

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра эксплуатации и ремонт машин

Направление подготовки – Агроинженерия

Магистерская программа – Технический сервис в сельском хозяйстве

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

**ТЕМА: Разработка и обоснование режимов технологии упрочнения
дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин**

Студент магистратуры _____ Ситдилов
И.И.

Научный руководитель,
к. т. н., доцент _____ Вафин
Н.Ф.

Рецензент
д.т.н., профессор _____ Нуруллин
Э.Г

Заведующий кафедрой эксплуатации

и ремонт машин _____ Адигамов
Н.Р.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

Протокол № ____ от _____ 2019 г.

Казань-2019

АННОТАЦИЯ

на выпускную квалификационную работу (магистерская диссертация)
Ситдикова Ильшата Ильгамовича на тему «Разработка и обоснование
режимов технологии упрочнения дисковых рабочих органов
сельскохозяйственных машин»

Магистерская диссертация состоит из пояснительной записки на _____
листах машинописного текста.

Пояснительная записка состоит из введения, 5 разделов, выводов и
включает ____ рисунков, ____ таблиц, список использованной литературы
содержит ____ наименований.

В первом разделе пояснительной записки рассматривается состояния
вопроса, цель и задачи исследований.

Во втором разделе пояснительной записки рассматриваются вопросы,
совершенствования технологии электроконтактной приварки.

В третьем разделе пояснительной записки приведена подробная
методика исследований, оборудование и материалы для получения порошков
электроэрозионным диспергированием.

В четвертом и пятых разделах пояснительной записки представлены результаты исследований которые обоснованы расчетами экономической эффективности.

Пояснительная записка заканчивается выводами.

ABSTRACT

for final qualification work (master thesis) Sitdikov Ilshat Ilhamovich on the theme «Development and justification of modes of technology of strengthening of disk working bodies of agricultural machines»

Master's thesis consists of an explanatory note on _____ sheets of typewritten text.

Explanatory note consists of an introduction, 5 sections, conclusions and includes ____ figures, ____ tables, list of references contains _____ names.

The first section of the explanatory note discusses the status of the issue, the purpose and objectives of the research.

The second section of the explanatory note discusses the issues of improving the technology of electric contact welding.

The third section of the explanatory note contains detailed research methods, equipment and materials for obtaining powders by electroerosive dispersion.

In the fourth and fifth sections of the explanatory note presents the results of studies that are justified by the calculations of economic efficiency.

The explanatory note ends with conclusions.

СОДЕРЖАНИЕ

тр.

ВВЕДЕНИЕ.....

.....

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ....

1.1 Анализ видов изнашивания рабочих органов сельскохозяйственных машин.....	2
1.2 Методы упрочнения и восстановления дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин.....	6
1.3 Электроконтактная приварка и ее особенности при получении покрытий из порошковых материалов.....	9
1.4 Цель и задачи исследований.....	8
1.4 Выводы.....	9

.....

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ СМЕСИ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....

2.1 Особенности формирования покрытий из порошковых материалов.....	1
2.2 Расчетная оценка критических размеров очагов схватывания для случая соединения материалов с резко различными физико-механическими свойствами.....	6
2.3 Оценка влияния электропроводности порошкового слоя на распределение температур в зоне контакта «электрод-	

деталь»	при	электроконтактной	
приварке.....			0
2.4			
Выводы.....			3
3	МЕТОДИКА	ПРОВЕДЕНИЯ	
ИССЛЕДОВАНИЙ.....			5
3.1 Оборудование и материалы для получения порошков			
электроэрозионным диспергированием			
3.2 Оборудование для получения покрытий			5
электроконтактной	приваркой	порошковых	
материалов.....			
3.3 Выбор материалов для проведения			9
исследований.....			
3.4 Определение химического состава порошка.....			1
3.5 Определение прочности соединения			
.....			1
3.6			
		Опреде	0
ление коррозионной стойкости.....			
3.7			3
Определение износостойкости покрытий.....			
3.8			4
Выводы.....			
4			9
		ИССЛЕ	
ДОВАНИЕ	ОСОБЕННОСТЕЙ	ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ	
ПРИВАРКИ	ПОРОШКОВЫХ	СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ	

ДИСПЕРГИРОВАННЫЕ ОТХОДЫ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ВК8 И Т15К6.....	1
4.1 Исследование основных свойств порошков, полученных элек-троэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов ВК8 и Т15К6.....	1
4.2 Расчетно-экспериментальная оценка влияния параметров режима электроконтактной приварки порошковых смесей, содержащих диспергированные отходы твердых сплавов ВК8 и Т15К6, на прочность соединения покрытия с основой.....	3
4.3 Исследование влияния параметров режима электроконтактной приварки порошковой смеси, содержащей диспергированные отходы твердого сплава ВК8 или Т15К6, на механические и эксплуатационные свойства покрытия.....	9
5 РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ.....	
ВЫВОДЫ.....	6
.....	1
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	

Актуальность работы. В данный момент в промышленном и сельскохозяйственном производстве особое значение покупают технологии, отвечающие условиям ресурсосбережения без увеличения материальных расходов на их реализацию. Это в полной мере относится и к технологиям восстановления и упрочнения дисковых рабочих органов [[ADJF plur;gent]]с/х машин, интенсивная эксплуатация которых приводит к затуплению лезвий как результат этого их изнашивания и коррозии, что ухудшает агротехнические показатели [[ADJF femn;sing;gent]]с/х техники, увеличивает убыток и ведёт к удорожанию [[ADJF femn;sing;gent]]с/х товаров. Высокоэффективным путём увеличения срока службы таких деталей является повышение их износостойкости методом сварки, наплавки либо напыления износостойких различных сплавов, термообработки, диффузионного насыщения, химико-термической обработки и т.п.

Но, большинство используемых технологий довольно трудоёмки либо малоэффективны из-за маленькой толщины дисковых рабочих органов, к примеру дисков сошников зерновых сеялок, дисковых ножей ботворезного аппарата свеклокомбайна и др. Следует выделить, что используемые для наплавки либо напыления износостойкие различных сплавов либо их композиции имеют высокую стоимость. Это во многом повышает себестоимость восстановления и упрочнения деталей.

Одним из резервов снижения себестоимости восстановления и упрочнения дисковых рабочих органов является применение в качестве присадочного материала отходов машиностроения, в частности порошков, получаемых электроэрозионным диспергированием отходов твёрдых различных сплавов Т15к6 и Вк8. Высокоэффективным способом восстановления и упрочнения дисковых рабочих органов с применением таких порошковых материалов является электроконтактная приварка, дающая возможность брать покрытия из порошковых износостойких различных сплавов без их

расплавления, т. е. в твёрдой фазе. До данного момента возможность применения порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твёрдых различных сплав Т15к6 и Вк8 для получения упрочняющих покрытий электроконтактной приваркой практически не исследована. Это в полной мере относится и к дисковым рабочим органам [[ADJF plur;gent]]с/х машин. В соответствии с этим данная работа посвящена исследованию и разработке технологии восстановления и упрочнения дисковых рабочих органов [[ADJF plur;gent]]с/х машин электроконтактной приваркой порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твёрдых различных сплав Т15к6 и Вк8.

Степень разработанности темы. Исследование и систематизация работ таких исследователей, как Адигамов Н.Р., Абдурахимов Т.У., Бурак П.И., Каракозов Э.С., Клименко Ю.В., Молчанов Б.А., Нафиков М.З., Поляченко А.В., Сенин П.В., Черноиванов В.И. и др., посвящённых исследованию процессов восстановления и упрочнения деталей [[ADJF femn;sing;gent]]с/х и автотракторной техники электроконтактной приваркой металлической ленты либо проволоки, а также работ Абрамовича Т.М., Агафонов А.Ю., Амелина Д.В., Бабаева И.А., Верещагина В.А., Генкина Я.С., Дорожкина Н.Н., Макарова В.П., Оханова Е.Л., Сайфуллина Р.Н., Смирнягина ГодаФ., Стрелкова С.М., Тарасова Ю.В., Ульмана И.Е., Фархшатов М.Н., Шитовый А.Н., Ярош В.К. и др., посвящённых исследованию процессов восстановления и упрочнения деталей [[ADJF femn;sing;gent]]с/х и автотракторной техники электроконтактной приваркой порошковых материалов, позволяют определить научную проблему и направление последующих исследований.

Цель работы: повышение износостойкости дисковых рабочих органов [[ADJF plur;gent]]с/х машин упрочнением их рабочих поверхностей электроконтактной приваркой порошковых материалов.

Объект исследования: технология упрочнения дисковых рабочих органов [[ADJF plur;gent]]с/х машин электроконтактной приваркой с использованием порошковых материалов.

Предмет исследования: режимы технологии электроконтактной приварки с применением порошковых материалов, полученных электроэрозионной диспергированием отходов твёрдых различных сплав Т15к6 и Вк8, на физико-механические и эксплуатационные свойства покрытий, формируемых на дисковых рабочих органах [[ADJF plur;gent]]с/х машин.

Методы исследования: Самый современный метод лабораторных исследований с применением методик математической статистики и современных вычислительных комплексов.

Научная новизна:

- изучены свойства порошков, полученных электроэрозионной диспергированием отходов твёрдых различных сплав Т15к6 и Вк8, показана возможность применения таких порошков в качестве упрочняющей фазы для получения покрытий электроконтактной приваркой при их общей доле в матричном порошке ПГ-СР2, одинаковой 40...50 %;

- изучены физико-механические свойства покрытий, полученных электроконтактной приваркой порошков из отходов твёрдого различных сплав Т15к6 либо Вк8 при упрочнении дисковых рабочих органов [[ADJF plur;gent]]с/х машин.

На охрану выносятся:

- исследование возможности применения порошковых материалов, полученных электроэрозионной диспергированием отходов твёрдых

различный сплав Т15к6 и Вк8, в технологиях восстановления и упрочнения деталей электроконтактной приваркой;

- теоретические предпосылки совершенствование технологии электроконтактной приварки смеси из порошковых материалов с разными теплофизическими и физико-механическими свойствами;

- технология упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственной машин электроконтактной приваркой порошковых материалов, содержащих диспергированный отходы твёрдого различного сплава Т15к6 либо Вк8.

Практическая значимость результатов исследования:

- результаты исследований технологических свойств порошковых материалов, полученных электроэрозийной диспергирование твёрдых различного сплава Т15к6 и Вк8, и совет по их применению в технологиях восстановления и упрочнения деталей;

Реализация результатов исследования. Результаты исследований внедрены ООО «Хаерби» Лаишевского муниципального района города Республики Татарстан.

Собственный вклад автора. Непосредственное участие на всех этапах проведения теоретических и экспериментальных исследований: разработке и реализации плана теоретических и экспериментальных исследований, анализ, обработке и интерпретации полученных результатов, подготовке и написании научных статей, апробации результатов исследования на вузовских научных конференциях в 2017-2019 годах, внедрении результатов работы в производство.

Степень достоверности полученных результатов. Достоверность основных положений работы подтверждена сходимостью результатов

теоретических и экспериментальных исследований, апробацией результатов исследований на научно - сдельных конференциях, а также положительными результатами производственных испытаний.

Апробация работы. Главные положения исследований и их результаты доложены и обсуждены на вузовских сдельных конференциях в 2017-2019 годах.

Публикации. Главные материалы диссертации отражены в 5 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на ____ страницах компьютерного текста и состоит из введения, 5 разделов и выводов. Работа содержит ____ таблиц, ____ рисунка. Список литературы включает в себя ____ источников.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дисковые рабочие органы отыскивали довольно обширное использование в плугах, луцильниках, сеялках, боронах, картофелеуборочных комбайнах, свеклоуборочных комбайнах и др. сельскохозяйственных машинках. Это связано с тем, что лезвия дисковых рабочих органов в некое количество раз длиннее лезвий лемешных, лапчатых и остальных рабочих органов такого же назначения. Диски наименее подвержены забиванию, элементарны в эксплуатации и разрешают просто выверять глубину отделки. Для производства дисков более нередко употребляют сталь 65Г, 70Г, 45Л при этом их поперечник в зависимости от специфики выполняемой работы сочиняет 250 - 800 мм, а толщина 2, 5 - 8, 0 мм. При изготовлении новейших дисков их подвергают термической обработке до НК 35... 45. Диски сошников сеялок вследствие незначительной толщины не подвергают термической обработке, благодаря чему они имеют сравнительно невысокую твердость и прочность и,

как следствие, низкую износостойкость и живучесть. За крайние годы в России употребляются пахотные земли возле 100 млн. га. Потребность сельского хозяйства страны в дисковых рабочих органах сочиняет приблизительно 4 млн. шт. в год. На изготовление дисковых рабочих органов расходуется до 12 тыс. т высококачественной листовой стали, при этом примерно 1, 2 тыс. т данной стали безвозвратно пропадает в грунте вследствие износа при эксплуатации дисков. Следует отметить, что для зарубежных компаний типично использование высоколегированной стали с следующей высококачественной термообработкой, или упрочнением режущей доли жесткими сплавами. Упрочненные на шаге производства рабочие органы почвообрабатывающих машин издаются такие компании, как la pina(Испания), forges de piaux(Франция), land(США, Великобритания), kvemelend(Германия). Производимые данными фирмами рабочие органы обладают наилучшей износостойкостью, но при этом имеют высшую цену. Основные свойства дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин приведены в таблице 1.

Таблица 1. 1 - Характеристики неких дисковых рабочих органов

№	п.	п.	Наименование
детали			Материал
Размер	детали		Угол
Толщина	лезвия,	мм	Тип
диск			Выполняемая
работа			Возможность
упрочнения			

ЭКП										
диаметр,										
мм										тол-
рама,										
мм										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.			Диск			сошника			Сталь	
65Г	350	2,	5	200	0,	1-0,	5	Плоский	Посев	
зерно-										
вых										да
2			Нож			ботвореза			Сталь	
65Г	400		4	250		0,	5	Ступен-	Среза-	
чатый										
ние										
ботвы										да
3.			Диск			луциль-ника			Сталь	
65Г	450		4	370	0,	1-0,	5	Сфери-	Луце-	
ческий										
ние										да
4.		Нож		дисковый,		плужный			Сталь	
65Г	400	4	с	2-х	сторон	0,	3-0,	5	Плоский	Вспаш
-ка										да
5.			Диск			бороны			Сталь	
65Г	400		4	370	0,	3-0,	5	Сфери-	Боро-	
ческий										
нова-										
ние										да

Исходя из современных представлений о видах изнашивания рабочие органы

почвообрабатывающих машин подвергаются последующим видам изнашивания: абразивному - в итоге режущего или царапающего действия жестких тел или жестких частиц, усталостному - в итоге усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя при трении скольжения или качения, окислительному - в итоге хим реакции материала с кислородом или окисляющей окружающей средой и, вероятнее только, смешанным действиям изнашивания (микрорезание, полидеформационное поражение, усталостное деформирование, хим разупрочнение и др.) - в итоге перемещения подробности в грунте различной в гранулометрическом отношении и способной создавать бесчисленные варианты слоя частиц по размеру контактных площадок и работающим перегрузкам.

Известно, что в процессе работы рабочие органы сельскохозяйственных машин, в том числе и дисковые, подвергаются динамическим нагрузкам, интенсивному изнашиванию и действию наружной среды. Изменение размеров и формы рабочих поверхностей при изнашивании усугубляет функциональные характеристики рабочих органов, приводит к понижению их работоспособности, которая определяется прочностными, агротехническими или технико-экономическими показателями. В связи с этим в работе проведен анализ главных видов их изнашивания.

1. 1 Анализ видов изнашивания рабочих органов сельскохозяйственных машин

Исходя из современных представлений о видах изнашивания рабочие органы почвообрабатывающих машин подвергаются последующим видам изнашивания: абразивному - в итоге режущего или царапающего действия жестких тел или жестких частиц, усталостному - в итоге усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала

поверхностного слоя при трении скольжения или качения, окислительному - в итоге хим реакции материала с кислородом или окисляющей окружающей средой и, вероятнее только, смешанным действиям изнашивания (микрорезание, полидеформационное поражение, усталостное деформирование, хим разупрочнение и др.) - в итоге перемещения подробности в грунте различной в гранулометрическом отношении и способной создавать бесчисленные варианты слоя частиц по размеру контактных площадок и работающим перегрузкам. Практическое внедрение действий возобновления и упрочнения подробностей основывается на знании закономерностей протекания действий изнашивания, представлениях о природе и кинетике физико-химических процессов формирования покрытия и соединения его с материалом базы. Под износом принято воспринимать итог изнашивания, оцениваемый постепенным изменением размеров подробности при трении, отделением с поверхности трения материала, остаточной деформацией. Изнашивание поверхности при трении является свойством не материала, а системы, образуемой парой трущихся под перегрузкой тел, размещенным между их поверхностями промежуточным материалом и наружной средой, характеризуемой температурой и агрессивными действиями. В связи с этим хотькакой вид изнашивания обусловлен, доэтого только, действием разрушения материала или конкретной подробности. Одним из более распространенных видов изнашивания подробностей является абразивное изнашивание, которое определяется действиями непосредственного взаимодействия рабочих поверхностей с маленькими жесткими абразивными частичками. Такой вид изнашивания свойственен для критерий эксплуатации почвообрабатывающего прибора, рабочих органов землеройных машин, узлов трения с загрязненной смазкой, породоразрушающего инструмента. Адгезионное изнашивание связано с поочередным образованием и

разрушением фрикционных связей на поверхности контактирующих тел и сопровождается разрушением материала граничной поверхности. Трение 2-ух железных поверхностей под перегрузкой проистекает в критериях пластической деформации сплава в точках контакта, формирование которой сопровождается их сближением вплоть до активации сил сцепления межа атомами. В итоге пластической деформации проистекает сцепление 2-ух поверхностей в отдельных выступающих точках, но в критериях действия напряжений сдвига это сцепление неизбежно разрушается. Разрушение зарождается в местах наименьших сил сцепления - на границе раздела между 2-мя поверхностями, а в случае происхождения довольно крепкого сцепления (схватывания) поражение сдвигом может быть внутри 1-го из материалов на наименее крепком участке.

Под усталостным изнашиванием понимают образование микротрещин с выкалыванием частиц и деление поверхности подробностей машин, подверженной знакопеременным напряжениям и деформациям. В режиме усталостного изнашивания, как правило, работает подавляющее большая часть подвижных соединений.

При эксплуатации трубопроводов, насосов для перекачки разных жидкостей, подшипников скольжения, работающих в критериях гидродинамической смазки, плунжеров гидравлических прессов, морских землечерпалок, грейдеров и земснарядов владеет пространство кавитационное изнашивание, предпосылкой которого традиционно является присутствие зон переменного давления в турбулентном потоке воды.

Коррозионное изнашивание проистекает под воздействием жидкой или газообразной химически агрессивной среды на поверхности трущихся подробностей. Этот вид изнашивания типичен для разных видов прибора, используемого для горячей отделки материалов, а в том же духе для подвижных соединений хим, нефтехимического и перерабатывающего

оснащения.

Таким образом, под действием 1-го из перечисленных видов изнашивания, а почаше только под действием комплекса телесных явлений, возникающих в поверхностных слоях трущихся поверхностей, подробности утрачивают трудоспособность и износ конкретной подробности следует разглядывать в зависимости от преобладания тех или других критерий ее работы. Таким образом, для исключения недопустимого вида разрушения, минимизации трения и износа, а в том же духе расширения спектра обычных процессов механохимического изнашивания подробностей сельскохозяйственных машин, их нужно подчинять упрочнению для сотворения хороших эксплуатационных параметров их рабочей зоны.

1. 2 Методы упрочнения и возобновления дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин

Повышение износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин - одна из более актуальных заморочек сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения. Актуальность трудности определяется не лишь значимостью сокращения расхода сплава на их создание, но и требованиями их эксплуатации. Известно, что стойкость режущих органов сельскохозяйственных машин, измеряемая наработкой до предельного затупления, низкая. Поэтому они или эксплуатируются с нарушениями агротехнических критерий, или неоднократно подвергаются починке. Эффективным методом повышения долговечности рабочих органов является снабжение их самозатачиванием. Ресурс таковых подробностей увеличивается в 3-4 раза по сравнению со обычными деталями. Помимо непосредственный экономии при применении самозатачивающихся рабочих органов значительно увеличивается продуктивность труда и свойство отделки земли. Принцип самозатачивания в нашей стране впервые был использован при

починке лемехов, лезвия которых после кузнечной оттяжки наплавляли твердым сплавом. Следует отметить, что упрочнение рабочих органов сельскохозяйственных машин методом наплавки жестких сплавов в США и странах Западной Европы не получило настолько широкого распространения. Причины этого содержатся, по-видимому, в наименьшей годичной загрузке машин и в наименьшей значительности замены рабочих органов в период их эксплуатации.

великий вклад в заключение трудности повышения долгодетии рабочих органов привнесли: Адигамоу Н. Р., Аронов А. Л., Ачкасов К. А., Голубев И. Г., Ерохин М. Н., Крагельский И. В., Костецкий Б. И., Лялякин В. П., Новиков В. С., Розенбаум А. Н., Севернев М. М., Хруцов М. М., Шовкопляс А. В., Федоров С. К. и почти все остальные эксперты. Основными направлениями повышения долгодетии рабочих органов являются:

- применение износостойких материалов;
- применение биметаллических материалов, приобретенных наплавкой;
- применение двухслойного проката;
- применение твердых сплавов;
- изменение формы подробностей при ее конструировании.

Основными мероприятиями по увеличению долгодетии рабочих органов при их изготовлении и возобновлении являются: для дисков борон и луцильников - изготовление из двухслойного проката типа сталь 50 + Х6ВФ, а в том же духе наплавка жестких сплавов на внутреннюю поверхность сферы дисков; для дисков сошников зерновых сеялок и луцильников при их работе в песчаных или суглинистых почвах - изотермическая закалка стали 65Г на твердость h_{RC} 50, для легких почв допускается использование дисков без термической отделки; для дисковых ножей и ножей почвофрез - изотермическая закалка стали 65Г; для большинства дисковых рабочих органов - приварка к режущей

кромке рабочего органа износостойкой ленты из стали Х6ВФ. Для повышения долготы землеройных, строительных и дорожных машин употребляется наплавка порошковыми проволоками ППС- УЗОХ25С2РГ-0, ПП-102, ПП-226, порошковой лентой ПЛ-628 и ПЛ-634, трубчатыми электродами ЭТН-1, ЭТН-2, ЭТН-3, ЭТН-4, сплавом ВСН-6 и иными материалами. В нашей стране для наплавки используют, в основном, высокохромистые сплавы, а за рубежом, в частности в США, - сплавы на основе карбида вольфрама. Высокой износостойкостью при абразивном изнашивании и наличии ударов владеют сплавы, у которых численность карбидной фазы составляет 25-30 %. При этом, лучшей структурой наплавленного сплава является аустенитно-мартенситная сетка(база) с карбидами. В индустрии для нанесения твёрдых сплавов на поверхности рабочих органов в основном употребляется индукционная наплавка(наплавка токами высочайшей частоты). Для наплавки употребляется сормайт-1, смешанный в различных долях с феррохромом. Помимо индукционной наплавки, обретают использование последующие методы: построение износостойкого сплава и флюса на поверхность подробности и следующее сплавление в печи нанесённого слоя с основой, механизированная дуговая наплавка по слою легирующего порошка или пасты, изготовление биметаллических листов наплавкой электродной лентой.

Основными способами придания лезвиям рабочих органов слоистого строения для снабжения самозатачивания являются: поверхностная одно-сторонняя закалка сталей, наплавка твёрдых сплавов на малоуглеродистые и углеродистые стали, изготовление подробностей из двухслойного проката композиций сталь Л53 + Х6Ф1, сталь Л53 + Х12, сталь 10 + 9ХФ и др., термодиффузионное легирование и электролитическое хромирование сталей, односторонний отбел металлических подробностей.

п. п.	Метод упрочнения дисков	Наносимый материал	Толщина(бездна)
	упроч-няющего слоя, мм.	Суммарный из-нос дисков по диаметру(нара-ботка	
2000		га),	мм

1	2	3	4	5
1.	Объёмная	закалка	- 0, 6-1, 2	11, 40
2.	Индукционная	наплавка	ПС 14-60 0, 6-1, 2	3, 61
3.	То же	ПГ-C27	0, 4-1, 3	3, 41
4.	Поверхностная	закалка	лез- - 0, 8-1, 0	4, 16
вия				ТВЧ
5.	Плазменная			наплавка:
сплошная	ПГ-C27	0, 6-0, 9	8, 65	
прерывистая	ПГ-C27	0, 1-0, 55	7, 16	
по выпуклой	стороне диска	ПГ-C27 1, 4-1, 8	3, 00	
6.	Наплавка	намораживанием	ПГ-ФБХ- 2, 0-3, 0	-
6-2				
7.	Электроконтактная	привар-	УС-25 0, 4 0, 56(	наработка
ка	600			га)

8. Детонационное напыление Li_2O_3 0, 12-0, 18 - Анализ литературных данных, передового эксперимента в области восстановления и упрочнения подробностей и данных представленных в таблице 1. 2, указывает, что одним из многообещающих методик возобновления и упрочнения дисковых рабочих органов является электроконтактная приварка порошков износостойких сплавов, благодаря чему ниже рассмотрены индивидуальности получения покрытий из порошковых материалов электроконтактной приваркой.

После промышленной революции техническое обслуживание инженерного оборудования в этой области было проблемой. Хотя был достигнут впечатляющий прогресс в эффективном обслуживании оборудования на местах, техническое обслуживание оборудования по-прежнему является проблемой из-за таких факторов, как размер, стоимость, сложность и конкуренция. Излишне говорить, что сегодняшняя практика технического обслуживания ориентирована на рынок, в частности, для обрабатывающей промышленности, поставщиков услуг и т. д. 1 событие может иметь непосредственное отношение к окружающей среде, производительности или безопасности. Таким образом, существует определенная потребность в эффективных методах управления и обслуживания активов, которые будут положительно влиять на критические факторы успеха, такие как безопасность, качество продукции, скорость инноваций, цена, рентабельность и надежная доставка.

Каждый год миллиарды долларов тратятся на обслуживание оборудования по всему миру. За прошедшие годы в этой области произошло много новых событий. Термины "техническое обслуживание" и "инженерное обслуживание" могут означать разные вещи для разных людей. Например, Министерство обороны США рассматривает техническое обслуживание как дисциплину, которая помогает в приобретении ресурсов, необходимых для

технического обслуживания, и предоставляет политику и планы использования ресурсов при выполнении или выполнении технического обслуживания. Напротив, операции по техническому обслуживанию рассматриваются как те, которые используют ресурсы для физического выполнения тех действий и задач, которые сопровождают функцию обслуживания оборудования для тестирования, обслуживания, ремонта, калибровки, капитального ремонта, модификации и так далее.

Исчерпывающие перечни публикаций по техническому обслуживанию и техническому обслуживанию приведены в ссылках 3 и 4.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ

Несмотря на то, что техническое обслуживание и техническое обслуживание имеют одну и ту же конечную цель или цель (т. е. оборудование/изделие, готовое к выполнению миссии, при минимальных затратах), условия, в которых они работают, значительно отличаются. В частности, техническое обслуживание является аналитической функцией, а также является преднамеренным и методичным. Напротив, техническое обслуживание-это функция, которая должна выполняться при обычно неблагоприятных обстоятельствах и стрессе, и ее основная цель заключается в быстром восстановлении оборудования до состояния эксплуатационной готовности с использованием имеющихся ресурсов. Тем не менее, способствующие цели технического обслуживания включают в себя: улучшить операции по техническому обслуживанию, уменьшить количество и частоту обслуживания, уменьшить эффект сложности, уменьшить необходимые навыки обслуживания, уменьшить объем поддержки поставок, установить оптимальную частоту

1. 3 Электроконтактная приварка и ее индивидуальности при получении покрытий из порошковых материалов

Вопрос применения электрического тока для нагрева порошковых материалов при их спекании издавна привлекал интерес исследователей вследствие способности получения больших температур за краткое время и проведения процесса спекания без защитной атмосферы и без значимого нагрева деталей при нанесении покрытий. По мнению создателей при приварке осуществляется наложение во времени действий прессования и спекания, что делает его схожим на метод жаркого прессования порошков, используемый в порошковой металлургии. При этом отмечается, что процесс формирования покрытия выполняется в три стадии:

1. Стадия прохладного прессования. На данной стадии порошковый материал подготавливается к следующему пропусканию импульса тока. Происходит стабилизация электросопротивления уплотненного слоя.
 2. Стадия нагрева порошкового слоя. Эта стадия характеризуется протеканием импульса тока через слой порошка, находящегося под давлением и его скорым нагревом. При этом, по мнению создателей, нагрев может достигать температуры плавления и даже перегрева сплава, может быть возникновение микродуговых разрядов и испарение сплава. Электросопротивление порошкового слоя скоро снижается, а приложенное напряжение сжатия приводит к увеличению его плотности. В итоге нагрева только размера порошкового слоя и стремления, приложенного к нему, на данной стадии имеют все шансы течь процессы рекристаллизации, схватывания, спекания и сварки в жесткой и жидкой фазах.
 3. Стадия остывания материала. Она характеризуется моментом выключения тока и совершенным охлаждением материала.
- По мнению создателей индивидуальностью электроконтактной приварки порошковых материалов является то, что создание покрытия и соединение его с основой выполняется за счет диффузионных действий без расплавления

главного сплава, при этом диффузия частей, элементов материала покрытия, в главный сплав незначительна при ширине(глубине) диффузионной зоны, одинаковой 15... 180 мкм.

Значительный энтузиазм с точки зрения разъяснения механизма формирования покрытия из порошковых материалов и соединения его с деталью при электроконтактной приварке представляют изучения, проведенные создателями работ. Авторы данных работ разглядывают процесс формирования покрытия из порошковых материалов и соединения его с основой с внедрением принципов термодинамики необратимых действий и физической кинетики, опирающихся на концепцию действий спекания порошков, принятых в порошковой металлургии, к примеру. При этом создатели работы отмечают, что при формировании соединения покрытия с основой реализуются три стадии взаимодействия частиц порошка с материалом основы(сведение объединяемых частиц и образование физиологического контакта, активация контактных поверхностей и химическое взаимодействие материалов на границе раздела фаз, объемное формирование взаимодействия), при этом присоединение частиц порошка к базе определяется, до этого только, полнотой протекания стадии химического взаимодействия, то имеется установлением меж частичками порошка и основой межатомных связей. Далее при разборе кинетики установления межатомных связей они разглядывают вариант нанесения покрытия при небольших скоростях сближения частиц порошка и при значительном, активирующем процесс, давлении, полагая при этом, что процесс образования соединения меж привариваемыми частичками и материалом базы разрешено приравнять химические реакции на границе раздела фаз, а физический контакт меж ними, обеспечиваемый деформацией частиц и материала базы, представляет собой прослойку жидкой фазы. Принимая во внимание, что протекание реакции образования крепких связей в этом случае определяется критериями побуждения атомов объединяемых поверхностей в итоге их общей

деформации, создатели рассматривают процесс взаимодействия атомов частиц порошка и материала базы как изменение состояния контактной области и как некую флуктуацию, характеризующуюся увеличением термодинамического потенциала Гиббса.

При практическом применении процесса электроконтактной приварки для возобновления и упрочнения поверхностей было известно, что для достижения хороших параметров наносимого слоя нагрев частиц порошка должен составлять 0,6... 0,9 температуры плавления. великий вклад в развитие и использование порошковых материалов для возобновления и упрочнения поверхностей электроконтактной приваркой привнесли Абрамович Т. М., Агафонов А. Ю., Амелин Д. В., Верещагин В. А., Генкин Я. С., Дорожкин Н. Н., Каракозов Э. С., Нафиков М. З., Поляченко А. В., Сайфуллин Р. Н., Ульман И. Е., Фархшатов М. Н., Ярошевич В. К. и остальные ученые. В частности, создатель работы при исследовании процесса электроконтактной приварки получил теоретическую зависимость между температурой в пограничном слое и прочностью сцепления приваренного слоя с поверхностью поверхности. Автор работы изучил вероятность управления чертами износостойкости приваренных слоев при возобновлении поверхностей. В итоге было установлено, что износостойкость приваренного слоя в критериях граничного трения зависит от его пористости. Автор работы внес предложение применять при возобновлении поверхностей электроконтактной приваркой узкий ролик, применение которого позволяет переносить покрытия на поверхность поверхностей, практически, безграничной длины. В работе применительно к восстановлению металлических поверхностей электроконтактной приваркой показано, что износостойкость таковых поверхностей, восстановленных порошком КБХ, в 3,3... 3,6 раза больше, чем у новейших, при этом их усталостная прочность снижается только на 11 %. Отмечено в то же время, что возобновление железных поверхностей порошками ФБХ-6-2 и КБХ усиливает их

износостойкость в 5... 10 раз. Исследования, проведённые создателями работ, проявили, что действенным маршрутом повышение износостойкости поверхностей, восстановленных электроконтактной приваркой, является внедрение порошковых композиций, позволяющих увеличить износостойкость восстановленных поверхностей не менее, чем в 3, 0... 3, 5 раза.

Для получения непрерывного слоя покрытия на плоских поверхностях авторы предложили метод электроконтактной приварки порошковых материалов, в согласовании с которым подача порошкового материала осуществляется с поддержкой шнекового дозатора. Толщина порошкового материала на изделии регулируется шибберным гаджетом. Давление на порошковый материал и пропускание импульса тока достигается с поддержкой контактного и наплавляющего роликов. Кратковременные импульсы тока спекают порошковый материал и объединяют его с изделием. Сплошной слой появляется за счёт перекрытия соседних площадок. Авторы работы предложили исполнять поднятие износостойкости поверхностей трения их армированием. Процесс армирования производят на хотькакой аппарате для электроконтактной приварки. На поверхность ленты наносят слой клеящего вещества и порошок твёрдого сплава. Лента служит матрицей, связывающей отдельные частички твёрдого сплава в износостойкий слой. Для нанесения клеящего и порошкового материалов разработаны приспособления: одно в облике коробки с валиком из поролонa, с помощью которого клеящее вещество наносят на одну сторону ленты, иное в облике вращающегося барабана, в который ставят кусок ленты. При вращении барабана порошок равномерным слоем прилипает к поверхности. В работе рассмотрена вероятность получения эффекта самозативания рабочих органов почвообрабатывающих машин с использованием импульсного электроконтактного нагрева. Отмечено, что упрочненные зоны имеют мартенситную структуру, вид которой зависит от времени и циклов

нагрева.

Авторы проявили, что при приварке сочетания порошковых материалов 10P6M5 - ВК8 меж ними появляется переходная зона, конструкция которой перемещает смешанный нрав. Непосредственно после приварки структура быстрорежущей стали 10P6M5 недалеко к наблюдаемой для закаленного состояния. При этом твердость достигала уровня HRC 54-58. Твердость нанесенного твердого сплава ВК8 в этом случае составляла HRA 87, 5. В работе предложено рабочие фаски клапанных гнезд и клапанов дизельных движков покрывать слоем из порошковой смеси, состоящей из самофлюсующегося порошка ПГ-СР2, сормайта ПС-1М, железа ПЖЗК, в одинаковых объемных долях и добавок порошков меди и свинца в маленьких количествах (1, 5-5, 0 %). Проведенные механические тесты и металлографические изучения нанесенных покрытий проявили удовлетворительное свойство слоя. Так, прочность его сцепления с главным металлом составляла 195-210 МПа, что подходит прочности на разрыв чугуна СЧ20, из которого отлиты корпусные подробности, пористость не превосходила 0, 3-0, 9 %, твердость HRC 60-65, усадка шихты 37-40 %, раковины и трещины отсутствовали. Нанесенный слой удовлетворительно и без затруднений обрабатывался резцами из сплавов ВК-2 и гексанита. Исследования коррозионной стойкости образцов в растворе серной кислоты в течение 120 ч проявили, что стойкость материала слоя из порошковой смеси, нанесенного ЭКП, в 2, 2-2, 5 раза больше, чем главного материала (чугуна СЧ20). Установлено, что в итоге приварки порошковой смеси на изношенные поверхности клапанных гнезд, остаточные напряжения снижаются от 62 до 20, 5 МПа, т. е. в 3 раза. При этом замечено, что температура в зоне контакта порошковых частиц с главным материалом добивается 1320 °C, а в точках, удаленных от рубежа на 2-5 мм, она падает до 600-200 °C. На базе приобретенных итогов создатель работы сделал мнение, что временные температурные поля не имеют все шансы появиться предпосылкой

структурных превращений сплава и сотворения критерий трещинообразования. При исследовании износостойкости в критериях повышенных температур(400 оС) и давления(40 МПа) изнашивание слоя приваренной порошковой смеси и сплава ЭП616, из которого сделаны вставные кольца клапанных гнёзд в головках цилиндров отдельных дизелей, оказалось схожим и было в 6-7 раз ниже, чем чугуна СЧ20. Суммарный износ обоих образцов(плоского и индентора), скользящих по слою из порошковой смеси и сплава ЭП616, был в 3-4 раза ниже, чем в случае трения по чугуну СЧ20. Лабораторные, ускоренные, стендовые и эксплуатационные тесты дизелей с восстановленными головками цилиндров и клапанов, проведённые в разных зонах страны, проявили, что износостойкость упрочнённых фасок клапанных гнёзд в 1, 5-2 раза больше, чем металлических, и находится на уровне износостойкости клапанных гнёзд, отремонтированных запрессовкой колец из сплава ЭП616. Износ восстановленного клапана в 1, 3-1, 5 раза меньше новейшего. При этом износ клапана, установленного в клапанное гнездо, восстановленное контактной приваркой порошковых материалов, практически в 2 раза меньше, чем в сопряжении с новым. Такое уменьшение износа фасок клапана, сопряжённых с восстановленными гнёздами, создатель работы разъясняет наличием гетерогенной структуры порошкового материала, владеющей завышенной износостойкостью и снижающей напряжённость микро- и макросхватывания при работе с сопряжённой деталью. Таким образом, создатель показал, что при электроконтактной приварке смеси, состоящей из самофлюсующегося порошка ПГ-СР2, сормита ПС-1М, железа ПЖЗК износостойкость сопряжения клапан - клапанное гнездо в целом повышается в 2-3 раза.

Авторами работ проведены изучения действий армирования поверхностей ЭКП износостойких твёрдых сплавов, исследованы механические характеристики восстановленных и упрочненных поверхностей и, в первую

очередность, их износостойкость. Для испытаний в гусеницу тракторов были поставлены втулки и пальцы, армированные твёрдосплавными материалами ВК8, КТФН, ПТЖ23Н6М и др. В тяжких критериях песчано-гравийного судья трактор работал наиболее 9 месяцев, при этом наработка составила 862 ч. Проведённые замеры и расчёты проявили, что износостойкость втулок гусеницы после ар-мирования твёрдыми сплавами в 4, 4-21, 2 раза больше, чем неармированных новейших подробностей. Исследования, проведённые создателями, позволили определить, что при электроконтактной приварке порошковых материалов разрешено обрета-ть соединения, прочность на срез и циклическая прочность которых соответст-вует подобным уровням прочности главного сплава. Показано, что в зависимости от эксплуатационных требований, предъ-являемых к подробности, разрешено преднамеренно выверять износостойкость покрытий. При этом зафиксировано, что износостойкость покрытия, приобретенного электроконтактной приваркой порошковых материалов на никелевой базе в 2, 8-3, 0 раза больше износостойкости среднеуглеродистой стали, термообрабо-танной до $t_{\text{нс}}$ 48... 50, и в 4, 0-5, 0 раза больше износостойкости данной же стали в исходном состоянии, а покрытия из механической смеси такового порошка с порошком из карбида вольфрама в одинаковом соотношении повышают износостойкость подробности в 10-11 и 19-20 раз поэтому. В работе зафиксировано, что использование электроконтактной приварки малогабаритных(железная лента или проволока, порошковая проволока) и порошковых материалов при упрочнении рабочих органов почвообрабаты-вающих машин шириной 2, 0... 3, 0 мм дозволяет обрета-ть изящные покрытия без расплавления объединяемых материалов с малой деформацией де-талей при большущий скорости нагрева, которая может достигать нескольких тыщ градусов в секунду. В работах осмотрены способности применения стандарт-ных установок

электроконтактной приварки для упрочнения плоских подробностей, в том числе и рабочих органов сельскохозяйственных машин, сделанных из стали с низкой твердостью. Отмечено, что предложенные оснащение и технологии упрочнения рабочих органов позволят нарастить их ресурс в 1,5... 2,5 раза. На основании проведенных исследований создатель отмечает, что для понижения утрат порошка в процессе электроконтактной приварки, возможности регулирования толщины покрытия и исключения проблем использования смеси порошков целесообразно применять в качестве присадочного материала армированные спеченные и порошково-полимерные ленты, предложены оснащение и технологическая оснастка для реализации электроконтактной приварки спеченных и порошково-полимерных лент. Разработаны технологические советы по электроконтактной приварке порошковых материалов для возобновления и упрочнения изношенных подробностей в зависимости от величины износа и вида трения, позволяющие значительно беречь порошковые материалы и увеличить ресурс восстановленных подробностей. Из проведенного разбора литературных данных следовательно, что электроконтактная приварка порошковых материалов является действенным методом получения износостойких покрытий на рабочих поверхностях подробностей машин и устройств. Однако, порошковые материалы и их композиции, применяемые в разработках возобновления и упрочнения, имеют высшую цену, содержат дефицитные составляющие (никель, хром, вольфрам, молибден, кобальт и др.), что значительно ограничивает использование электроконтактной приварки в ремонтном производстве. Эффективным маршрутом понижения себестоимости возобновления и упрочнения подробностей является использование в качестве присадочного материала для получения покрытий отходов промышленного изготовления. В этом ряду, по мнению создателей, особенный энтузиазм представляют порошки, приобретенные электроэрозионным диспергированием отходов

твердых сплавов, где в качестве диспергируемого материала употребляют изношенные, некондиционные и многогранные неперетачиваемые пластинки из среднезернистых спеченных жестких сплавов марки ВК8, состоящих из карбида вольфрама(92 %) и кобальта(8 %), и марки Т15К6, состоящих из карбида вольфрама(79 %), карбида титана(15 %) и кобальта(6 %), предназначенные для припаивания и механического крепления на режущий инструмент.

По этим работ в России делается до 1600 т в год вольфрамосодержащей твердосплавной продукции(пластинок для отделки металлов резанием, изделий для оборудования горно-бурового оснащения, изделий для отделки металлов давлением и др.).

Анализ исследовательских работ в области вольфрамсодержащих твердых сплавов указывает, что большая часть из них соединено с вопросом экономии вольфрама.

Это владеет актуальное смысл в связи с недостатком, дороговизной и постоянным расширением областей внедрения вольфрама. С экономией вольфрама тесновато соединены мероприятия по сбору отходов жестких сплавов и их обработка.

Исследования, проведенные в работах, и эксперимент применения итогов данных изучений проявили, что использование порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов в разработках возобновления и упрочнения подробностей машин понижает их себестоимость за счёт понижения издержек на покупку дорогостоящих порошковых материалов фактически без понижения свойства получаемых покрытий.

Следует отметить, что до реального времени вероятность использования порошков из вольфрамсодержащих жестких сплавов, приобретенных электроэрозионным диспергированием для получения упрочняющих покрытий электроконтактной приваркой, фактически не изучена,

благодаря чему в работе учили главные технологические характеристики диспергированных отходов жестких сплавов применительно к электроконтактной приварке и на примере возобновления и упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин - физико-механические характеристики покрытия, приобретенного с внедрением таковых порошков, а так же свойство его соединения с металлом базы.

1. 4 Цель и задачи исследований
Повышение долготы рабочих органов сельскохозяйственных машин без роста их стоимости, Бережливость материалов, усовершенствование экологии при разработке и внедрении новейших технологий является принципиальной задачей. Одним из направлений решения данной задачи является использование прогрессивных способов возобновления и упрочнения деталей наплавкой и напылением. Перспективным методом продления ресурса деталей, в том числе и дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин, является электроконтактная приварка порошковых материалов. Однако до реального времени фактически не исследована вероятность применения порошков, приобретенных электроэрозионным диспергированием вольфрамосодержащих жестких сплавов в технологических действиях восстановления и упрочнения деталей электроконтактной приваркой. В частности в научно-технической литературе фактически отсутствуют данные экспериментальных исследований технологических параметров диспергированных отходов твердого сплава, определяющих процессы формирования покрытия и серьезных за его физико-механические характеристики, воздействия характеристик режима процесса электроконтактной приварки на создание покрытия с внедрением таковых порошков и свойство его соединения с главным металлом, а в том же духе данные о физико-механических свойствах самого покрытия.

В связи с этим для удачного применения порошков, приобретенных электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов, в технологиях возобновления и упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин электроконтактной приваркой нужно вести комплекс изучений по воздействию параметров диспергированных отходов и критерий, при которых выполняется электроконтактная приварка, на свойство приваренного слоя и соединения его с деталью. Целью работы является поднятие износостойкости дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин упрочнением их рабочих поверхностей электроконтактной приваркой порошковых материалов. Для заслуги установленной цели нужно решить последующие задачи:

- исследовать воздействие технологических характеристик режима электроконтактной приварки на создание покрытия из порошковых смесей;
- изучить абстрактные предпосылки совершенствования процесса электроконтактной приварки смеси из порошковых материалов;
- разработать технологию упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин и найти технико-экономическую эффективность разработанной технологии.

1. 5 Выводы

1. На основании литературных данных проанализированы главные виды изнашивания рабочих органов сельскохозяйственных машин и способы их упрочнения и возобновления. Отмечено, что утрата трудоспособности дисковых рабочих органов происходит при их затуплении в итоге абразивного изнашивания и коррозии.

2. Показано, что многообещающим методом возобновления и упрочнения дисковых рабочих органов является электроконтактная приварка порошковых материалов или их композиций. С позиций современных представлений о формировании соединения в жесткой фазе рассмотрены

индивидуальности формирования покрытия и соединения его с деталью.

3. Отмечено, что действенным методом понижения себестоимости восстановления и упрочнения подробностей электроконтактной приваркой является применение в качестве присадочного материала отходов промышленного производства, в частности порошков, приобретенных электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов.

4. Поставлены мишень и задачки изучений.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ СМЕСИ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Особенности формирования покрытий из порошковых материалов

Известно, что в процессе образования соединения без расплавления объединяемых материалов, в том числе и при электроконтактной приварке, разрешено отметить три главные стадии: образование физиологического контакта, активация контактных поверхностей и объемное формирование взаимодействия. Физический контакт появляется в итоге сближения соединяемых материалов на отдаление, соответствующее расстоянию меж частицами при физиологическом содействии, обусловленном мощами Ван-дер-Ваальса, или на отдаление, при котором появляется слабенькое хим взаимодействие. Активация контактных поверхностей объединяется к тому, чтоб сотворить на данных поверхностях такие условия, при которых энергетическое состояние атомов объединяемых материалов в зоне контактирования достигло уровня, который нужен для разрыва старых и образования новейших химических связей. Согласно активация контактных поверхностей происходит в итоге выхода новых дислокаций на соединяемые поверхности и образования в данных зонах функциональных центров взаимодействия. Следует отметить, что создатели работы под активными центрами твердофазного взаимодействия понимают наиболее просторный

диапазон недостатков: дислокации с полем упругих искажений, дислокации, примесные атомы и др., при этом указывают на значимость и эффективность термического (температурного) канала активации. Третья стадия состоит в развитии взаимодействия как в плоскости контакта (схватывание металлов), так и в объеме зоны контакта. Стадия объемного взаимодействия происходит в итоге релаксации упругого поля искажений (в той степени, которая нужна для хранения образовавшихся связей) и протекания действий гетеродиффузии.

В настоящее время вопросы активации поверхностей объединяемых металлов и формирования функциональных центров является теоретически малоизученными. В частности, остается открытым вопрос воздействия безусловных величин и соотношений термического и механического видов энергии на габариты образующихся функциональных центров. При проведении расчетов в основу разработанной модели схватывания металлов при сварке давлением положены энергетическая и дислокационная гипотезы образования соединения металлов.

Следуя работе приняты в том же духе следующие допущения и упрощения:

- в качестве недостатка кристаллической сетки, приводящей к образованию функционального центра, рассматривали лишь краевую дислокацию;
- поле упругих искажений кругом вышедшей на поверхность дислокации характеризуется аксиальной симметрией;
- для образования функционального центра достаточно выхода дислокации на одну из контактирующих железных поверхностей;
- скорость валентного межатомного взаимодействия между возбужденными атомами не учитывали, т. е. считали, что процесс схватывания происходит одномоментно;
- образованные химические связи между поверхностными атомами в предстоящем не разрушаются.

Учитывая итоги исследований, выполненных в работах, приняты допущения об

эквивалентности термического и механического видов данных видов энергии, что позволяет разглядывать общую энергию активации, как их сумму. При определении подходов к расчетной оценке энергии активации приняли во внимание, что с увеличением температуры нагрева роль пластической деформации в образовании сварного соединения снижается. В связи с этим приняли допущение, что при достижении температуры плавления машинный канал активации не требуется. Тогда энергия активации может быть определена через температуру плавления объединяемых металлов. На основании принятого допущения об эквивалентности тепловой и машинный виды энергии являются эквивалентными. Тогда энергия атомов кристаллической сетки поблизости недостатка может быть разложена на три составляющие,

$$u = u_d + u_t + u_m, \quad (2.1)$$

где u_d - энергия упругого поля недостатка кристаллической сетки, Дж; u_t - тепловая энергия, Дж; u_m - механическая энергия упругого сжатия соединяемых размеров сплава сварочным усилием, Дж. Оценку величины u_d , создаваемой граничной дислокацией, выполнили воспользовавшись моделью Пайерлса-Набарро.

Рисунок 2. 1 - Схема распределения энергетических полей кругом дефекта кристаллической сетки

Тепловую компонент энергии сварки u_t определили как

$$u_t = kT, \quad (2.2)$$

где k - постоянная Больцмана, Дж/ К; T - температура, К. Механическую энергию u_m упругого сжатия свариваемых поверхностей определили на основании закона Гука

Выполним количественную оценку величины $u_d = 2\gamma$ для сварки давлением железа при $a = 0,28$ нм, модуле упругости $E = 2,17 \cdot 10^5$ МПа и модуле сдвига $G = 0,89 \cdot 10^5$ МПа. Учитывали приблизительно 2-х кратное снижение

модулей упругости и сдвига при нагреве железа до температуры плавления и аппроксимировали его линейной зависимостью. Расчеты проявили, что энергия активации, рассчитанная по уравнению, составила $e_a \sim 0,15$ эВ. Оценка им по зависимости отдала чрезвычайно небольшие значения ($\sim 10^{-3}$ эВ), что показывает на преобладающую роль в активации поверхностей дислокаций с энергией ядер порядка $0,1$ эВ, т. е. наиболее $0,3 \dots 0,5$ эВ. С повышением температуры t и вектора Бюргерса b площадь источников схватывания растет и добивается $s \sim 10^{-13}$ см². Такие значения совпадают с оценочными величинами площадей s , приведенными в работе. Как показано раньше, для теоретической оценки условной прочности σ соединения металлов, получаемого без их расплавления, нужно уловить плотность функциональных центров ρ_a . По Зегеру основной вклад в упрочнение металлов вносят дальнотействующие упругие взаимодействия скользящих дислокаций с застрявшими дислокациями первичной системы скольжения. Вследствие слабой температурной зависимости упругих констант вклад в упрочнение действий упругого взаимодействия в том же духе недостаточно зависит от температуры. Сказанное показывает на однозначную ассоциацию между плотностью дислокаций и напряжением деформирования самостоятельно от конкретной температуры деформации. В исходный момент времени деформирования плотность функциональных центров одинакова плотности дислокаций $\rho_a = \rho$. После образования источников схватывания надлежущие дислокации в поверхностном слое сплава аннигилируются. Термически активируемое перемещение дислокаций способствует их аннигиляции и в объеме деформируемого сплава. В то же время, для развития пластического деформирования привариваемого сплава нужно образование новейших дислокаций. Таким образом, в течение термомеханического цикла сварки исполняется многократная перестройка дислокационных полей свариваемых металлов. В итоге перестройка дислокационных полей в процессе деформирования на

вольные поверхности объединяемых металлов уходят новейшие дислокации, приводящие к образованию новейших функциональных центров. Таким образом, вследствие пластического деформирования сплава плотность функциональных центров оказалось больше, чем плотность дислокаций. На рисунке 2. 2 представлены высококачественные зависимости плотности функциональных центров, средней площади функционального центра и условной прочности соединения от температуры сварки при неизменном давлении. В общем случае зависимость относительной прочности от температуры состоит из 3-х соответствующих участков.

Рисунок 2. 2 - Зависимости плотности ρ функциональных центров, средней площади S функционального центра и условной прочности σ от температуры t

Область 1 характеризуется интенсивным приростом условной прочности, обеспечиваемым в основном за счет роста плотности функциональных центров при недостаточно меняющихся размерах источников схватывания. В области 2 интенсивность прироста некоторое количество ниже за счет уменьшения интенсивности образования функциональных центров. В области 3 напряженность прироста относительной прочности опять растет за счет интенсивного роста размеров источников схватывания при недостаточно меняющейся плотности функциональных центров. Полученная зависимость указывает, что с повышением температур для достижения $\sigma = 1$ требуется наименьшая плотность функциональных центров и, соответственно, наименьшая степень пластической деформации объединяемых металлов. Таким образом, на основании допущения об эквивалентности механического и термического видов энергий получены математические зависимости, позволяющие исполнить расчетную оценку энергии активации сварки давлением, разновидностью которой является электроконтактная приварка, и размеров функциональных центров. Обоснован устройство роста плотности

функциональных центров при увеличении степени пластического деформирования вследствие температурного разупрочнения объединяемых металлов вследствие многократной перестройки дислокационных полей. На базе вскрытых закономерностей конфигурации размеров и плотности функциональных центров получена обобщенная кривая зависимости условной прочности от температуры сварки.

2. 2 Расчетная критика критических размеров источников схватывания для варианта соединения материалов с грубо разными физико-механическими качествами

Расчетную оценку критических размеров источников схватывания для варианта соединения материалов с грубо разными физико-механическими качествами выполнили на базе рассмотрения зоны соединения с позиций механической прочности образующихся источников схватывания. Удаление вольных поверхностей свариваемых размеров 1 и 2(рисунок 2. 3) кругом источника схватывания на отдаление, превышающее межатомное, может быть вызвано лишь действием сил отталкивания меж поверхностными атомами вольных поверхностей, приводящих к происхождению силы отрыва $f_{отр}$. Эта держава $f_{отр}$ обязана уравниваться силой связи поверхностных атомов в источнике схватывания f_c .

Рисунок 2. 3 - Схема деяния сил в зоне источника схватывания

Очевидно, что в случае соединения однородных материалов преломления кристаллической сетки станет симметрично сравнительно поверхности контакта и $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ (набросок 2. 4). Для однородных металлов получено приближенное представление для расчета критического радиуса источника схватывания:

где $gb_2\phi$ - вектор Бюргерса фиктивной призматической дислокации, см; G - часть сдвига, МПа; λ - часть Пуассона; F_n, f_{gr} - удельные вольные энергии вольной поверхности и межзеренной рубежа, Дж/м².

Рисунок 2. 4 - Схема расположения вольных поверхностей кругом источника схватывания при соединении однородных материалов ($e_1 \sim e_2$) При соединении материалов с разными упругими качествами, на-пример для варианта $e_2 > e_1$, преломления кристаллических решеток кругом оча-га схватывания не будут симметричными сравнительно плоскости контакта(набросок 2. 5).

Рисунок 2. 5 - Схема расположения вольных поверхностей кругом источника схватывания при соединении материалов с разными качествами ($E_2 > E_1$) Очевидно, что при схожем усилии нагружения служба деформиро-вания(энергия преломления кристаллических решеток) станет тем более, чем более деформация. Следовательно, огромную энергию получает мелочь с наиболее невысоким ролью модуля упругости(в рассматриваемом случае E_1). Отсюда, заменив схему соединения разнородных материалов схемой соеди-нения однородных материалов с модулем упругости E_1 и фиктивным вектором Бюргерса разрешено заполучить верхнюю оценку смысла критического ра-диуса.

При соединении металлов с таковыми материалами, как карбид вольфрама, кар-бид титана $k_e = 3... 5$. Как проявили подсчеты, в этом случае опасный ради-ус источника схватывания обязан увеличиться в 2... 3 раза. В случае соединения материалов с грубо разными качествами, та-кими что $E_2 \gg E_1$, в качестве предельного варианта перемещением вольной поверхности тела 2 разрешено пренебречь(набросок 2. 6).

Рисунок 2. 6 - Схема 2 расположения вольных поверхностей кругом источника

схватывания при соединении материалов с грубо разными качествами ($E_2 \gg E_1$)

Форма вольной поверхности тела 1 кругом источника схватывания соответствует случаю соединения 2-ух однородных материалов с модулем упругости e_1 и вектором Бюргерса. С учетом этого для варианта соединения материалов, соответственных условию $e_2 \gg e_1$, разрешено записать

Повышение температуры сварки приводит как к понижению $\tau_{кр}$ за счет уменьшения упругих параметров объединяемых металлов и роста Δ , так и к увеличению размеров источников схватывания за счет роста ut . Данная закономерность разъясняет вероятность прохладной сварки ряда металлов и невозможность сварки давлением без обогрева остальных, а в том же духе позволяет в первом приближении предсказывать мало нужную температуру сварки разнородных материалов.

При разборе механизма образования соединения с невысоко интенсивным силовым действием и очень маленькой степенью пластической деформации объединяемых металлов следует учесть тот факт, что с повышением температуры нужная степень пластической деформации снижается. Это показывает на уменьшении роли в образовании источников схватывания поверхностных недостатков кристаллической сетки. Объяснить образование устойчивых источников схватывания при отсутствии функциональных центров в облике таковых поверхностных недостатков разрешено на основании учета неравномерности распределения энергии атомов объединяемых поверхностей.

В предположении о незначительном вкладе в энергию атомов упругих напряжений, вызываемых прибавлением сварочного стремления, неравномерность распределения энергии атомов в жестком теле создатели обрисовали законом Максвелла.

Расчеты, выполненные для железа проявили, что при $t = 1 \dots 60$ мин. сварное

соединения с настоящей прочностью затевают образовываться фактически при одной и той же температуре $t = 1000 \dots 1050$ с (рис. 2. 9).

Рисунок 2. 9 - Зависимость условной прочности σ сварного соединения от температуры сварки:
1 - $t = 60$ мин, 2 - $t = 10$ мин, 3 - $t = 1$ мин

Уменьшение длительности сварки просит для заслуги высочайшей прочности соединения повышения температуры. Повышение температуры грубо понижает требуемую для заслуги равнопрочного соединения длительность процесса (набросок 2. 10).

Рисунок 2. 10 - Зависимость условной прочности соединения σ от времени сварки:
1 - $t = 1350$ с; 2 - $t = 1300$ с; $T = 1250$ с; $T = 1200$ с

Следует отметить, что, выставленные на рисунках 2. 9 и 2. 10 зависимости отменно и количественно подходят экспериментальным данным по диффузионной сварке сталей.

Таким образом, проведенное абстрактное изучение показывает на вероятность образования функциональных центров лишь под действием термического канала активации при отсутствии в зоне контакта недостатков кристаллических решеток объединяемых металлов.

2. 3 Оценка воздействия электропроводности порошкового слоя на распределение температур в зоне контакта " электрод-деталь " при электроконтактной приварке

Эксплуатационные и физико-механические характеристики покрытия, полученного ЭКП, в значимой мере определяются распределением температур в

зоне образования соединения меж привариваемым и главным металлами. При разработке расчетной схемы было принято допущение, что в интервалах меж импульсами тока приварки главный и привариваемый порошок охлаждаются до начальной температуры. Это позволяет разглядеть расположение температур при единичном импульсе тока приварки без учета термического воздействия прошлых импульсов. Ниже изложены итоги математического моделирования температурных полей от единичного импульса тока приварки при разных продолжительностях импульса тока и значениях удельного электрического противодействия слоя привариваемого порошка. Принятая расчетная методика пояснена на рисунке 2. 11.

Рисунок 2. 11 - Расчетная методика для моделирования электрических и температурных полей в зоне приварки:

1 - привариваемый слой порошка, 2 - электрод, 3 - главный сплав
Толщина слоя привариваемого сплава 1 была принята = 0, 5 мм, широта роликового электрода $B_{эл} = 8$ мм. В расчетную область подключили дробь электрода 2 высотой $h_{эл} = 5$ мм и дробь подробности 3 радиусом $r_{ост} = 11$ мм. Сначала решали электрическую задачку расчета полей плотности тока. Для численного решения уравнения были приняты последующие краевые условия:

- температура расчетной области в исходный момент времени $t = 0$ с постоянна и одинакова $T = 20$ °C;
 - температуры на ребрах a-b и d-e-f постоянны в хотькакой момент времени и одинаковы $T = 20$ °C;
 - на ребрах b-c-d было принято граничное ограничение iii рода, учитывающее воздействие на температурные поля деяния охлаждающей воды.
- Электро- и теплофизические характеристики считали неизменными. Расчеты проводили в спектре конфигурации длительности импульса тока $t = 0, 02... 0, 1$ с. Электрическое противодействие порошкового слоя расценивали условным

удельным

электросопротивлением.

При электроконтактной приварке порошков из сплавов и высоколегированных сталей к деталям, выполненным из среднеуглеродистых и низколегированных сталей, электросопротивления привариваемого и главного металлов имеют все шансы отличаться до 3-х и более раз. Полученные зависимости между k_t и $\rho_{\text{отн}}$ представлены на рисунке 2. 12.

После промышленной революции техническое обслуживание инженерного оборудования в этой области было проблемой. Хотя был достигнут впечатляющий прогресс в эффективном обслуживании оборудования на местах, техническое обслуживание оборудования по-прежнему является проблемой из-за таких факторов, как размер, стоимость, сложность и конкуренция. Излишне говорить, что сегодняшняя практика технического обслуживания ориентирована на рынок, в частности, для обрабатывающей промышленности, поставщиков услуг и т. д. 1 событие может иметь непосредственное отношение к окружающей среде, производительности или безопасности. Таким образом, существует определенная потребность в эффективных методах управления и обслуживания активов, которые будут положительно влиять на критические факторы успеха, такие как безопасность, качество продукции, скорость инноваций, цена, рентабельность и надежная доставка.

Каждый год миллиарды долларов тратятся на обслуживание оборудования по всему миру. За прошедшие годы в этой области произошло много новых событий. Термины "техническое обслуживание" и "инженерное обслуживание" могут означать разные вещи для разных людей. Например, Министерство обороны США рассматривает техническое обслуживание как дисциплину, которая помогает в приобретении ресурсов, необходимых для технического обслуживания, и предоставляет политику и планы использования ресурсов при выполнении или выполнении технического

обслуживания. Напротив, операции по техническому обслуживанию рассматриваются как те, которые используют ресурсы для физического выполнения тех действий и задач, которые сопровождают функцию обслуживания оборудования для тестирования, обслуживания, ремонта, калибровки, капитального ремонта, модификации и так далее.

Исчерпывающие перечни публикаций по техническому обслуживанию и техническому обслуживанию приведены в ссылках 3 и 4.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ

Несмотря на то, что техническое обслуживание и техническое обслуживание имеют одну и ту же конечную цель или цель (т. е. оборудование/изделие, готовое к выполнению миссии, при минимальных затратах), условия, в которых они работают, значительно отличаются. В частности, техническое обслуживание является аналитической функцией, а также является преднамеренным и методичным. Напротив, техническое обслуживание-это функция, которая должна выполняться при обычно неблагоприятных обстоятельствах и стрессе, и ее основная цель заключается в быстром восстановлении оборудования до состояния эксплуатационной готовности с использованием имеющихся ресурсов. Тем не менее, способствующие цели технического обслуживания включают в себя: улучшить операции по техническому обслуживанию, уменьшить количество и частоту обслуживания, уменьшить эффект сложности, уменьшить необходимые навыки обслуживания, уменьшить объем поддержки поставок, установить оптимальную частоту

порошкового слоя на неравномерность нагрева зоны контакта. С увеличением роти неравномерность нагрева зоны контакта снижается за счет повышения равномерности распределения плотности тока по площади контакта.

Коэффициент корреляции составил 0,99. Технологическим приемом, повышающим электросопротивление порошкового слоя, является вступление в него некоего численности неэлектропроводного абразивного материала. Такие смеси имеют все шансы быть получены при подготовке порошков для электроконтактной приварки и схожих действий, где в качестве упрочняющей фазы употребляют диспергированные отходы жестких сплавов. Как следует из (2.50), присутствие до 10% неэлектропроводного порошка в смеси дополнительно увеличивает ее удельное электросопротивление наиболее, чем на 15%.

2. 4 Выводы

1. На основании дозволений об эквивалентности механического и термического видов энергий получены математические зависимости, позволяющие исполнить расчетную оценку энергии активации сварки давлением, разновидностью которой является электроконтактная приварка, и размеров активных центров. Обосновано устройство роста плотности функциональных центров при увеличении ступени пластического деформирования вследствие температурного разупрочнения объединяемых металлов вследствие многократной перестройки дислокационных полей. На базе вскрытых закономерностей конфигурации размеров и плотности функциональных центров получена обобщенная зависимость условной прочности твердофазного соединения от температуры сварки.
2. Получены абстрактные зависимости, позволяющие исполнить количественную оценку воздействия режимов электроконтактной приварки на температуру и неравномерность нагрева частиц порошка. Показано, что

электроконтактная приварка железных и недалёких к ним по теплофизическим свойствам порошков с размерами частиц $h > 0,2$ мм в спектре $t = 0,02 \dots 0,1$ с затрудняет приобретение высококачественного соединения или по фактору недостаточного нагрева сердцевины частиц, или вследствие их оплавления. Повышение коэффициента температуропроводности при иных одинаковых критериях позволяет использовать порошки большей фракции.

3. Разработана способ расчетной оценки критических размеров очагов схватывания для варианта соединения материалов с грубо разными физико-механическими качествами, выполненная на базе рассмотрения зоны соединения с позиций механической прочности образующихся источников схватывания. Показано, что доминирующее воздействие на вероятность соединения металлов с грубо разными качествами оказывает величина функционального центра наименее упругого сплава. Основным технологическим приемом роста размеров функционального центра является поднятие температуры нагрева.

4. С позиций гипотезы о предельных размерах функциональных центров разработана математическая модель образования устойчивых источников схватывания под действием лишь термического канала активации объединяемых поверхностей. Расчеты, выполненные для железа проявили, что при $t = 1 \dots 60$ мин сварное слияние с настоящей прочностью затевает подбираться практически при одной и той же температуре $t = 1000 \dots 1050$ °C. Уменьшение длительности сварки просит для заслуги высочайшей прочности соединения повышения температуры. Повышение температуры грубо понижает требуемую для заслуги равнопрочного соединения длительность процесса сварки.

5. На базе численного решения уравнения распределения электрических потенциалов и нестационарного температурного поля изобретена математическая модель, позволяющая обнаружить воздействие

электропроводности привариваемого порошкового слоя на распределения температур в зоне контакта "электрод-деталь". Выявлено, что с увеличением удельного электросопротивления порошка неравномерность нагрева зоны контакта снижается за счет повышения равномерности распределения плотности тока по площади контакта.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Оборудование и материалы для получения порошков электроэрозионным диспергированием

В качестве оснащения употребляли установку для получения порошков из токопроводящих материалов электроэрозионным диспергированием (ЭЭД), включающую в себя стабилизатор напряжения, генератор импульсов и реактор (набросок 3.1).
Регулятор напряжения Генератор импульсов 0... 250 В 30 Реактор а

б

Рисунок 3. 1 - Установка для электроэрозионного диспергирования:
а - структурная методика, б - генератор импульсов с регулятором напряжения

Регулятор напряжения представляет собой однофазный стабилизатор напряжения РНО-260-10 ТУ 16. -817. 298-70, позволяющий выверять выходное усилие от 0 до 260 В, а силу тока до 45 А при наибольшей

мощности 12 кВт.

а

б

Рисунок 3. 2 - Реактор с диспергируемым материалом:
а - вид сверху, б - вид сбоку

а

б

Рисунок 3. 3 - Отходы спеченного твердого сплава марки:
а - ВК8, б - Т15К6

В таблице 3. 1 приведены физико-механические характеристики жестких сплавов марок ВК8 и Т15К6.

Таблица 3. 1 - Физико-механические характеристики жестких сплавов марок ВК8 и Т15К6

Физико-механические

свойства	Марка	твердого	сплава
	ВК8		Т15К6

Предел прочности при изгибе, Н/ мм ² ,(МПа), не менее	1666	1176	
---	------	------	--

Плотность, 103 кг/ м ³	14,	8	11, 5
-----------------------------------	-----	---	-------

Твердость hra, не менее	88,	0	90, 0
-------------------------	-----	---	-------

В качестве электродов употребляли многогранные неперетачиваемые пластинки из соответственных марок спеченных жестких сплавов, отработавшие собственный срок.

Процессы, происходящие при электроэрозионном диспергировании, протекают в межэлектродном пространстве, заполненном рабочей жидко-

стью, которая оказывает на процесс телесное, хим, моющее и механическое действие. В качестве рабочей воды употребляли дистиллированную воду(ГОСТ 6709-72) и фотоген осветительный(ТУ 38. 401-58-10-01), как воды, имеющие более обычный хим состав, достаточно высокую охлаждающую способность, а в то же время сравнительно низкую цену. Некоторые характеристики данных жидкостей и их хим состав представлены в таблице 3.1.

Таблица 3. 1 - Свойства рабочих жидкостей									
Рабочая жидкость									
Плотность, г/ см3 при 20 °С									
Темпера-тура кипения, °С									
Кинемати-ческая вяз-кость 40°С, м2/ с									
Удельное сопротивление, Омсм									
Диэлектри-ческая про-ницаемость при 25 °С									
Вода	дистил-лированная		1000	100	1	105...	106	78,	53
Керосин	осве-тительный		780		140	8	1012		2

3. 2 Оборудование для получения покрытий электроконтактной приваркой порошковых материалов

При проведении опытов по электроконтактной приварке использовали установку 011-1-02 " Ремдеталь "(набросок 3. 4), на обрабатываемых

Рисунок 3. 4 - Общий вид модернизированной установки 011-1-02 " Ремдеталь " с поворотным гаджетом которой закрепляли особое поворотное приспособление, разработанное во ВНИИТУВИД " Ремдеталь "(набросок 3. 5), предназначенное для приварки металлической ленты, проволоки и порошковых материалов на плоские дисковые поверхности электроконтактным способом. Технические свойства установки 011-1-02 "

CP2, а в качестве упрочняющей фазы - порошки, приобретенные электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов ВК8 и Т15К6.

В качестве главного материала при проведении изучений была выбрана сталь 65Г, так как она нашла более обширное использование для изготовления дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин. В таблице 3. 2 представлен хим состав порошка ПГ-CP2, жестких сплавов ВК8 и t15k6, из которых при диспергировании получают порошки, и стали 65Г. Таблица 3. 2 - Химический состав материалов

материала			Содержание					частей,			%
fe	c	cr	ni	mn	si	B	co	wc	tic		
Сталь 65Г	Основа	0, 6-0, 7	0, 25	0, 25	0, 9-1, 2	0, 17-0, 32	-	-	-	-	
Порошок											
ПГ-CP2<	5	0, 2-0, 5	12-15	основа	2-3	1, 5-2, 1					
BK8	-	-	-	-	-	-	8	92	-		
t15k6	-	-	-	-	-	-	6	79	15		

3. 4 Определение хим состава порошка

При исследовании хим состава порошков, приобретенных из отходов жестких сплавов марок ВК8 и Т15К6 электроэрозионным диспергированием, содержания кобальта и титана определяли с поддержкой атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой(АЭС с ИСП) на атомно-эмиссионном спектрометре с индукционной плазмой компании " horiba jobin yvon " модели " ultima 2 "(набросок 3. 6), который подключает в себя монохроматор, твердотельный генератор и микро-ЭВМ, контролирующей условия разбора.

Рисунок 3. 6 - Атомно-эмиссионном спектрометре с индукционной

плазмой компании horiba jobin yvon - модель ultima 2

Следует отметить, что АЭС с ИСП является разрушающим способом разбора, при котором исследуемый материал обязан быть переведён в раствор, желая, теоретически, существо может быть введено и в облике аэрозоля, состоящего из твёрдых частиц или газовой фазы. После этого анализируемая тестирование подается в зону плазмы и разогревается до высочайшей температуры(" 8000 К). В итоге достигается высочайшая ступень побуждения атомов и частичная ионизация. Для получения диапазона употребляют зону над ясно светящейся плазмой. Оптическое излучение пробы разлагается в диапазон на дифракционной решётке и регистрируется фотоэлектрическим методом. Исследования проводили с поддержкой атомно-эмиссионного спектрометра с индукционной плазмой компании " horiba jobin yvon " модели " ultima 2 ", который подключает в себя монохроматор, твердотельный генератор и микро-ЭВМ, контролирующей условия разбора. Содержания всеобщего углерода определяли способом сжигания в потоке кислорода на анализаторе углерода и серы leco cs-400. При этом исследуемый материал массой 1, 0 г помещают в керамический тигель и сжигают в потоке кислорода, где происходит его окисление. Концентрацию углерода определяют с поддержкой инфракрасной абсорбции. Первоначально углерод окисляется до СО и, отчасти до - СО₂. Затем газы осушают и нагревают. В результате СО конвертируется в СО₂ и опять попадает в термостат и проходит для измерения невысокого и высочайшего углерода. Анализатор автоматом выбирает лучший спектр измерения при поглощении инфракрасного излучения СО₂ на определенной длине волны ячейки. Изменение энергии инфракрасного излучения регистрируют сенсоры. Эффект поглощения энергии инфракрасного излучения специфично лишь СО₂ и это используется для измерения его концентрации. Содержание вольного углерода определяли потенциометрическим способом в соответствии ГОСТ 25599. 2-83 " Сплавы твёрдые спечённые. Методы

определения вольного углерода".

Содержание кислорода в порошках, приобретенных электроэрозионным диспергированием отходов ВК8 и Т15К6, определяли с поддержкой инфракрасной абсорбции. В этом случае употребляли восстановительное таяние исследуемого материала в импульсной печи противодействия в потоке гелия на анализаторе кислорода и азота Ieco tc-600(набросок 3. 7, а), представляющего собой анализатор с интегрированным микропроцессором. При этом тестирование с известной массой помещается в тигель, сделанный из графита высочайшей чистоты, и плавится в потоке гелия при температуре достаточной для полного выделения кислорода, азота и водорода. Программное снабжение анализатора позволяет сразу мерить содержание азота и кислорода в большинстве металлов, огнеупорных керамиках и неорганических материалах.

а

б

Рисунок 3. 7 - Приборное снабжение для определения хим состава порошков:

а - анализатор кислорода и азота " Ieco tc-600, б - спектрометр рентгеновский дифракционный " Спектроскан Макс gv "

Определение примесей и соотношения в них вольфрама, кобальта и титана проводили на рентгеновском установке для спектрального разбора СПЕКТРОСКАН макс-gv(набросок 3. 7, б), позволяющего жить качественный и численный рентгенофлуоресцентный анализ содержания хим частей в образце в спектре от 0, 1 - 0, 0001 % до 100 % без концентрирования и от 10^{-6} - 10^{-7} % до частей процента с концентрированием. Это достигается в итоге взаимодействия рентгеновского излучения с образцом, при котором в нем появляется вторичное флуоресцентное излучение. В этом диапазоне находятся характеристические полосы тех

частей, которые вступают в состав материала эталона. При этом напряженность данных рядов позволяет осуждать о количественном содержании частей.

Исследование формы и морфологии поверхности частиц порошков, приобретенных из отходов жестких сплавов. Форму и морфологию частиц порошков, приобретенных способом электро-эрозионного диспергирования отходов жестких сплавов ВК8 и Т15К6, изучали с поддержкой растрового электрического микроскопа quanta 600 feg(рисунок 3. 8), позволяющим обретать изображения, в том числе и объемное, исследуемых образцов с огромным увеличением(до 100000 крат) при высочайшем разрешении. Его разрешено применять для изучения разных типов образцов, в том числе загрязненных, влажных, способных к выделению газов в процессе вакуумирования.

Рисунок 3. 8 - Растровый электрический микроскоп " quanta 600 feg " Рентгеноспектральный микроанализ проводили с поддержкой энерго-дисперсионного анализатора рентгеновского излучения компании edax, встроенного в растровый электрический микроскоп " quanta 600 feg ". Под рентгеноспектральным микроанализом понимают определение элементного состава микрообъектов по возбуждаемому в них характеристическому рентгеновскому излучению. Анализ распределения частей может быть выполнен в высококачественном, полуколичественном и количественном облике. Качественный анализ описывает тип частей, входящих в состав исследуемого участка эталона. После высококачественного разбора при необходимости проводят количественный анализ в раздельно выбранных точках. По приобретенным этим программное снабжение позволяет найти тип фазы исходя из ее химического состава. Полуколичественный анализ проводят, ежели требуется определить расположение частей вдоль рядов(прямолинейный

анализ). Линейный анализ выполняется способом шагового сканирования, т. е. методом последовательного проведения разбора в отдельных точках. Таким образом, осуществляется количественное определение концентрации частей с данной точностью. Точкам на рисунке подходят диапазоны характеристического рентгеновского излучения. На диапазоне любому хим составляющей соответствует пик определенной вышины. Рентгеноспектральный микроанализ делали в том же духе с поддержкой сканирующего зондового конфокального рамановского микроскопа "omegascope" (набросок 3. 9).

Рисунок 3. 9 - Сканирующий зондовый микроскоп с конфокальным рамановским и флюоресцентным спектрометром "omegascope". При исследовании структуры частиц порошка, приобретенного диспергированием отходов твердого сплава, был проведен их рентгеноструктурный анализ на рентгеновском дифрактометре rigaku ultima iv (набросок 3. 10).

Рисунок 3. 10 - Рентгеновский дифрактометр "rigaku ultima iv". Дифрактометр используют для проведения фазового разбора проб, количественного фазового разбора проб, определения областей когерентного рассеяния и микронапряжений, текстурного разбора. Особенности дифрактометра серии ultima iv:

- радиус гониометра - 185мм на выходящий пучок;
- щели переменной ширины, какие разрешают предохранять неизменной облучаемую поверхность эталона;
- гониометр вертикального типа для всех 3-х конфигураций, приспособленный для установки широкого комплекта доп оптических компонентов;
- скоростной рентгеновский сенсор d/ tex ultra, который обладает высочайшей скоростью счета, высочайшим энергетическим уровнем разрешения и

невысоким уровнем гула.

При проведении разбора структуры исследуемый порошок насыпали в кювету диаметром 20 мм и глубиной 0,5 мм и спрессовывали так, чтобы поверхность эталона была параллельна краям кюветы. Кювету ставят в держатель, в итоге что на отъюстированном гониометре поверхность эталона совмещается с плоскостью фокусировки.

Параметры съемки: спектр: 10 - 95 град 20, шаг - 0,020 град, прыть - 1 град/мин, рабочее усилие - 40 кВ, ток - 40 мА.

Обработка профиля дифрактограммы: программа pdx1, сглаживание - способ Савицкого-Голая, расплата фона - способ Сонневельда-Виссера, розыск пиков - peak top method.

Исследование гранулометрического состава порошков, приобретенных электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов марок ВК8 и Т15К6, проводили на лазерном анализаторе размеров частиц analysette 22 nanotec(набросок 3. 11, а), позволяющий определять определения распределение частиц порошка по размерам в суспензиях и эмульсиях с поддержкой лазерной дифракции, а в том же духе Атомно-силовой микроскопа " smartspm "(рисунок 3. 11, б), позволяющий исследовать и учить характеристики поверхности или объекта на нанометровом уровне.

Удельную поверхность порошков определяли с поддержкой газо-адсорбционного анализатора " tristar ii 3020 "(набросок 3. 12), который позволяет мерить удельную площадь поверхности и пористости по способам

а

б

Рисунок 3. 11. Приборы для определения гранулометрического состава порошков:

а - лазерный дифракционный анализатор размера частиц analysette 22 nanotec, б - сканирующий зондовый микроскоп smartspm

bet и bjh в итоге адсорбции и десорбции газа(азота) на поверхности и в порах твердого тела при температуре водянистого азота. Позволяет жить анализ удельной поверхности от 0. 01 м²/ г и больше, размера пор от 4x10⁻⁶ см³/ г и больше.

Рисунок 3. 12 - Анализатор удельной площади поверхности tristar ii 3020
Прессуемость порошкового материала является одной из главных его технологических черт. Поэтому в работе определяли прессуемость порошков ВК8 и Т15К6, приобретенных электроэрозионным диспергированием отходов. Исследование прессуемости проводили на прессе ПГ-25(набросок 3. 13, а). Геометрические габариты эталона определяли с поддержкой микрометра МК 25(ГОСТ 6507-90), а массу - с поддержкой аналитических весов ВСЛ-200/ 0, 1А(набросок 3. 13, б).

а б
Рисунок 3. 13 - Оборудование, применяемое для определения прессуемости:
а - пресс " ПГ-25 ", б - аналитические весы " ВСЛ-200/ 0, 1А "
Фиксированный объём порошка засыпали в пресс-форму, прикладывали напряжение, приобретенный эталон подвергали измерениям(толпа, геометрические габариты). Плотность прессовки определяли по формуле $\Pi = m / v$, где m - толпа прессовки(г), v - размер(см³).
Оценку пористости порошков, приобретенных диспергированием жестких сплавов и покрытий, приобретенных электроконтактной приваркой таковых порошков проводили на шлифах, изготовленных по обычной способу с поддержкой оптического инвертированного микроскопа " olympus gx51 "(набросок 3. 14), оснащенного системой автоматизированного разбора изображений " simagis photolab " и микроскопа " neofot-21 ". При этом в исследуемом образце определяли численность пор, их величину и суммарную площадь. Пористость определяли как известие суммарной

площади пор в исследуемом участке к площади исследуемого участка покрытия, которую выражали в процентах, то имеется: $P = f^{\wedge} / f^{\wedge} \cdot 100 \%$, где $f^{\wedge}$ - суммарная площадь пор; $F^{\wedge}$ - площадь исследуемого участка покрытия. Относительную плотность покрытия определяли по формуле: $v = 1 - f^{\wedge} / f^{\wedge}$.

Рисунок 3. 14 - Оптический инвертированный микроскоп " olympus gx51 "

3. 5 Определение прочности соединения

Прочность соединения покрытия с главным металлом определяли путем среза фиксированных площадок по способу, предложенной создателями, так как данной способу в меньшей мере присущи недочеты, связанные с большим погрешностью при испытании прочности соединения на срез покрытия шириной $< 0,3 \dots 0,4$ мм с главным металлом в итоге заклинивания покрытия режущим инвентарем в процессе испытаний. При проведении опытов фиксированные площадки получали на образцах размером $120 \times 20 \times 2,5$ мм, вырезанных из диска сошника. Приварку смеси порошков к пластинам исполняли на аппарате 011-1-02 " Ремдеталь " с поворотным гаджетом. При этом на поверхности пластины располагают слой порошка шириной $8,0$ мм, одинаковой ширине рабочей доли роликового электрода, и высотой, одинаковой возвышенности навесок порошка с углом натурального откоса. После этого пластинку с порошком располагают на рабочем столике поворотного устройства, сделанного из меди и прижимают к рабочему столику с данным усилием с поддержкой пневмосистемы, влияние в которой контролируют с поддержкой манометра. Затем включают привод вращения поворотного устройства. Вместе с рабочим столиком поворотного устройства начинают вращаться роликовые электроды. В итоге вращения роликовых электродов пластинка с порошком, расположенная на рабочем столике между данными электродами, затевает передвигаться в поперечном по отношению к оси роликового электрода

направленности. В момент поступления порошка, размещенного на пластинке, в зону приварки включают ток сварки. В итоге нагрева и деформации частиц порошка и поверхностного слоя пластинки происходит слияние частиц порошка между собой и с пластинкой. Сплошной слой порошкового покрытия шириной 0,3–0,35 мм и шириной 8,0 мм получают в итоге поперечного перемещения эталона сравнительно оси роликового электрода за счет перекрытия единичных площадок покрытия, получаемых в итоге протекания 1-го импульса тока.

Для определения прочности на срез соединения покрытия с основой на пластинках с покрытием с поддержкой шлифовального станка и отрезного алмазного кружка получали фиксированные площадки покрытия размером 2*2 мм. Схема тестов на срез фиксированных площадок представлена на набросок 3. 15, Образец 4 располагают в корпусе 1 приспособления между твердосплавными пластинами 2, имеющими зазор сравнительно друг друга,

Рисунок 3. 15 - Схема испытаний на срез фиксированных площадок: 1 - корпус, 2 - твердосплавные пластинки, 3 - хомут, 4 - эталон, 5 - фиксированная платформа, 6 - влечение одинаковой толщины эталона, таким образом, чтобы режущая кромка твердосплавной пластинки густо прилегала к плоскости среза фиксированной площадки 5. При необходимости наиболее четкой подгонки этого зазора к толщине эталона его убирают с поддержкой умышленно подбираемых прокладок. Затем адаптацию ставят на машине для механических испытаний, зажимая его за тягу 6, закреплённую на хомуте 3, который прикреплен к корпусу 1, и нательный конец эталона 4 в ее захватах. После этого прикладывают напряжение Р и срезают фиксированную площадку по зоне ее соединения с образцом. После среза одной площадки под твердосплавные пластинки приспособления ставят последующую площадку и все повторяется аналогично

описанному больше. Прочность соединения τ приваренного слоя с главным материалом определяли как известие стремления среза $R_{ср.}$ к площади соединения f , то имеется $\tau = R_{ф.}/F$.

3. 6 Определение коррозионной стойкости

При определении коррозионной стойкости распознают два главных вероятных механизма коррозионного процесса - хим и электрохимический. Основное различие химического процесса коррозии от химического содержится в том, что взаимодействие реагента с металлом при химической коррозии разделяется на два самостоятельных, несопряженных в общей цели процесса: анодный и катодный. При анодном процессе конкретный переход атомов сплава в раствор происходит в результате взаимодействия с молекулами воды или оксидами электролита. При катодном процессе происходит окисление остающихся в металле лишних электронов любым деполяризатором, т. е. молекулами или ионами раствора, какие будут в итоге этого возрождаться. Следует отметить, что химические свойства далековато не постоянно несомненно помогают открыть суть коррозионных действий. Поэтому устанавливаемые химические свойства в тех или других критериях коррозии сплава нужно разбирать сразу с качественными или количественными плодами измерений процесса коррозии. В связи с этим, проводили долгие коррозионные тесты, которые разрешают количественно поставить протекание коррозионных действий. Испытаниям подвергали образцы из стали 65Г с покрытием, приобретенным электроконтактной приваркой смеси порошка ПГ-СР2 с порошками, полученными диспергированием отходов жестких сплавов ВК8 и Т15К6, и без покрытия размером 20x20x2, 5 мм, вырезанные из диска сошника. Образцы помещали в вместимость с 3-х процентным веществом $KaCl$, моделирующего условия коррозии в атмосферных критериях, и выдерживали в движение 1, 5, 10, 20 и 30 дниночи. Перед испытанием образцы обрабатывали железной щеткой, шлифовальной шкуркой и

промывали в ацетоне. Все поверхности, не считая испытуемой, изолировали эпоксидной смолой. До и после коррозионных испытаний образцы взвешивали на аналитических весах ВСЛ-200/ 0, 1А(ГОСТ 24104-2001) с точностью до 0, 0001 г. После испытаний образцы извлекали из раствора, промывали дистиллированной водой и с поддержкой резинки(ластика) устраняли продукты коррозии. Коррозионные утраты рассчитывали по формуле: $K_m = (m_0 - m) / S$, где m_0 и m - масса эталона до и после испытаний, г; S - площадь испытуемой поверхности, см².

3. 7 Определение износостойкости покрытий

При оценке износостойкости проводили сравнительные тесты образцов из стали 65Г размером 45x20x2, 5 мм с покрытием из смеси порошка ПГ-СР2 с порошками, приобретенными диспергированием отходов жестких сплавов ВК8 и Т15К6; образцов, упрочненных электроконтактной приваркой без подачи порошка; образцов, термообработанных до НЯС 52... 54 и образцов из стали 65Гв исходном состоянии. Взвешивание образцов до и после испытаний выполняли на аналитических весах ВСЛ-200/ 0, 1А ГОСТ 24104-2001 с точностью до 0, 0001 г. Испытания проводили на аппарате абразивного изнашивания ПВ-7 с поддержкой резинового ролика диаметром 70 мм и шириной 25 мм при нагрузке $P = 20$ Н по схеме, представленной на рисунке 3. 16. При испытаниях абразив

Рисунок 3. 16 - Схема испытаний образцов на абразивное изнашивание:

1 - поддон, 2 - эталон, 3 - резиновый ролик, 4 - бункер, 5 - направляющий лоток, 6 - рычаг прижимной

подавали в зону изнашивания эталона при скорости вращения ролика 72 об/мин. Испытания проводили в течение 1-го часа. Изнашивание образцов

определяли по утрате массы за время испытаний. Проведены в том же духе ускоренные лабораторные тесты абразивной износостойкости образцов (набросок 3. 17), моделирующие настоящие условия эксплуатации дисковых рабочих органов и предусматривающие работу испытываемых образцов в почвах фактически хоть какого состава по содержанию песка, гравия, органических остатков, глины и остальных добавок, представляющее собой сосуд цилиндрической формы (барабан), внутри которого размещают изнашивающую среду и испытываемые образцы. Барабан, позволяющий сразу жить тесты огромного численности образцов, закрепляют на токарном станке, набросок 3. 18. Перед испытаниями образцов

в

Рисунок 3. 17 - Устройство для проведения ускоренных лабораторных испытаний на абразивное изнашивание: 1 - абразив, 2 - рычаг, 3 - вал, 4 - обойма, 5 - эталон, 6 - корпус барабана, 7 - втулка

барабан засыпают абразив 1 до уровня 15... 20 мм ниже его горизонтальной оси, по которой размещается вал 3 с тремя втулками 7 с закрепленными на них перпендикулярно оси барабана рычагами 2, предназначенными для крепления образцов 5. Крепление образцов к несущим рычагам осуществляется 2-мя винтами М4 под углом 10° сравнительно горизонтальной оси барабана с зазором 1, 0... 2, 0 мм сравнительно друг друга. При включении привода вращения станка сразу вертится вал барабана с закрепленным на его рычагах эталонами, какие за один кругооборот погружаются в изнашивающую массу и проходят в ней установленный путь, после что снова " выходят " из абразивной массы. Для снабжения наполнения барабана абразивом и ее подмены в корпусе барабана изготовлено окно, которое при проведении испытаний заглушают накладной пластинкой.

Рисунок 3. 18 - Общий вид устройства для проведения ускоренных лабораторных испытаний на абразивное изнашивание, закрепленного на токарном станке

Проведение металлографических исследований соединений, полученных электроконтактной приваркой, соединено с трудностями, заключающимися в том, что соединяемые материалы обладают различными физико-химическими и механическими качествами. При приготовлении шлифов вследствие разной твердости объединяемых металлов наиболее мягкая элемент приобретенного соединения сошлифовывается наиболее напряженно, чем жесткая. В итоге этого имеют все шансы подбираться ступени на границе раздела 2-ух металлов. Кроме такого, травление шлифов из разнородных металлов вследствие различия химических потенциалов растворения в том же духе проблемно. Поэтому принципиальной задачей при проведении работы являлась определение метода приготовления и травления шлифов. При проведении металлографических исследований покрытия из смеси порошка ПГ-СР2 с порошками из жестких сплавов ВК8 и Т15К6 были применены советы по проведению металлографических исследований, изложенные в работах. Для проведения металлографических исследований из дисков сошников с покрытием вырезали образцы, из которых изготавливали шлифы для изучения макро- и микроструктуры зоны соединения. Для выявления микроструктуры соединения стали 65Г - покрытие из смеси порошка ПГ-СР2 с порошком из твердого сплава ВК8 или Т15К6 травили в 3, 0... 4, 0 % глицериновом растворе азотной кислоты в движение 3... 5 с. Исследование микроструктуры соединения проводили с поддержкой микроскопа " Неофот-21 ", " metam - Р1 " и оптического инвертированного микроскопа " olympus gx51 ". Для выявления макроструктуры образцы травили в 5 % глицериновом растворе азотной кислоты в движение 15... 20 с. Исследования макроструктуры проводили на микроскопе БМС-1 и " Неофот-21 ".

Испытания на микротвердость соединений, приобретенных электроконтактной приваркой, и порошков проводили на микрошлифах с внедрением устройства ПМТ-3 квадратной алмазной пирамидкой с углом при ее верху 136°, набросок 3. 19(ТУ 3-3. 1377-83).

Рисунок 3. 19 - Прибор ПМТ-3
Нагрузка на индентор сочиняла 0, 5 и 1, 0 Н, время присутствия под нагрузкой - 10 с.

При исследовании микротвердости частиц порошка их перемешивали с эпоксидной смолой, и после затвердевания проводилась полировка образцов с внедрением алмазных паст по обычной способу. Следует отметить, что при измерении микротвердости порошкового материала минимальная толщина частиц обязана быть более длины диагонали оттиска. При этом шероховатость исследуемой поверхности по параметру R_a не превышала 0, 08 мкм и достигалась маршрутом многократной переполитровки. В связи с тем, что рабочие органы почвообрабатывающих машин, в том числе и диски сошников сеялок, в процессе эксплуатации имеют все шансы подчиняться ударным перегрузкам, в работе проведены изучения образцов с покрытием на ударную вязкость.

Испытаниям подвергали образцы с покрытием из смеси порошка ПГ-СР2 с порошком из твердого сплава ВК8 или Т15К6 и без покрытия. Испытания проводили по обычной способу. В качестве образцов употребляли пластинки размером 55x8x2, 5 мм с покрытием и без покрытия с u-образным надрезом глубиной 2, 0 мм. Испытания проводили на маятниковом копре ИО 5003-0, 3 при наибольшей энергии удара маятника 300 Дж. Введенный маятник владеет резерв возможной энергии: $A_1 = P(\sqrt{2H} \cdot \cos \alpha_0)$, где P - вес маятника, Н; $\sqrt{2H}$ - длина маятника, м; α_0 - угол взлета маятника; A_1 - резерв возможной энергии, Дж.

При падении маятник, находясь в нижнем расположении, ударяет по образцу,

расходуя на его поражение дробь собственной кинетической энергии. Оставшаяся энергия позволяет ему подняться в противном направлении на угол α_2 . В момент приостановки маятника после подъема его возможная энергия A_2 станет одинакова: $A_2 = P(\sqrt{1 - \cos^2 \alpha_2})$, где α_2 - угол взлета после разрушения эталона. Работа, израсходованная на поражение эталона, одинакова: $A = A_1 - A_2 = \frac{1}{2} m v^2 (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)$. Ударную вязкость определяли, как известие затраченной работы на поражение эталона к площади его сечения f , то имеется $k_{cu} = A / f$.

3.

8

Выводы

1. При исследовании параметров порошков ВК8 и Т15К6, приобретенных электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов, применены инновационные способы испытаний, изучений и оснащение.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ДИСПЕРГИРОВАННЫЕ ОТХОДЫ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ВК8 И Т15К6

4.1 Исследование основных свойств порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов ВК8 и Т15К6

Применение порошковых материалов, приобретенных из отходов промышленного изготовления, в технологических действиях возобновления и упрочнения деталей уменьшает первоначальную стоимость восстановленных и упрочненных деталей без понижения их эксплуатационных параметров. Это в совершенной мере касается и к порошковым материалам, приобретенным из отходов жестких сплавов электроэрозионным диспергированием, использование которых в технологиях возобновления и упрочнения деталей позволяет не лишь уменьшить первоначальную стоимость, но и нарастить их ресурс.

Метод электроэрозионного диспергирования является одним из перспективных для получения порошков из отходов жестких сплавов, отличающийся сравнительно невысокими энергетическими затратами, природной чистотой процесса, неимением механического износа оснащения, получением порошка конкретно из кусочков твердого сплава разной формы за одну операцию, получением частиц в большей степени сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон. Следует в то же время отметить, что аппарат для получения порошков электроэрозионным диспергированием при низких издержках электроэнергии владеет небольшими габаритами, благодаря чему ее разрешено применять в критериях небольших компаний и мелкосерийного изготовления. Порошки, приобретенные из отходов жестких сплавов ВК8 и Т15К6, предложенные для применения в разработках упрочнения и возобновления рабочих органах сельскохозяйственных машин, характеризуются широким комплексом параметров, определяющих процессы формирования покрытия и ответственных за его физико-механические характеристики. Поэтому в работе учили главные характеристики таковых порошков, в частности процесс их образования, форму и величина частиц, хим и фазовый состав, удельную поверхность, текучесть, прессуемость и спекаемость, какие, в главном, отвечают за эксплуатационные свойства покрытия, приобретенные с использованием таковых порошков и свойство его соединения с металлом базы.

Процесс электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) представляет собой поражение токопроводящего материала в итоге локального воздействия кратковременных электрических разрядов меж электродами, находящимися в рабочей воды, набросок 4. 1. Импульсное напряжение генератора 1 прикладывается к электродам 2 и 3 и дальше к пластинкам твердого сплава 6 (в качестве электродов в то же время служат пластинки твердого сплава).

Рисунок 4. 1 - Процесс ЭЭД: а - методика установки; б - методика процесса: 1 - генератор, 2 и 3 - электроды, 4 - капли расплавленного материала, 5 - рабочая жидкость, 6 - пластинки твердого сплава, 7 - канал разряда, 8 - точка ряда, 9 - газовый пузырь. При достижении напряжения определённой величины происходит гальванический пробой рабочей воды 5, окружающий в межэлектродном пространстве, с образованием канала ряда 7. Благодаря высочайшей концентрации солнечной энергии, материал в точке ряда 8 плавится и улетучивается, рабочая среда улетучивается и окружает канал ряда газообразными продуктами распада 9 (газовым пузырём). В итоге развивающихся в канале ряда и газовом пузыре значимых динамических сил, капли расплавленного материала 4 выбрасываются за пределы зоны ряда в рабочую жидкость, окружающую электроды, и застывают в ней, образуя каплеобразные частички твердого сплава. Рабочая жидкость, окружающая в рабочей зоне, оказывает на процесс, электроды, гранулы и продукты эрозии твердого сплава телесное, химическое, моющее и механическое действие, что в окончательном результате описывает состав, вид и характеристики порошков, получаемых электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов марок ВК8, Т15К6.

4. 2 Расчетно-экспериментальная критика воздействия характеристик режима электроконтактной приварки порошковых смесей, содержащих диспергированные отходы жестких сплавов ВК8 и Т15К6, на прочность соединения покрытия с основой. Расчетно-экспериментальная критика воздействия характеристик режима электроконтактной приварки порошковых смесей, содержащих диспергированные отходы жестких сплавов ВК8 и Т15К6, на прочность

соединения покрытия с основой проведена в соответствии с рекомендациями, изложенными в работах. Следуя работам, в качестве оценки прочности приваренного порошка примем условную прочность (4. 1)

Пренебрегая деформационным упрочнением источников схватывания при их разрушении зависимость (4. 1) может быть записана в облике

Для нахождения воздействия температуры нагрева порошкового слоя на его пористость рассмотрим схему осаждения порошкового слоя, представленную на рисунке 4. 3.

Рисунок 4. 3 - Схема осаждения порошкового слоя: а) стадия заземления порошкового слоя между деталью и электродом; б) стадия осаждения порошкового слоя при его нагреве импульсом электрического тока. В паузах между импульсами тока приварки порошковый материал 1 заземляется между поверхностью детали 2 и электродом 3, образуя порошковый слой высотой H_0 (набросок 4. 3)

На рисунке 4. 4 приведены рассчитанные для железа в зависимости условной прочности от температуры нагрева при разных значениях окончательной осадки компактного привариваемого слоя.

800	МОЗ	1.	2x10 ³	1.	4x10 ³	1.	6x10 ³
Температура,							оС

Рисунок 4. 4 - Зависимость относительность прочности соединения от температуры нагрева при разной осадки привариваемого сплава: 1 - осадка 75%, 2 - осадка 50%, 3 - осадка 25%

Результаты расчетов демонстрируют, что при температуре нагрева 1000 оС условная прочность при отстое 75 % сочиняет возле 0, 6. При отстое 50% - возле 0, 3. При отстое 25% - возле 0, 15. Резкое понижение относительной прочности покрытия при уменьшении осадки соединено с уменьшением плотности дислокаций и образующихся на них функциональных центров. Если при отстое 75 % условная прочность, близкая к штуке, достигается при температурах возле 1300 оС, то при отстое 25% предоставленной температуре соответствует условная прочность 0, 25.

Результаты расчетов втомжедухе демонстрируют, что при всех значениях осадки температура 900 оС, соответствующая устранению пор в порошковом слое при применяемых на практике критериях реализации процесса электроконтактной приварки, не гарантирует создание покрытия с настоящей прочностью.

Отсюда втомжедухе следует, что сварка частиц порошка меж собой осуществляется уже при отсутствии их значимой общей пластической деформации. Это дает базу разглядеть эту стадию процесса электроконтактной приварки с позиций методик сварки в жесткой фазе с низкоинтенсивным силовым действием.

Следует втомжедухе отметить, что изменение критерий реализации процесса электроконтактной приварки так, чтоб осаживание порошкового слоя осуществлялось при температурах, недалёких к температуре плавления привариваемого сплава, кпримеру, за счет уменьшения стремления прижатия роликового электрода, как это показано на рисунке 4. 5(зависимость 3), является не целесообразным, так как связано с угрозой происхождения источников плавления и разбрызгивания расплавленного сплава. В показано, что при методах сварки с низкоинтенсивным силовым действием функциональные центры образуются вбольшейстепени не на поверхностных дефектах кристаллической сетки, а за счет флуктуации энергии поверхностных атомов. По данной фактору лимитирующим процесс

причиной, кроме температуры нагрева, является не ступень пластического деформирования, а длительность нагрева. Результаты расчета относительной прочности соединения для этого варианта, выполненного по изложенной в разделе 2 способу, приведены на рисунке 4. 6.

Продолжительность импульса t , с

Рисунок 4. 7 - Зависимость относительной прочности соединения от длительности сварки при разных температурах нагрева: 1 - температура нагрева 1300 °C, 2 - 1275 °C, 3 - 1250 °C, 4 - 1225 °C

Видно, что высочайшие прочностные характеристики покрытий из порошков, например, на базе железа, имеют все шансы быть получены при температурах нагрева больше 1250 °C. Следует отметить, что вследствие мощной зависимости интенсивности диффузионных действий от температуры, маленькое понижение температуры нагрева может привести к заметному понижению прочности формируемого покрытия.

На рисунке 4. 8 представлены экспериментальные зависимости относительной прочности i соединения покрытий с основой от численности упрочняющей фазы в порошковой смеси, приобретенные при силе тока $i = 5, 2$ и $5, 8$ кА, продолжительности его протекания $t_h = 0, 04$ с и усилия $P = 1, 5$ кН. Значения тока в импульсе и продолжительности его протекания избраны таковыми, чтоб разрушение образцов при испытаниях происходило по зоне соединения. В качестве упрочняющей фазы в порошковой смеси употребляли порошки ВК8 и Т15К6, приобретенные электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава ВК8 и твердого сплава Т15К6 поэтому, в качестве матричной - порошок ПГ - СР2.

Рисунок 4. 8 - Зависимость прочности t соединения покрытия с основой от численности упрочняющей фазы в порошковой смеси при $P = 1, 5$ кН и $t_h = 0,$

04 с: 1, 2 - $i = 5, 8$ кА; 3, 4 - $i = 5, 2$ кА; 1, 3 - порошок Т15К6; 2, 4 - порошок ВК8

Видно, что понижение силы тока приблизительно на 10 % приводит к уменьшению прочности соединения приблизительно на 25 %, что при $t_h = 0, 04$ с, сообразно зависимостям 1, 2 и 3 на рисунке 4. 7, подходит понижению температуры не более, чем на 25... 50 оС. Видно в том же духе, что в обоих вариантах t соединения с увеличением численности упрочняющей фазы до ее содержания 50 % в порошковой смеси фактически не изменяется. Увеличение массовой части упрочняющей фазы до 60. 70 % приводит к понижению t на 29-33 %. С учетом изучений, приобретенные итоги разрешено разъяснить следующим образом. При увеличении массовой части упрочняющей фазы выше 40. 50 % размера матрицы из порошка ПГ-СР2 оказалось недостающим для охватывания частиц порошка твердого сплава. Частицы твердого сплава начинают контактировать как между собой, так и с поверхностью главного сплава. Если в объеме формирующегося покрытия частички твердого сплава нагреваются теплопередачей от железной фазы с завышенным электро- противодействием, то в зоне их контакта с поверхностью подробности нагрев таковых частиц затруднен вследствие наименьшего электросопротивления и большей тепло-проводности компактного сплава. Данные условия приводят к уменьшению плотности источников схватывания в области физиологического контакта неметаллических частиц и поверхностью базы и, поэтому, к понижению прочности соединения.

Следует отметить, что при массовой доле упрочняющей фазы, одинаковой 50 %, прочность i соединения покрытия с главным металлом снижается только на 5, 0 %. Таким образом разрешено закончить, что с точки зрения экономической необходимости таковая порция упрочняющей фазы из порошка ВК8 или Т15К6 в матричном порошке является хорошей. Поэтому при проведении последующих изучений употребляли порошковые смеси 50

% ПГ-СР2 + 50 % ВК8 и 50 % ПГ-СР2 + 50% Т15К6.

4. 3 Исследование воздействия характеристик режима электроконтактной приварки порошковой смеси, содержащей диспергированные отходы твердого сплава ВК8 или Т15К6, на механические и эксплуатационные характеристики покрытия

При проведении опытов в качестве образцов употребляли пластинки размером 120x20x3, 0 мм, вырезанные из настоящих подробностей (дисков сошников), сделанных из стали 65Г, и настоящие подробности. К образчикам приваривали механические смеси из промышленного порошка ПГ-СР2 с порошками, приобретенными диспергированием отходов жестких сплавов ВК8 и Т15К6 с одинаковой массовой частей: 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 и 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8. Выбор порошка ПГ-СР2 в качестве матричного в порошковой смеси обусловлен его неплохой привариваемостью к стали 65Г, а в том же духе тем, что он владеет высочайшей износ- и коррозионностойкостью. Гранулометрический состав порошка ПГ-СР2 сочинял 40-120 мкм. Ее просушивали при температуре 100 оС в движение 0, 5 ч. Электроконтактную приварку осуществляли на аппарате 011-1-02 "Ремдеталь" с закрепленным на ней поворотным гаджетом при усиллии $P = 1, 0; 1, 5; 2, 0; 2, 5$ кН, силе тока в импульсе $i = 5, 0... 7, 0$ кА, продолжительности протекания импульса тока $t_h = 0, 02 - 0, 08$ с, продолжительности паузы меж отдельными импульсами $t_n = 0, 06. 0, 1$ с. При электроконтактной приварке смеси порошков к настоящей подробности прыть ее вращения сочиняла 1, 0 м/мин. Результаты изучений представлены на рисунках 4. 9 - 4, 15. На рисунке 4. 9 представлена зависимость прочности σ соединения покрытия с основой от величины прикладываемого стремления, полученная при $i = 5, 8$ кА и $t_h = 0, 04$ с. Значения тока в импульсе и продолжительности его протекания избраны так, чтоб поражение образцов при испытаниях происходило

Рисунок 4. 9 - Зависимость прочности соединения τ от стремления сжатия электродов при $t_h = 0,04$ с: 1, 3 - $i = 5,8$ кА; 2, 4 - $i = 5,2$ кА; 1, 2 - смесь порошков 50 % ПГ-СР2 + 50% Т15К6; 3, 4 - смесь порошков 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8

зоне соединения. Из представленных данных следовательно, что с увеличением прикладываемого стремления τ соединения поначалу растет, а потом снижается. Максимальное значение τ получено при $P = 1,5$ кН. Это свидетельствует о том, что при $P = 1,5$ кН формируются более подходящие условия для соединения покрытия с основой. Поэтому последующие исследования проводили при $P = 1,5$ кН. На рисунке 4. 10 представлены зависимости прочности τ соединений от продолжительности протекания импульса тока при разных его значениях и при рациональном усилии. Видно, что повышение t_h в исследованном перерыве не позволяет получить равнопрочные с главным материалом соединения. Увеличение силы тока при фиксированных значениях t_h приводит к интенсивному увеличению τ соединения покрытия с основой. Причем

Рисунок 4. 10 - Зависимость прочности соединения τ покрытия, полученного электроконтактной приваркой порошковой смеси от силы тока и продолжительности его протекания: а - 50 % ПГ-СР2 + 50% Т15К6, б - 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8

Испытания на результирующий изгиб (набросок 4. 11) образцов из стали 65Г в исходном состоянии, термообработанных до $t_{\text{нс}} 52... 54$, упрочненных электроконтактной приваркой без подачи порошка и образцов с покрытием из порошка 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6, приобретенных при $P = 1,5$ кН; $I = 6,5$ кА; $T_h = 0,08$ с, проявили, что ударная вязкость $K_{\text{сч}}$ образцов с покрытием

из порошка 50% ПГ- СР2 + 50% Т15К6 владеет примерно однообразные смысла с ударной вязкостью образцов термообработанных до $t_{\text{гс}}$ 52... 54 и упрочненных электроконтактной приваркой без подачи порошка, но некоторое количество ниже, примерно на 14 %, ударной вязкости образцов из стали 65Г в исходном состоянии. При этом отслаивания покрытия в процессе испытаний не наблюдалось.

Рисунок 4. 11 - Влияние электроконтактной приварки на ударную вязкость образцов: 1 - сталь 65Г в исходном состоянии, 2 - ЭКП без подачи порошка, 3 - термообработка до $t_{\text{гс}}$ 52... 54, 4 - с покрытием из порошка 50% ПГ - СР2 + 50% Т15К6(режим ЭКП: $P = 1,5 \text{ кН}$; $I = 6,5 \text{ кА}$; $T_h = 0,08 \text{ с}$) На рисунке 4. 12 представлена зависимость плотности покрытия из исследуемых порошков от силы тока и продолжительности его протекания при их электроконтактной приварке на образцы из стали 65Г. Видно, что повышение тока в импульсе и продолжительности его протекания приводит к увеличению плотности сформированного покрытия. При этом плотность покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 и 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, полученная при рациональном сочетании характеристик режима электроконтактной приварки($P = 1,5 \text{ кН}$; $I = 6,5 \text{ кА}$ и $t_h = 0,08 \text{ с}$) составляет - 98, 8 %.

Рисунок 4. 12- Зависимость плотности покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6(1, 3) и 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8(2, 4) от силы тока и продолжительности его протекания: 1, 2 - $i = 6,5 \text{ кА}$; 3, 4 - $i = 5,5 \text{ кА}$ На рисунке 4. 13 представлены итоги кратковременных испытаний образцов на абразивное изнашивание, проведенные на аппарате ПВ-7М.

Рисунок 4. 13 - Результаты испытаний на абразивное изнашивание: 1 - сталь

65 Г в исходном состоянии, 2 - термообработка стали 65Г до hrc 52... 54, 3 - ЭКП без подачи порошка, 4 - покрытие из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, 5 - покрытие из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8. Видно, что износостойкость покрытий из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 и порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, в 2. 2 раза больше износостойкости образцов из стали 65Г в исходном состоянии и в 1, 3... 1, 4 раза больше износостойкости образцов, термообработанных до НКф 52... 54, и образцов, укрепленных электроконтактной приваркой без подачи порошка. На рисунке 4. 14 представлены итоги испытаний на долговременную коррозию образцов с покрытием из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 и порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, приобретенных при хороших параметрах режима ЭКП, и образцов из стали 65Г в исходном состоянии в 3 %-ом растворе CaCl_2 . Видно, что в обоих вариантах коррозионные утраты

Рисунок 4. 14 - Результаты испытаний на долговременную коррозию: 1- сталь 65Г, 2 - покрытие из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, 3-покрытие из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8 растут с увеличением времени испытаний. Для образцов с покрытием коррозионные утраты меньше, чем у образцов из стали 65Г в исходном состоянии. Следует отметить, что для образцов с покрытием(набросок 4. 14, зависимость 2) коррозионные утраты в начале испытаний, примерно, в 3, 8 раза меньше, чем у образцов из стали 65Г в исходном состоянии. С увеличением времени испытаний до 30 дней эта разница составила до 3, 3 раза. Таким образом, построение покрытия из исследованных порошков приводит к существенному понижению коррозионных утрат. На рисунке 4. 15 представлены итоги изучения воздействия протяженности(длины) приваренного слоя на плотность покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 и прочность его соединения с главным металлом(сталью 65Г). Значения тока в импульсе и продолжительности его протекания избраны так,

чтоб поражение образцов при испытаниях происходило по зоне соединения. Видно, что прочность соединения t по длине приваренного слоя снижается на 63 МПа (на 19,1 %), что, по-видимому, соединено с окислением поверхности подробности в процессе электроконтактной приварки порошкового материала. Плотность покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 по длине приваренного слоя фактически не поменяются.

Рисунок 4. 15 - Изменение прочности соединения и плотности покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 по длине приваренного слоя: 1 - прочность, 2 – плотность

5 РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Расчёт экономической эффективности проведен на образце внедрения технологии возобновления и упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин электроконтактной приваркой порошковой смеси, состоящей из порошка ПГ-СР2 и порошка Т15К6 (50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6), приобретенного электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава Т15К6. Расчет выполнен в согласовании с способом

определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники, изложенной в работах. Экономический результат от внедрения разработанной технологии упрочнения дисков сошников зерновых сеялок определяется формулой:

Себестоимость упрочнения по предлагаемой технологии определяется по формуле:

Спор - цену порошковой смеси из порошка ПГ-СР2 и порошка Т15К6, приобретенного электроэрозионным диспергированием одноименного твердого сплава, в одинаковом соотношении при упрочнении 1-го диска. По этим работам первоначальная стоимость порошков, приобретенных электроэрозионным диспергированием составляет 500 руб./ кг, а цену порошка ПГ-СР2 по - 1250 руб./ кг. Тогда цену порошковой смеси 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 в одинаковом соотношении составит $(1250/2) + (500/2) = 875$ руб./ кг. Расход порошковой смеси при упрочнении 1-го диска составляет:

$$N_{пор} = \frac{h \cdot N \cdot L \cdot \gamma \cdot K}{1000} \quad (5.9)$$

где h - толщина привариваемого слоя, см (0,03 см); N - ширина привариваемого слоя, см (0,8 см); L - длина привариваемого слоя, см (3,14 х 35 = 109,9 см); γ - удельный вес покрытия из порошковой смеси, г/см³ (7,8 г/см³); K - расходный коэффициент порошковой смеси, $k = 1,02$;

$$N_{пор} = 0,03 \cdot 0,8 \cdot 109,9 \cdot 7,8 \cdot 1,02 = 21 \text{ г (0,021 кг)}.$$

$N_{в}$ - норма расхода воды при мойке 1-го диска сошника согласно составляет 0,02 м³/ч.

Св - цену воды, руб./ м³(18, 52 руб./ м³).

Нвоз - норма расхода сжатого воздуха при очистке 1-го диска сошника
сообразно сочиняет 0, 5 м³/ ч.

Своз - цену сжатого воздуха, руб./ м³(0, 72 руб./ м³)

Окончательно получим:

$C_m = 0,021 \cdot 875 + 0,02 \cdot 18,52 + 0,5 \cdot 0,72 = 19,1$ руб.

Производственные затраты определяются по формуле:

$C_{пр} = C_{эл} + C_{око} + (3P_o + H_{зп}) \cdot t_{то} \cdot (5 \cdot 10)$

где $C_{эл}$ - цену затраченной электроэнергии, руб.;

$C_{око}$ - издержки на нагревание, коммунальные сервисы, объяснение, руб.;

$t_{то}$ - время, затрачиваемое на техническое сервис и настройку оснащения, $t_{то}$

= 0, 25 ч.

Окончательно:

$C_{око} = (200 - 10,81) / 1000 + (40 - 29,27) / 1000 + (1,0 - 3,1 - 960) / 1000 = 6,38$ руб.

$C_{пр} = 5,4 + 6,38 + (150 + 57,2) \cdot 0,25 = 63,58$ руб.

Удельные издержки на капитальные вложения рассчитываются, исходя из стоимости нужной для возобновления оснащения.

С учетом вышеизложенного финансовая эффективность от внедрения предложенной технологии упрочнения дисков сошников зерновых сеялок электроконтактной приваркой порошковой смеси, состоящей из порошка ПГ-СР2 и порошка Т15К6(50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6), приобретенного электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава Т15К6, в производство на программу 1000 дисков сошников составит:

$\mathcal{E} = (410 - 129,48) \cdot 1000 = 280520$ руб.,

где цену новейших дисков сошника зерновой сеялки(номер по каталогу Н 154.

00. 424) по этим Торгово-промышленной фирмы " Долагро " г. Чистополь)

сочиняет 410 руб.ВЫВОДЫ

1. Разработана разработка упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин электроконтактной приваркой смеси порошка

ПГ-СР2 с диспергированными отходами твердого сплава Т15К6 в одинаковом соотношении.

2. Исследовано воздействие главных технологических характеристик (силы тока, стремления сжатия электродов, продолжительности протекания импульса тока) на создание покрытия из смеси порошка ПГ-СР2 с порошками, полученными электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов Т15К6 и ВК8. Установлено, что повышение массовой части упрочняющей фазы в матричном порошке выше 50 % приводит к понижению прочности соединения на 25, 6 - 29, 3 % вследствие недостаточного численности теплоты, выделяемой при прохождении электрического тока в зоне контакта порошкового слоя с главным металлом.

2. Исследованы физико-механические характеристики покрытий, приобретенных электроконтактной приваркой порошка ПГ-СР2 в смеси с порошками, полученными электроэрозионным диспергированием отходов жестких сплавов Т15К6 и ВК8, в одинаковом соотношении. Установлено, что при хороших сочетаниях характеристик режима электроконтактной приварки прочность соединения покрытия с основой составляет 518 - 520 МПа, микротвердость покрытия для обоих сочетаний объединяемых материалов примерно одинаковые и составляют 1056... 1080 hV для покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, 968. 1050 hV для покрытия из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8.

3. Установлено, что износостойкость покрытий из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 и порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, в 2, 2 раза больше износостойкости образцов из стали 65Г в исходном состоянии и в 1. 4 раза больше износостойкости образцов из той же стали, термообработанных до t_нс 52... 54, и образцов, упрочненных электроконтактной приваркой без подачи порошка.

4. Установлено, что коррозионная стойкость образцов с покрытием из порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 и порошка 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8,

приобретенных при хороших параметрах режима электроконтактной приварки, в 3, 3... 3, 8 раза больше коррозионной стойкости стали 65Г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 1. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин/ Под ред. М. И. Клецкина. Т. 2. - М.: Машиностроение, 1967. - 830 с.
2. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин/ Под ред. М. И. Клецкина. Т. 3. - М.: Машиностроение, 1968. - 830 с.
3. Фёдоров, С. К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственной техники электромеханической отделкой: дис.... д-ра техн. наук/ С. К. Фёдоров. - М., 2009. - 60 с.
4. Новые направления повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин - использование технической керамики/ Ерохин М. Н., Новиков В. С., Беликов И. А., Бакунов В. С., Орловский В. П., Муравьев Э. Н., Лукин Е. С., Собко А. А.// Труды МГАУ, 2000, с. 45-54.
5. Шовкопляс А. В. Анализ обстоятельств изнашивания дисковых рабочих органов и моделей конфигурации параметров земли под их действием// Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2015, Т. 1, № 3, с. 1-8.
6. Икрамов У. А. Расчетные способы оценки абразивного износа. - М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.
7. Мюррети И. Механизм абразивного изнашивания// Проблемы трения и смазки, 1982, № 1, с. 9-16.
8. Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию. - М.: Машиностроение, 1980. - 783 с.
9. Ильин В. К. Восстановление и упрочнение деталей картофелеуборочных комбайнов диффузионным насыщением с использованием электромеханической отделки. Дис.... канд. техн. наук.

- М., 1992. - 198 с.
- 10. Войнов Б. А. Износостойкие сплавы и покрытия. - М.: Машиностроение, 1980. - 120 с.
- 11. Амелин Д. В., Рымаров Е. В. Новые методы возобновления и упрочнения подробностей машин электроконтактной приваркой. - М.: Агропромиздат, 1987. - 151 с.
- 12. Дорожкин Н. Н., Абрамович Т. М., Ярошевич В. К. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий. - Минск: Наука и техника, 1985. - 279 с.
- 13. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление подробностей машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 479 с.
- 14. Черноиванов В. И., Андреев В. П. Восстановление подробностей сельскохозяйственных машин. - М.: Колос, 1983. - 288 с.
- 15. Ярошевич В. К., Генкин Я. С., Верещагин В. А. Электроконтактное упрочнение. - Минск: Наука и техника, 1982. - 256 с.
- 16. Семенов Ю. Н., Кондратов И. Я.; Семенов Р. А. Нанесение токопроводящих порошковых композиций на железные изделия способом электрической роликовой сварки-накатки// Порошковая металлургия, 1965, № 7, с. 108-121.
- 17. Хатеев В. М., Шнековский О. А. Современные способы восстановления подробностей в ремонтном производстве// Сварочное создание, 1985, №1, с. 9.
- 18. А. с. № 244566(СССР). Способ контактной точечной сварки по слою клея/ И. Т. Козлов. - Оpubл. в Б. И., 1968. № 14.
- 19. Шитов А. Н. Повышение долготии рабочих органов почвообрабатывающих машин с использованием импульсного электроконтактного нагрева(на образце лемеха плуга): Дис.... канд. техн. наук. - М., 2005. - 162 с.
- 20. Горбульский Л. Ф., Забежинский А. Я., Клименко Ю. В. Получение

- биметаллических матриц для синтеза сверхтвёрдых материалов маршрутом электроконтактной наплавки// Теоретические и технологические базы наплавки. Наплавка в машиностроении и починке. - Киев: ИЭС, 1986, с. 44-47.
21. Амелин Д. В. Электроконтактная наплавка порошковых материалов высокоэффективный метод возобновления и упрочнения подробностей// Сварочное создание, 1985, № 1, с. 6-7.
22. Хатеев В. М., Поляченко А. В. Увеличение износостойкости подробностей ходовой доли тракторов класса 60Н армированием твёрдыми сплавами// Тезисы III Республиканской научно-технической конференции " Современныe способы наплавки и наплавочные материалы ". - Харьков: НТО, 1981, с. 38-41.
23. Хатеев В. М., Поляченко А. В. Армирование восстанавливаемых деталей износостойкими твёрдыми сплавами// Тезисы интернациональной конференции государств - членов СЭВ " Современное оснащение и технологические процессы для возобновления изношенных подробностей машин ". - М.: ЦНИИТЭИ, 1983, с. 67-68.
24. Сенчиттин В. С., Пулька Ч. В. Современныe способы наплавки рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных сельскохозяйственных машин(ликбез)// Автоматическая сварка, 2012, №9(713), с. 48-54
25. Сайфуллин Р. Н. Использование электроконтактной установки для упрочнения рабочих органов// Труды ГОСНИТИ, 2014. Т. 117, с. 208-210.
26. Сайфуллин Р. Н., Фархшатов М. Н., Наталенко В. С., Рафиков И. А. Модернизация установки для возобновления подробностей электроконтактной приваркой металлической ленты, проволоки и порошков. Часть 3// Ремонт, восстановление, модернизация, 2013, №8,

- с. 8-10.
27. Сайфуллин Р. Н., Фархшатов М. Н., Наталенко В. С. Оборудование для возобновления и упрочнения подробностей// Упрочняющие технологии и покрытия, 2013. № 12(108), с. 40-47.
28. Сайфуллин Р. Н. Повышение эффективности технологии возобновления подробностей электроконтактной приваркой порошковых материалов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/ Башкирский муниципальный сельскохозяйственный университет. Уфа, 2010. - 430 с.
29. Борисов Ю. С., Андрейчук В. К., Берман С. Х. и др. Восстановление подробностей машин напылением газотермических покрытий из отходов шлифовального изготовления// Прогрессивная разработка, механизация и автоматизация сварочного изготовления. - Свердловск: СОДТ, 1986, с. 76-77.
30. Берман С. Х., Клейман А. Ш., Милованов И. Ф. Использование отходов шлифовального изготовления для получения газотермических покрытий// Интенсификация действий и поднятие свойства и долготии восстановленных подробностей. - Кишинёв: РДНТП, 1996, с. 75-78.
31. Карпенюк А. Н., Квятковская М. Н. Использование стружковых отходов подшипниковой стали для получения железного порошка// Комплексное внедрение минерального сырья, 1992, № 8, с. 58-60.
32. Кудинов В. В., Борович Г. Л., Пекшев П. Ю., Черняков С. В. О возможности применения мелкодисперсных отходов для нанесения защитных покрытий// Теория и практика нанесения защитных покрытий. Тез. докл. 1X Всесоюзного совещания. - Дмитров, 1983, с. 78-83.
33. Борович Г. Л., Кудинов В. В., Пекшев П. Ю. и др. Использование мелкодисперсных материалов ЖС-6 кл. и ШХ15 для нанесения

- покрытий// Теория и практика нанесения защитных покрытий. Тез. докл. 1X Всесоюзного совещания. - Дмитров, 1983, с. 84-88.
34. Берман С. Х. Применение дисперсных отходов зачистки слитков высоколегированных сплавов для возобновления подробностей сельскохозяйственной техники плазменным напылением. Дис.... канд. техн. наук. - Кишинёв, 1989. - 246 с.
35. Сухова Е. Е., Артёмов А. М., Майорова А. А. и др. Получение композиционных покрытий из порошковых отходов от отделки электрофизическими способами железных материалов// Композиционные покрытия. - Житомир: ЦНТИ, 1981, с. 77.
36. Кузьмиченко В. М., Карпов В. М., Романов Ю. А. и др. Переработка абразивного шлама способами порошковой металлургии/ Рукопись деп. в Черметинформации, № 2302 чм, 1984. - 9 с.
37. Падалко О. В., Левинский Ю. В. Получение порошков из отходов машиностроительных и металлургических производств// Итоги науки и техники. Порошковая металлургия. Том 3. - М.: ВИНТИ, 1989, с. 3-66.
38. Спиридонов Н. В., Кобяков О. С., Романовский А. О. Использование промышленного абразивного шлама для сотворения износостойких композиционных покрытий// Состояние и виды возобновления и упрочнения подробностей машин. - М.: ЦДРЗ, 1994, с. 112-114.
39. Металлические порошки и порошковые материалы/ Б. Н. Бабич, Е. В. Вершинина, В. А. Глебов и др.; под ред. Ю. В. Левинского. - М: ЭКО-МЕТ, 2005. - 520 с.
40. Дворник М. И., Верхотуров А. Д., Ершова Т. Б. и др. Получение наноструктурного вольфрамокобальтового порошка при электроэрозионном диспергировании твердого сплава ВК8// Перспективные материалы. 2006, № 3, с. 70 -75.
41. Коротаев Д. Н. Создание износостойких покрытий электроискро-

- вым легированием в окислительных и инертных средах с оптимизацией режимов и внедрением твердосплавных электродов: автореф.... док. техн. наук. - Омск, 2009. - 36 с.
42. Мазур А. И., Алехин В. П., Шоршоров М. Х. Процессы сварки и пайки в производстве полупроводниковых устройств. - М.: Радио и ассоциация, 1981. - 224 с.
43. Каракозов Э. С. Сварка металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1986. - 275 с.
44. Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. - 584 с.
45. Коттрел А. Теория дислокаций. - М.: Мир. - 1969. - 96 с.
46. Физика кристаллов с недостатками/ А. А. Предводителей [и др.]. - М.: Изд-во МГУ, 1986. - 240 с.
47. Бернен Р., Кронмюллер Г. Пластическая деформация монокристаллов. - М.: Мир, 1969. - 272 с.
48. Кочергин К. А. Контактная сварка. Л.: Машиностроение, 1987. - 240 с.
49. Штремель М. А. Прочность сплавов. Деформация. - М.: МИСИС, 1997. - 527 с.
50. Ветцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные прибавления. - М.: Высшая школа. 2000. - 480 с.
51. А. с. 1445111 А1 СССР 6С 01 f/ 42. Установка для получения порошков [Текст]/ Г. И. Рудник [и др.](СССР). Оpubл. в 1995, Бюл. № 30.
52. Нефтепродукты: характеристики, свойство, использование [Текст]: справоч-ник/ под ред. Б. В. Лосикова. - М.: Химия, 1966. - 778 с.
53. Золоторевский В. С. Механические характеристики металлов. - М.: Ме-таллургия, 1983. - 352 с.
54. Ершова, Т. Б. Получение порошковых и больших материалов на базе тугоплавких соединений вольфрама из минеральных и вторичных

- ресурсов: автореф.... док. техн. наук. - Пермь, 2012. - 36 с.
55. Замулаева Е. И., Левашов А. Е., Кудряшов А. Е. Влияние структуры электродов $ws-Co$ на пруть нанесения электроискровых покрытий// Металлург, 2011, № 9, 30-34.
56. Порошковая металлургия и напылённые покрытия/ Под ред. Б. С. Митина. - М.: Металлургия, 1987. - 127 с.
57. Федоренко И. М., Францевич И. Н., Радомысельский И. Д. Порошковая металлургия. Материалы, разработка, характеристики, области внедрения.
- Киев: Наукова думка, 1985. - 624 с.
58. Солем А. С. Восстановление и упрочнение подробностей сельскохозяйственной техники газопламенным напылением керамико-металлических порошков(на образце дисков сошников зерновой сеялки): автореферат дис.... кандидата технических наук. - Москва, 1993.
- 18 с.
59. Рекомендации по творению и оснащению участков возобновления дисков сошников сеялок и дисков луцильников/ ВНПО " Ремдеталь ". - М.: ГОСНИТИ, 1986. - 19 с.
60. Шпилько, А. В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Минсельхоз России/ А. В. Шпилько и др. - Москва, 1998. - 220 с.
61. Шпилько, А. В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Нормативно-справочный материал. Ч. 2. Минсельхоз России/ А. В. Шпилько и др. - Москва, 1998. - 242 с.
62. Поточно-механизированные полосы и оснащение для восстановления изношенных подробностей каров, тракторов и сельскохозяйственных машин. Каталог/ Под общ. ред. В. И.

Черноиванова. - М.: ЦНИИТЭИ, 1984. - 340 с.
63. Оборудование для возобновления подробностей. Каталог/ Государст-венная комиссия Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам. - М.: Информагротех, 1990. - 41 с.

2. Вафин Н.Ф., **Ситдилов И.И.** Анализ уровня износа деталей сельскохозяйственных машин и их восстановления. Сборник ИМ и ТС Казанского ГАУ 2019.

3. Вафин Н.Ф., **Ситдилов И.И.** Восстановление деталей сельскохозяйственных машин и оборудования дуговой наплавкой. Сборник ИМ и ТС Казанского ГАУ 2019.

4. Вафин Н.Ф., **Ситдилов И.И.** Обоснование режимов упрочнения дисковых рабочих органов электроконтактной приваркой. Сборник ИМ и ТС Казанского ГАУ 2019.

5. Вафин Н.Ф., **Ситдилов И.И.** Применение диспергированных отходов твердых сплавов для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сборник ИМ и ТС Казанского ГАУ 2019.

6. Вафин Н.Ф., **Ситдилов И.И.** Результаты упрочнения дисков сошников зерновой сеялки электроконтактной приваркой порошковой смеси ПГ-СР2 и Т15К6. Сборник ИМ и ТС Казанского ГАУ 2019.