

20-4044

С.А. Соловьев, В.В. Иванайский, А.В. Ишков,
Н.Т. Кривочуров, В.П. Лялякин, В.Ф. Аулов

ИЗНОСОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗМАШИН

20-04045

Российская академия наук

**С.А. Соловьев, В.В. Иванайский, А.В. Ишков,
Н.Т. Кривочуров, В.П. Лялякин, В.Ф. Аулов**

**ИЗНОСОСТОЙКИЕ
КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ
ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
СЕЛЬХОЗМАШИН**

Москва
2019

УДК 61.3:539.4
ББК 40.72:22.251
И 33

Авторы:

С.А. Соловьев, В.В. Иванайский, А.В. Ишков,
Н.Т. Кривочуров, В.П. Лялякин, В.Ф. Аулов

Рецензенты:

Голубев И.Г., д-р.т.н., профессор;
Юдин В.М., д-р.т.н., профессор.

И 33 Износостойкие композиционные покрытия для рабочих органов сельхозмашин / С.А. Соловьев, В.В. Иванайский, А.В. Ишков, Н.Т. Кривочуров, В.П. Лялякин, В.Ф. Аулов – Москва: РАН, 2019. – 187 с.: ил.

ISBN 978-5-907036-41-3

Для повышения ресурса различных деталей и узлов сельхозмашин, работающих в условиях интенсивного абразивного износа, их изнашиваемые участки часто упрочняются посредством использования высокочастотного электромагнитного поля (индукционной наплавкой), а в качестве защитного износостойкого слоя в технологическом процессе применяются порошковые материалы, по химическому составу представляющие собой многокомпонентные (композитные) системы Fe-Cr-C-B, Fe₂B-Fe-B и др.

В научном издании приведены краткий обзор современного состояния применения твердосплавных и боридных покрытий для упрочнения деталей машин и технологий их нанесения, теоретическое обоснование использования разработанных авторами новых износостойких композиционных покрытий и оригинальных технологий получения (ТВЧ-наплавка, скоростное ТВЧ-борирование и др.), результаты экспериментального исследования покрытий и упрочненных ими деталей, а также конкретные производственно-практические рекомендации по упрочнению отдельных рабочих органов сельхозмашин.

Предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, ведущих специалистов сельхозмашиностроительных, ремонтных и сервисных предприятий АПК (конструкторы, гл. технологи, нач. цехов, участков).

ISBN 978-5-907036-41-3

© Соловьев С.А., Иванайский В.В.,
Ишков А.В., Кривочуров Н.Т.,
Лялякин В.П., Аулов В.Ф., 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Глава 1 МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ НА КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ.....	7
1.1 Анализ состояния вопроса. Влияние бора на свойства конструкционных сталей.....	7
1.2 Механизмы микролегирования конструкционных сталей бором.....	8
1.3 Влияние бора на свойства отдельных сталей.....	12
1.4 Особенности фазообразования при микролегировании сталей бором.....	14
1.5 Теоретическое обоснование возможности получения пластичных боридных покрытий на поверхностях деталей сложной формы.....	17
1.5.1 Кристаллохимические свойства соединений бора, образующихся в боридных покрытиях.....	18
1.5.2 Бориды железа: термодинамика образования, структура, свойства.....	19
1.5.3 Диффузионное борирование сталей.....	25
1.5.4 Строение диффузионных боридных покрытий.....	27
1.5.5 Высокоэнергетические способы и технологии повышения пластичности диффузионных боридных покрытий.....	29
1.6 Агротехнологические причины упрочнения интенсивно изнашиваемых деталей.....	34
1.7 Основные факторы, влияющие на формирование упрочняемого покрытия.....	36
1.8 Физико-химическое моделирование металлургических процессов сварки и наплавки.....	39
1.9 Моделирование тепловых процессов при нагреве многослойного материала с фазовым переходом в одном из слоев.....	45
1.10 Моделирование процесса индукционной наплавки деталей переменного сечения.....	54
1.11 Исследование металлургических процессов индукционной наплавкой.....	63
Глава 2 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ.....	67
2.1 Порошковые хромистые чугуны ПГ и смеси ПС для индукционной наплавки.....	67
2.2 Флюсы для индукционной наплавки.....	70
2.3 Прокат сталей, упрочняемых индукционной наплавкой.....	74
Глава 3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРЕВА УПРОЧНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ШИХТЫ, СТРУКТУРЫ И СОСТАВА УПРОЧНЕНИЯ СЛОЯ.....	76
3.1 Определение температуры плавления флюса.....	76
3.2 Методика определения температуры нагрева и плавления частиц высокохромистого чугуна.....	78
3.3 Разработка нового метода измерения температуры плавления наплавочной шихты.....	79
3.4 Влияние кислотно-основных свойств флюсов на структуру хромистых чугунов.....	81
3.5 Контроль тепловложения при индукционной наплавке.....	85

Глава 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УПРОЧНЯЕМОГО ПОКРЫТИЯ	88
4.1 Экспериментальное исследование образование температурных полей на упрочняемых поверхностях деталей.....	88
4.2 Особенности плавления наплавочной шихты на лезвии рабочего органа.....	90
4.3 Процесс кристаллизации высоколегированного хромистого заэвтектического чугуна.....	92
4.4 Выбор конструкционной стали для индукционной наплавки.....	95
4.5 Влияние повышенной частоты на нагрев наплавочной шихты.....	98
4.6 Переплав износостойкого покрытия угольным электродом.....	101
4.7 Влияние инокулирующих частиц на структуру и свойства износостойкого покрытия.....	107
4.8 Формирование износостойкого покрытия совместным индукционным и электроискровым упрочнением.....	114
Глава 5 ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ	120
5.1 Исследования влияния борана структуру и свойства боридных покрытий системы Fe _n B-Fe-B.....	120
5.2. Индукционная наплавка шихты с карбидом бора на углеродистую сталь.....	133
Глава 6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН	137
6.1 Повышение эксплуатационного ресурса плоскорежущих рабочих органов сельскохозяйственных машин.....	137
6.2 Технологический процесс одновременной наплавки упрочняющих материалов и закалки деталей.....	140
6.3 Технология упрочнения длинномерных рабочих органов сельскохозяйственных машин.....	145
6.4 Полевые испытания упрочненных стрельчатых лап.....	150
6.5 Влияние технологических факторов на износ поверхностно-упрочненных стрельчатых лап.....	155
6.6 Опыт упрочнения долот лемехов наплавкой электродами с борсодержащей обмазкой.....	159
Глава 7 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ УЧАСТКОВ ПРОЦЕССА ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН	164
7.1 Организация участков по упрочнению деталей индукционной наплавкой.....	164
7.2 Экономическая эффективность индукционной наплавки рабочих органов сельскохозяйственных машин.....	166
Заключение.....	172
Библиографический список.....	173