



В. И. Болобов

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТИТАНА В АВТОКЛАВНЫХ ПРОЦЕССАХ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗООБРАЗНОГО КИСЛОРОДА



В. И. БОЛОВОВ

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТИТАНА

В АВТОКЛАВНЫХ ПРОЦЕССАХ
ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
ГАЗООБРАЗНОГО КИСЛОРОДА

Монография



• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •
• МОСКВА • КРАСНОДАР •
2019

ББК 34.3

Б 79

Болобов В. И.

Б 76 Безопасность применения титана в автоклавных процессах цветной металлургии с применением газообразного кислорода: Монография. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 144 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1977-7

На основании анализа имеющихся литературных и полученных с участием автора экспериментальных данных о самовозгорании металлов и сплавов в кислородсодержащих средах предлагается возможный механизм возгорания металлических материалов при разрушении с объяснением уникальной способности к самовозгоранию титана и его сплавов. Обсуждается возможность надежной и безопасной эксплуатации титанового оборудования в процессах автоклавного выщелачивания цветных металлов с применением газообразного кислорода.

Монография предназначена для сотрудников научно-исследовательских институтов и инженерно-технических работников предприятий цветной металлургии, а также студентов, магистров и аспирантов металлургических кафедр технических вузов.

ББК 34.3

Рецензенты:

В. М. СИЗЯКОВ — доктор технических наук, профессор кафедры металлургии факультета переработки минерального сырья Национально-сырьевого университета «Горный»;

Я. М. ШНЕЕРСОН — доктор технических наук, профессор, ген. директор ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия».

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2019

© В. И. Болобов, 2019

© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2019



ОГЛАВЛЕНИЕ

Список принятых обозначений	5
Предисловие	8
<i>Глава 1</i>	
Обзор литературных данных	13
1.1. Условия возгорания титана и его сплавов в кислородсодержащих средах	13
1.2. Закономерности окисления металлов с ювенильной поверхностью	32
<i>Глава 2</i>	
Использованные методики экспериментов	36
2.1. Методики по изучению условий самовозгорания металлов	36
2.2. Эксперименты по изучению возможности поджигания титановых конструкций серосодержащими отложениями	44
<i>Глава 3</i>	
Результаты экспериментального исследования	47
3.1. Условия самовозгорания титана и других металлических материалов в кислороде и его смесях	47
3.2. Возможность поджигания титановых конструкций серосодержащими отложениями	58
3.2.1. Условия самовоспламенения серы и серосодержащих отложений в кислороде и его смесях	58
3.2.2. Экспериментальная оценка возможности поджигания металлических конструкций серосодержащими отложениями	60
<i>Глава 4</i>	
Поведение металлических материалов при обдуве образцов высокоскоростным потоком кислорода	63
4.1. Результаты эксперимента	63
4.2. Результаты дополнительных исследований	66
4.3. Возможный механизм процесса	71
4.4. Обсуждение результатов	73

Глава 5

Теория возгорания металлов при разрушении	75
5.1. Анализ существующих теорий	75
5.2. Разогрев фрагментов разрушения как ключевой фактор, объясняющий самовозгорание металлических материалов	79
5.3. Количественная связь между критическими параметрами возгорания металлов	85
5.4. Природа и условия теплообмена инициаторов возгорания	88
5.5. Кинетические параметры реакций окисления металлов с ювенильной поверхностью	91
5.6. Обсуждение механизма процесса	94

Глава 6

Объяснение влияния различных факторов на величину критического давления возгорания металлов	102
6.1. Состав и физико-механические свойства сплава	102
6.2. Температура окружающей среды	103
6.3. Геометрические размеры образца и характер разрушения	107
6.4. Способ и скорость появления ювенильной поверхности	108
6.5. Влияние защитных покрытий	112
6.6. Влияние разбавления кислорода другими газами	114

Глава 7

Возможность безопасной эксплуатации титановых сплавов в автоклавных процессах с использованием кислорода	119
7.1. Условия безопасной эксплуатации титановых сплавов в автоклавах при отсутствии трущихся металлических поверхностей	119
7.2. Обеспечение безопасной эксплуатации титановых сплавов в аварийных ситуациях, сопровождающихся возникновением трущихся поверхностей	124
Заключение	131
Список литературы	134