5.4. Наклеп	117
5.5. Рекристаллизационные процессы в наклепанном металле	120
Контрольные вопросы	124
Глава шестая	
Железоуглеродистые сплавы	125
6.1. Компоненты, фазы и структурные составляющие в железоуглеродистых сплавах	125
6.2. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов	128
6.3. Критические точки железоуглеродистых сплавов	135
6.4. Углеродистые стали	137
6.5. Чугуны	142
Контрольные вопросы	147
Глава седьмая	
Элементы теории и технологии термической, химико-термической и термомеханической обработок металла	
7.1. Основные превращения в стали при нагреве и охлаждении в области критических точек	148
7.2. Изотермический распад аустенита	152

10.2. Основные типы эксплуатационных повреждений металла и причины их возникновения	214
10.3. Изменения, происходящие в структуре и механических свойствах металла в процессе эксплуатации	218
10.4. Шкалы и параметры микроповреждаемости металла.....	220
10.5. Структурные концентраторы напряжений в металле деталей и конструкций энергоустановок	221
10.6. Требования, предъявляемые к металлу в теплоэнергетике	222
Контрольные вопросы	224
Глава одиннадцатая	
Основные служебные свойства металлов в теплоэнергетике	225
11.1. Общие понятия	225
11.2. Жаропрочность	227
11.2.1. Ползучесть	228
11.2.2. Длительная прочность	232
11.2.3. Релаксация напряжений	236
11.2.4. Металловедческие факторы, влияющие на жаропрочность	240
11.3. Коррозионно-эрозионная стойкость	241
11.3.1. Общие сведения о коррозии и эрозии металла	241
11.3.2. Основные типы коррозии металла	244
11.3.3. Эрозионный износ	247
11.4. Конструкционная прочность металла и ее критерии	249
Контрольные вопросы	250
Глава двенадцатая	
Базовые стали и сплавы, стойкие к эксплуатационным воздействиям в теплоэнергетике	252
12.1. Теплостойкие стали	252
12.2. Жаропрочные стали и сплавы	256
12.3. Жаростойкие стали и сплавы	261
12.4. Коррозионно-стойкие стали и сплавы	264
12.5. Новые стали для перспективных энергоустановок со сверхкритическими параметрами пара	272
Контрольные вопросы	274
Раздел третий	
КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕГО РЕСУРСА	275
Глава тринадцатая	
Контроль металла и показатели его эксплуатационной надежности	276
13.1. Поверхности нагрева котлов	276

ОГЛАВЛЕНИЕ

13.2. Паропроводы	278
13.3. Барабаны котлов	281
13.4. Роторы турбин.....	283
13.5. Детали турбин	284
13.6. Сварные соединения и крепеж	288
13.7. Оперативный безобразцовый контроль микроструктуры и механических свойств металла оборудования и трубопроводов	290
13.7.1. Безобразцовый контроль микроструктуры металла	290
13.7.2. Безобразцовый контроль кратковременных механических свойств	292
Контрольные вопросы	305
Глава четырнадцатая	
Ресурс металла оборудования и трубопроводов ТЭС	307
14.1. Общие понятия о ресурсе эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС	307
14.2. Обеспечение ресурса металла на стадиях проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации энергоустановок	309
14.2.1. Обеспечение ресурса на стадии проектно-конструкторских работ	309
14.2.2. Обеспечение ресурса на стадиях изготовления и монтажа оборудования и трубопроводов	310
14.2.3. Обеспечение ресурса на стадии эксплуатации	312
14.3. Прогнозирование остаточного ресурса	314
14.4. Характеристики жаропрочности как параметры диагностики ресурса металла	319
14.5. Продление ресурса эксплуатации оборудования и трубопроводов	322
Контрольные вопросы	324
Глава пятнадцатая	
Восстановление ресурса и защита металла в теплоэнергетике	325
15.1. Восстановление ресурса металла паропроводов термической обработкой	325
15.2. Восстановление ресурса металла роторов	331
15.3. Восстановление ресурса металла лопаток паровых турбин	332
15.4. Восстановление ресурса металла лопастей циркуляционных насосов	335
15.5. Защита металла от коррозии и эрозии	335
Контрольные вопросы	338
Список литературы	339