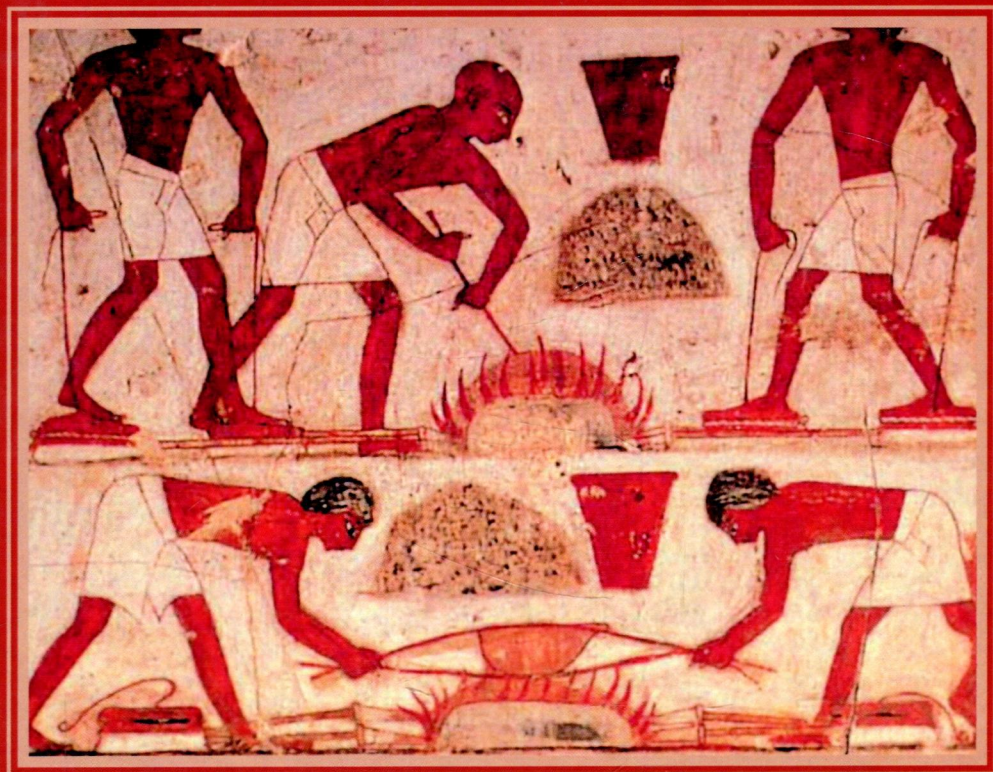


С. В. Давыдов, Д. А. Болдырев



# МОДИФИЦИРОВАНИЕ ГРАФИТИЗИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЧУГУНОВ

**С. В. Давыдов, Д. А. Болдырев**

**МОДИФИЦИРОВАНИЕ ГРАФИТИЗИРОВАННЫХ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ ЧУГУНОВ**

*Учебное пособие*

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2021

УДК 620.17+669.131

ББК 34.22

Д13

*Рецензенты:*

доктор технических наук, профессор кафедры технологии материалов, надежности, ремонта машин и оборудования Брянской государственной сельскохозяйственной академии *В. Я. Коршунов*;  
кандидат технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой технологии конструкционных материалов и ремонта машин Брянской государственной инженерно-технологической академии *В. В. Камынин*

**Давыдов, С. В.**

**Д13** Модифицирование графитизированных конструкционных чугунов : учебное пособие / С. В. Давыдов, Д. А. Болдырев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 208 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0621-5

Рассматриваются основополагающие, базовые практические и теоретические вопросы модифицирования расплава чугуна. Приводятся сведения по используемым материалам и технологическим способам обработки для получения всех типов чугунов.

Для студентов и аспирантов литейных и металлургических специальностей. Может быть полезно инженерно-техническим работникам чугунолитейных производств и предприятий.

УДК 620.17+669.131

ББК 34.22

ISBN 978-5-9729-0621-5

© Давыдов С. В., Болдырев Д. А., 2021

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1. Модифицирование графитизированных конструкционных чугунов</b> .....	5
1.1. Понятие модифицирования и его специфика .....	5
1.2. Механизмы формирования и роста включений графита.....	8
1.2.1. Графитообразование в ВЧ.....	9
1.2.2. Графитообразование в СЧ.....	11
1.3. «Старение» модифицирующего эффекта .....	12
1.4. Составы графитизирующих модификаторов .....	14
1.5. Выбор модификаторов для СЧ и вторичного графитизирующего модифицирования ВЧ.....	16
1.5.1. Алюмосодержащий ферросилиций .....	20
1.5.2. Барийкальцийсодержащий ферросилиций .....	23
1.5.3. Экономичный барийкальцийсодержащий ферросилиций.....	25
1.5.4. РЗМ-содержащий ферросилиций .....	28
1.5.5. Комплекснолегированный ферросилиций .....	32
1.5.6. Ферросиликостронций.....	35
1.5.7. Ферросиликостронций с цирконием .....	40
1.5.8. Ферросиликокальций с церием и алюминием, активными серой и кислородом .....	42
1.5.9. Ферросиликоцирконий с кальцием .....	46
1.6. Рекомендуемый химический состав СЧ .....	49
<b>Глава 2. Модификаторы для СЧ, ВЧ и ЧВГ</b> .....	51
2.1. Выбор сфероидизирующих модификаторов для ВЧ.....	51
2.2. Усвоение магния и изменение расхода модификатора при ковшевом модифицировании ВЧ .....	52
2.3. Общие сведения о ФСМг.....	55
2.4. ЧВГ и модификаторы для его получения .....	61
2.5. Магний и сера в ВЧ.....	73
2.6. Изменение содержания магния при выдержке расплава высокопрочного чугуна.....	74
2.7. Рекомендуемый химический состав ВЧ .....	77
<b>Глава 3. Технологии модифицирования чугунов</b> .....	79
3.1. Способы графитизирующего модифицирования чугунов.....	79
3.1.1. Ковшевое модифицирование .....	79
3.1.2. Модифицирование в струе .....	80
3.1.3. Модифицирование в литейной форме .....	83
3.2. Процессы обработки расплава чугуна магнием.....	83

3.2.1. «Сэндвич»-процесс с карманом.....	89
3.2.2. Ковш с крышкой.....	93
3.2.3. Альтернативные варианты ковша с промежуточной крышкой.....	96
3.2.4. Внутриформенное модифицирование .....	102
<b>Глава 4. Литейные дефекты в чугунах .....</b>	<b>107</b>
4.1. Основные литейные дефекты в ВЧ .....	107
4.2. Ухудшение морфологии ССГ в ВЧ .....	107
4.3. Десульфурация чугунов.....	112
4.4. Водородная пористость в чугунах.....	115
4.5. Алюминий в чугунах .....	117
4.6. Азотная пористость в чугунах .....	120
4.7. Окись-углеродная газовая пористость в СЧ.....	122
4.8. Шлаковые включения в СЧ.....	123
4.9. Магнийсодержащие шлаковые включения в ВЧ .....	125
4.10. Усадочная пористость .....	127
<b>Глава 5. Сохранение тепла жидкого чугуна .....</b>	<b>134</b>
<b>Глава 6. Отбор проб расплава чугуна .....</b>	<b>137</b>
6.1. Сегрегация основных элементов .....	138
6.2. Флотация частиц по закону Стокса.....	138
6.3. Пробоотбор: рекомендации и особенности.....	139
<b>Глава 7. Распределение шлаковых фаз при модифицировании и разливке ВЧ .....</b>	<b>140</b>
<b>Глава 8. Окисление ферросилициевых сплавов при хранении .....</b>	<b>143</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>144</b>
<b>Приложение 1. Основные типы современных модификаторов для чугуна и стали .....</b>	<b>145</b>
<b>Приложение 2. Технология управления наноструктурным состоянием железоуглеродистых расплавов .....</b>	<b>156</b>
<b>Приложение 3. О формировании различных форм графита в чугуне.....</b>	<b>170</b>
<b>Приложение 4. Гипотезы о кристаллизации шаровидного графита.....</b>	<b>188</b>