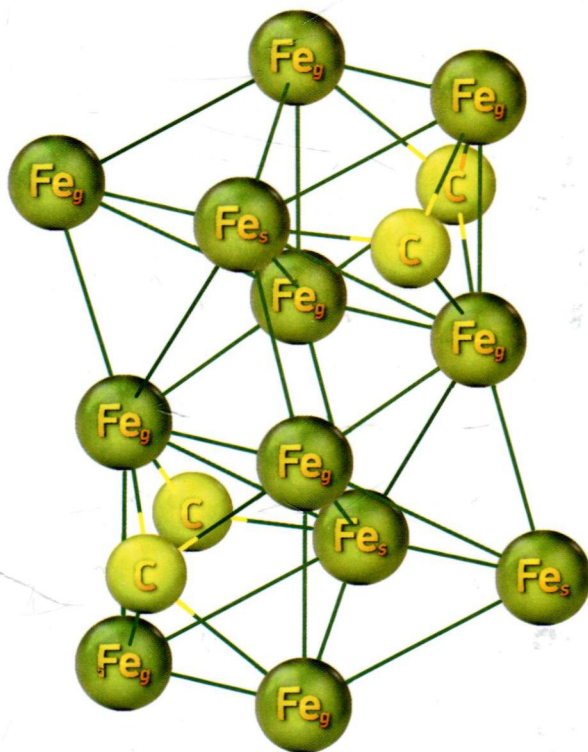


Цементит

в углеродистых сталях



Министерство образования и науки Российской Федерации

Российская академия наук

Уральское отделение

Институт физики металлов

ЦЕМЕНТИТ В УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ

Коллективная монография

Екатеринбург
Издательство УМЦ УПИ
2017

УДК 669.112: 620.18

ББК 34.32

Ц36

Под редакцией

В. М. Счастливецва, акад. РАН,
зав. лабораторией физического металловедения
Института физики металлов УрО РАН

Ц36 **Цементит в углеродистых сталях** : коллектив. монография /
под ред. В. М. Счастливецва. – Екатеринбург : Издательство
УМЦ УПИ, 2017. – 380 с.

ISBN 978-5-8295-0534-9

Цементит (карбид железа) является упрочняющей фазой в углеродистых и низколегированных сталях с перлитной структурой. Изучение его морфологии и структурных особенностей – важная и актуальная задача современного физического металловедения.

В монографии приведены экспериментальные результаты по изучению структуры цементита, как структурной составляющей перлита. Рассмотрены теоретические представления кристаллографии цементита и приведены данные первопринципных расчетов электронной структуры цементита. Большое внимание уделено морфологическим и кристаллографическим характеристикам цементита в сталях с перлитной структурой после различных режимов термообработки. Представлены новые и оригинальные данные нейтронографического, EELFS- и ЯГР-исследования цементита в углеродистых сталях. Детально проанализирована ориентационная связь между ГЦК решеткой аустенита и структурными составляющими перлита (α -фазой и Fe_3C), а также α -фазой мартенсита. Приводятся данные об эволюции структуры пластинчатого и зернистого перлита после холодной пластической деформации.

Книга предназначена для научных работников, работающих в области физики конденсированного состояния и материаловедения, а также может быть полезна студентам старших курсов и аспирантам, обучающимся по соответствующим специальностям.



*«Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований по
проекту № 17-12-00096, не подлежит продаже»*

УДК 669.112: 620.18

ББК 34.32

ISBN 978-5-8295-0534-9

© Авторы, 2017

© Институт физики металлов УрО РАН, 2017

© ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2017

Оглавление

Введение	В.М. Счастливцев. Некоторые аспекты изучения структуры цементита в углеродистых сталях	3
Часть I	Теоретические представления о структуре цементита	9
Глава 1	Н.И.Медведева <i>Ab initio</i> моделирование свойств цементита, влияние примесей и вакансий	10
	1.1. Электронная структура, стабильность, магнитные и упругие свойства цементита	10
	1.2. Влияние углеродного разупорядочения и вакансий на электронную структуру, магнитные свойства и стабильность Fe ₃ C	21
	1.3. Влияние примесей на электронную структуру, магнитные свойства и стабильность Fe ₃ C	25
	1.4. Стабильность соединений M ₃ C и M ₃ X со структурой цементита	39
Глава 2	В.С. Крапошин, А.Л. Талис. Некристаллографические симметрии кристаллической структуры цементита и ее превращений	42
	2.1. Комбинаторное описание локальных объединений атомных кластеров	44
	2.2. Симметричные особенности кристаллической структуры цементита	62
	2.3. Превращения в твердом состоянии с участием цементита	67
	2.4. Заключение	75
Глава 3	Л.Е. Карькина, И.Н. Карькин, А.Р. Кузнецов, И.Г. Кабанова. Атомистическое моделирование дефектов упаковки и расщепление дислокаций в цементите	80
	3.1. Методика расчета	81
	3.2. Дефекты упаковки в плоскостях (001), (010) и (100) цементит	82
	3.3. Атомистическое моделирование дефектов упаковки в плоскостях, содержащих вектор [010] цементита	100
	3.4. Атомистическое моделирование дефектов упаковки в плоскостях, содержащих вектор [100] цементита	115
	3.5. Кристаллогеометрический анализ механизмов передачи деформации через межфазную границу феррит/цементит в сталях с тонкопластинчатой перлитной структурой	132

Часть II	Экспериментальные исследования структуры цементита	149
Глава 4	И.Л. Яковлева, Л.Е. Карькина, Д.А. Мирзаев, В.М. Счастливец. Электронно-микроскопическое исследование эволюции дефектной структуры карбидной фазы пластинчатого перлита при отжиге в α -состоянии	150
	4.1. Методика исследования	151
	4.2. Дефекты цементита крупнопластинчатого свежеобразованного перлита	153
	4.3. Кристаллография коагуляции цементита при отжиге пластинчатого перлита	168
	4.4. Изменение структуры ферритной составляющей перлита при длительном отжиге	178
Глава 5	Т.И. Табачикова. Исследование локальной атомной структуры цементита	193
	5.1 Исследование структуры цементита в углеродистой стали методом ЯГР спектроскопии	195
	5.2 Влияние термической обработки на локальную атомную структуру цементита Fe_3C в стали	208
Глава 6	В.И. Воронин. Нейтронографическое исследование структуры цементита	218
	6.1. Метод нейтронографии	218
	6.2. Экспериментальные результаты	222
Глава 7	Л.Е. Карькина, И.Г. Кабанова, И.Л. Яковлева. Ориентационная связь между аустенитом и тонкопластинчатым перлитом	244
	7.1. Материал и методика исследования	246
	7.2. Анализ ориентационных соотношений	248
Глава 8	В. М. Счастливец, И. Л. Яковлева, Л. Е. Карькина, Ю. В. Хлебникова, Т. И. Табачикова. Анализ ориентационной связи между аустенитом, видманштеттовыми карбидами и мартенситом в высокоуглеродистой стали 150Г4 после изотермического $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения	257
	8.1. Материал и методы исследования	258
	8.2. Результаты экспериментальных исследований	259

Глава 9	Л.Е. Карькина, И.Л. Яковлева, В.М. Счастливцев. Эволюция дефектной структуры ревертированного аустенита при нагреве пластинчатого перлита	272
	9.1. Материалы и методы исследования	273
	9.2. Результаты экспериментального исследования	274
Глава 10	И.Л. Яковлева, Л.Е. Карькина. Электронно-микроскопический анализ дефектов в структурных составляющих крупно пластинчатого перлита после холодной пластической деформации	285
Глава 11	И.Л. Яковлева, Л.Е. Карькина. Дислокационная структура и свойства цементита в зернистом перлите	301
	11.1. Материалы и методика исследования	301
	11.2. Металлографическое исследование	302
	11.3. Электронно-микроскопическое исследование	304
	11.4. Исследование твердости и модуля упругости цементита	321
Глава 12	Д.А. Мирзаев, К.Ю. Окишев. Точечные и плоскостные дефекты в цементите	326
	12.1. Возможные положения атомов углерода в цементите	326
	12.2. Дефекты упаковки в цементите	334
	12.3. Теория дифракции на дефектах упаковки в цементите	338
	Список литературы	348