

УДК 539.2:537.533

ББК 22.37:22.338

Г56

**Гнюсов С.Ф.**

Г56      Электронный луч в формировании неравновесных структур: монография / С.Ф. Гнюсов, В.Г. Дураков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 115 с.

ISBN 978-5-4387-0151-4

В монографии обобщены результаты, полученные при воздействии концентрированных потоков энергии на конструкционные и инструментальные стали, композиционные материалы и твердые сплавы. Приведены данные об использовании концентрированных потоков энергии в промышленности. Особое внимание уделено систематическому исследованию структурно-фазового состава композиционных покрытий на основе быстрорежущей стали, полученных в условиях вакуумной электронно-лучевой наплавки.

Предназначена для научных сотрудников, инженерно-технических работников металлургических и машиностроительных предприятий и организаций, занимающихся разработкой и нанесением упрочняющих покрытий с использованием концентрированных источников энергии, а также может быть полезна аспирантам и студентам старших курсов соответствующих специальностей.

УДК 539.2:537.533

ББК 22.37:22.338

*Рецензенты*

Доктор технических наук  
ведущий научный сотрудник ИФПМ СО РАН

*И.М. Полетика*

Кандидат технических наук  
старший научный сотрудник ИСЭ СО РАН

*И.М. Гончаренко*

*Монография подготовлена при финансовой поддержке гранта, выполняемого в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 8.3664.2011.*

ISBN 978-5-4387-0151-4

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2012

© Гнюсов С.Ф., Дураков В.Г., 2012

© Обложка. Издательство Томского  
политехнического университета, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Глава 1. КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ.....	8
1.1. Использование концентрированных потоков энергии для упрочнения рабочих поверхностей деталей механизмов и машин .....	8
1.1.1. Упрочнение лучами лазера .....	8
1.1.2. Плазменная наплавка.....	14
1.1.3. Ионная имплантация .....	16
1.2. Электронно-лучевое воздействие.....	17
1.2.1. Электронно-лучевое облучение .....	17
1.2.2. Электронно-лучевая наплавка .....	22
1.2.3. Оборудование для вакуумной электронно-лучевой наплавки.....	32
Глава 2. СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ИСХОДНЫХ ПОРОШКОВ И КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЕКОВ НА ИХ ОСНОВЕ.....	39
2.1. Структурно-фазовый состав исходных порошков .....	39
2.2. Структурно-фазовый состав композиционных спеков .....	42
Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРНО- ФАЗОВОГО СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ.....	47
3.1. Структура, фазовый состав и микротвердость образцов быстрорежущей стали, облученных электронным лучом или наплавленных порошком стали Р6М5.....	47
3.2. Изменение структурно-фазового состава и твердости композиционных покрытий «сталь Р6М5-WC» в зависимости от содержания карбида вольфрама в исходной шихте и термической обработки.....	51
3.3. Влияние числа проходов электронного луча на структурно-фазовый состав и микротвердость наплавки сталь Р6М5+20 % WC.....	63
3.4. Влияние карбида титана на структурно-фазовый состав и микротвердость покрытий на основе стали Р6М5 .....	68
3.5. Изменение структурно-фазового состава и твердости композиционных покрытий «сталь Р6М5-(WC+TiC)» в зависимости от содержания карбида вольфрама в исходной шихте.....	74

Глава 4. ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ	
ПОКРЫТИЙ .....	82
4.1. Износостойкость композиционных покрытий	
«сталь Р6М5-WS» .....	82
4.2. Износостойкость композиционных покрытий	
«сталь Р6М5-(WS+TiC)» .....	90
4.3. Износостойкость композиционных покрытий	
«сталь Р6М5-TiC» .....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	99