



С.В. Николенко  
А.Д. Верхотуров

**НОВЫЕ  
ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО  
ЛЕГИРОВАНИЯ**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ХАБАРОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Институт материаловедения

*С.В. Николенко, А.Д. Верхотуров*

**НОВЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ**



Владивосток  
Дальнаука  
2005

УДК 621.9.048

**Николенко С.В., Верхотуров А.Д. Новые электродные материалы для электроискрового легирования.** Владивосток: Дальнаука, 2005. 219 с. ISBN 5-8044-0404-0.

В монографии обобщены принципы создания электродных материалов для электроискрового легирования и разработаны новые электродные материалы с использованием самофлюсующихся и минеральных добавок. Установлена взаимосвязь свойств электроискровых покрытий с режимами их нанесения и свойствами материала легирующего электрода.

Книга рассчитана на широкий круг научных и инженерно-технических работников, занимающихся электрофизическими методами упрочнения и созданием электродных материалов для электроискрового легирования.

Ил. 75, табл. 53, библи. 252.

***Nikolenko S.V., Verkhoturov A.D. New electrode materials for electrospark alloying.*** Vladivostok: Dalnauka, 2005. 219 p. ISBN 5-8044-0404-0.

In the monography the principles of creation of electrode materials for electrospark alloying are generalized and the new electrode materials with use self-fluxing and mineral additives are developed. The interrelation of properties of electrospark coverings with modes of their drawing and properties of a material alloy of an electrode is established.

The book is designed for a wide circle of the scientific and nonproduction workers engaged in electrophysical methods of hardening and creation of electrode materials for electrospark alloying.

Ill. 75, tabl. 53, bibl. 252.

Ответственный редактор д. т. н., проф. П.С. Гордиенко  
Рецензент д. т. н., проф. В.А. Забродин

Утверждено к печати Ученым советом ИМ ХНЦ ДВО РАН

ISBN 5-8044-0404-0

© Николенко С.В., Верхотуров А.Д., 2005 г.  
© Дальнаука, 2005 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
<b>Глава 1. Физические основы процесса электроискрового легирования .</b>	<b>7</b>
1.1. Принципиальная схема процесса ЭИЛ .....	7
1.2. Модель процесса ЭИЛ Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко ..	7
1.3. «Обобщения» процесса ЭИЛ.....	11
1.4. Обобщённая модель процесса ЭИЛ.....	19
1.5. Основные параметры процесса ЭИЛ.....	27
1.6. Формирование вторичной структуры на аноде.....	31
Выводы .....	34
<b>Глава 2. Научные основы создания электродных материалов.....</b>	<b>35</b>
2.1. Электродные материалы, используемые при ЭИЛ .....	35
2.2. Классификация электродных материалов .....	40
2.3. Эрозия материалов электродов при ЭИЛ.....	42
2.4. Формирование изменённого поверхностного слоя (ИПС) при ЭИЛ.....	50
2.5. Физико-химические свойства легированного слоя.....	57
2.6. Физико-химические критерии создания электродных ма- териалов для ЭИЛ .....	64
Выводы .....	78
<b>Глава 3. Гетерофазные электродные материалы на основе карбидов....</b>	<b>79</b>
3.1. Электродные материалы на основе карбида титана .....	79
3.2. Электродные материалы на основе карбида вольфрама.....	101
3.2.1. Электродные материалы на основе карбида вольф- рама с добавками датолитового концентрата.....	101
3.2.2. Электродные материалы на основе карбида вольф- рама с самофлюсующимися добавками.....	116
3.2.3. Новые электродные материалы, синтезированные из вольфрамсодержащего минерального сырья, и отработка процесса нанесения покрытий методом ЭИЛ .....	129
3.2.3.1. Методика проведения эксперимента по вы- щелачиванию шеелитового концентрата.....	130
3.2.3.2. Методика проведения эксперимента по угле- термическому восстановлению шеелитового концентрата.....	132
3.2.3.3. Синтез карбида вольфрама алюмотермиче- ским способом.....	133
3.2.3.4. Технология изготовления компактных элек- тродов.....	135
3.2.3.5. Исследование кинетики процесса ЭИЛ.....	135
Выводы .....	137

---

<b>Глава 4. Гетерофазные порошковые электродные материалы на основе боридов/оксидов циркония и вольфрама для механизированного ЭИЛ</b> .....	139
4.1. Использование процессов горения для получения материалов на основе боридов вольфрама и циркония.....	139
4.2. Исследование формирования упрочненного слоя на стали 45 при механизированном ЭИЛ порошковыми композиционными порошками на основе диоксида циркония....	149
4.3. Исследование формирования упрочненного слоя на стали 45 при механизированном ЭИЛ порошковыми композиционными порошками на основе борида циркония.....	153
4.4. Исследование формирования упрочненного слоя на стали 45 при механизированном ЭИЛ порошковыми композиционными порошками на основе борида вольфрама.....	156
Выводы.....	159
<b>Глава 5. Механизированное электроискровое легирование стали Х12Ф1 переходными металлами IV–VI групп Периодической системы элементов</b> .....	160
Выводы.....	173
<b>Глава 6. Поверхностная обработка титанового сплава BT-20 электроискровым легированием</b> .....	175
Выводы.....	186
<b>Глава 7. Стенд для электроискрового легирования</b> .....	187
Выводы.....	196
Заключение.....	197
Литература.....	200