

А. А. Филиппенков • Ю. А. Дерябин
Л. А. Смирнов

**ЭФФЕКТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ
ВАНАДИЕМ**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК • УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
ОАО “УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛОВ”

А. А. Филиппенков, Ю. А. Дерябин
Л. А. Смирнов

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ
ВАНАДИЕМ**

ЕКАТЕРИНБУРГ • 2001

УДК 669.292

Филиппенков А. А., Дерябин Ю. А., Смирнов Л. А.
Эффективные технологии легирования стали ванадием. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. ISBN 5—7691—1193—3.

Отмечена значительная роль ванадия как высокоэффективного, а в ряде случаев незаменимого, легирующего элемента. Представлены сведения по объемам использования ванадия в России и в США для легирования различных сталей и сплавов. Проанализирован механизм влияния ванадия на микроструктуру и прочностные характеристики стали. Кратко описаны основные виды производимых в России низколегированных ванадием сталей (для строительных конструкций, для труб нефтегазопроводов, машиностроительные, транспортного назначения, для автомобилестроения, для отливок и т. д.) и чугунов. Приведены данные по химическому составу феррованадия (в т. ч. азотированного), ванадийсодержащих лигатур и различных промежуточных продуктов: ванадиевого чугуна, ванадиевого шлака, ванадийсодержащего металлоотсева, брикетов, металлизированных ванадийсодержащих окатышей. Показана целесообразность применения для введения в сталь ванадия промежуточных продуктов ванадиевых переделов, что позволяет существенно увеличить сквозное извлечение его из концентрата до стали и экономить ресурсы ванадия.

Рассмотрены технологические особенности экономически выгодных для предприятий процессов прямого легирования стали ванадием, осуществляемых при использовании материалов, содержащих ванадий в виде оксидов: конвертерного ванадиевого шлака, ванадийсодержащего металлоотсева и металлизированных ванадийсодержащих окатышей. Приведены основные параметры технологических процессов выплавки с использованием ванадиевого шлака сталей различных марок, как низколегированных, так и высоколегированных — высокомарганцовистых и быстрорежущих.

Издание предназначено для специалистов научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технических работников металлургических предприятий, преподавателей и студентов металлургических специальностей вузов и техникумов.

Табл. 62. Ил. 24. Библиогр. 160 назв.

На форзаце: Выпуск феррованадия из электропечи на Чусовском металлургическом заводе.

ISBN 5—7691—1193—3

Ф $\frac{97(01)-45}{8П6(03)1998}$ БО

© А. А. Филиппенков,
Ю. А. Дерябин,
Л. А. Смирнов, 2001 г.
© УрО РАН, 2001 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

О разработках Уральского института металлов по решению проблем ванадия в черной металлургии.....	7
Предисловие	13
Глава 1. Общие вопросы производства и рационального использования ванадия	21
1.1. Актуальность проблемы разработки эффективных технологий легирования сталей и чугунов ванадием.....	21
1.1.1. Основы процессов комплексной переработки титаномагнетитов с попутным извлечением ванадия	21
1.1.2. Основные способы легирования стали ванадием.....	27
1.2. Влияние ванадия на микроструктуру и механические свойства сталей, чугунов и сплавов	32
1.3. Низколегированные ванадием стали	38
1.3.1. Стали для строительных конструкций	39
1.3.2. Стали для труб нефтегазопроводов.....	41
1.3.3. Машиностроительные стали.....	42
1.3.4. Стали транспортного назначения	43
1.3.5. Стали для автомобилестроения.....	44
1.3.6. Стали для отливок	45
1.4. Ванадийсодержащие сплавы на основе титана.....	47
1.4.1. Общие сведения.....	47
1.4.2. Получение и применение титановых сплавов.....	48
1.4.3. Химический состав сплавов	50
Глава 2. Технологии легирования стали ванадием с использованием феррованадия и ванадийсодержащих лигатур и сплавов....	52
2.1. Вопросы легирования стали и чугуна с применением феррованадия.....	52
2.1.1. Общие сведения о химическом составе и металлургических свойствах феррованадия	52
2.1.2. Особенности технологии выплавки феррованадия.....	60
2.1.3. Легирование стали с использованием феррованадия .	68
2.1.4. Получение и применение азотированного феррованадия	70
2.2. Легирование стали с применением ванадийсодержащих лигатур	78
2.2.1. Получение и химический состав ванадийсодержащих лигатур	78

2.2.2. Технология легирования стали с использованием лигатур	89
2.3. Легирование стали с применением ванадиевого чугуна	95
2.3.1. Общие вопросы использования ванадиевого чугуна ..	95
2.3.2. Технология легирования стали с применением ванадиевого чугуна	97
Глава 3. Технологии прямого легирования стали ванадием с применением материалов, содержащих ванадий в виде оксидов.	105
3.1. Общие положения	105
3.2. Основы технологии легирования стали с использованием ванадиевого шлака	115
3.3. Особенности технологии внепечного прямого легирования стали ванадием	126
3.4. Использование для легирования стали ванадийсодержащего металлоотсева	132
3.5. Применение ванадийсодержащих брикетов на основе ванадиевого шлака	139
3.5.1. Общие сведения	139
3.5.2. Шлакоугольные брикеты для прямого легирования стали ванадием	142
3.5.3. Экзотермические брикеты для полупрямого легирования стали ванадием	144
3.6. Прямое легирование стали ванадием с использованием металлургических ванадийсодержащих окатышей и брикетов ..	147
3.7. Прямое легирование стали ванадием с использованием зольно-шламовых отходов тепловых электростанций	155
3.7.1. Общие сведения	155
3.7.2. Технология легирования стали с использованием зольных отходов	159
Глава 4. Особенности технологии выплавки ванадийсодержащих сталей с использованием ванадиевого шлака	165
4.1. Особенности выплавки низколегированных сталей в подовых печах с использованием ванадиевого шлака	168
4.1.1. Выплавка стали в основных электропечах	168
4.1.2. Выплавка стали в кислых электропечах	172
4.1.3. Выплавка стали в кислых маргеновских печах	174
4.2. Выплавка в электропечах высоколегированных сталей с использованием ванадиевого шлака	180
4.2.1. Выплавка высокомарганцовистой стали	180
4.2.2. Выплавка быстрорежущих сталей	186
Заключение	194
Список литературы	198
Сведения об авторах	208