

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИНК
Направление подготовки 15.04.01
Кафедра ОТСП

Магистерская диссертация

| Тема работы |
|--|
| Повышение равномерности абразивного изнашивания Fe-Cr-V-Mo-C покрытия, полученного плазменной наплавкой |
| УДК <u>621.791.927.55.669.056.6-044.052</u> |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 1ВМ51 | Панарин Петр Сергеевич | | |

Соруководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Дегтерев Александр Сергеевич | - | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Гордынец Антон Сергеевич | Кандидат технических наук | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Николаенко Валентин Сергеевич | - | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Гусельников Михаил Эдуардович. | Кандидат технических наук | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. Кафедрой. Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Киселев Алексей Сергеевич | Кандидат технических наук | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИНК
 Направление подготовки 15.04.01
 Кафедра ОТСП

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--|
| Магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации) |
|--|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------|
| 1BM51 | Панарин П.С |

Тема работы:

| |
|--|
| Повышение равномерности абразивного изнашивания Fe-Cr-V-Mo-C покрытия, полученного плазменной наплавкой |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) |

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Покрытие, полученное широкослойной плазменной наплавкой порошка ПР-Х18ФНМ.</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>введение; литературный обзор, посвященный технологиям поверхностного упрочнения деталей машин и механизмов, а также вопросам равномерности их изнашивания; раздел, описывающий материалы и методы исследования, используемые в работе; практическая часть, раскрывающая вопросы равномерности абразивного изнашивания Fe-Cr-V-Mo-C широкослойного покрытия; заключение.</p> |

| | |
|--|--------------------|
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | - |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Николаенко В.С. |
| Социальная ответственность | Гусельников М.Э. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| | - |
| | - |
| | - |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Дегтерев А.С | - | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 1ВМ51 | Панарин П.С | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|---------------|-------------|
| Группа | ФИО |
| 1ВМ51 | Панарин П.С |

| | | | |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|
| Институт | Неразрушающего контроля | Кафедра | ОТСП |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Машиностроение |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования

Финансовые ресурсы – 20000 рублей
Человеческие ресурсы – 1 человек

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Расчет трудоемкости изготовления машины.
2. *Планирование и формирование бюджета;*

1. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
2. Определение значимости выполняемых функций объектом;
3. Определение значимости функций;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Перечень графического материала:

1. Диаграмма Fast

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ассистент | Николаенко В.С | - | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 1ВМ51 | Панарин П.С | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|-----------------|--------------------|
| Группа 1ВМ51 | ФИО Панарин П.С |
|-----------------|--------------------|

| | | | |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|
| Институт Уровень образования | Неразрушающего контроля Магистратура | Кафедра Направление/специальность | ОТСП Машиностроение |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|---|
| <p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> | <p>Поскольку исследования проводились внутри здания, в отдельной аудитории, в которой находятся: токарный станок, машина для резанья и установка для абразивного изнашивания. Так как основная работа была выполнена на последней машине, то на рабочую зону оказывают влияния следующие факторы: недостаточная освещенность, превышение уровня шума, пожар, электрический ток, механические повреждения.</p> |
| <p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p> | <p>1. Техника пожарной безопасности на производстве (ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ). 2. Техника безопасности при работе с электро- и радиотехническими устройствами (ГОСТ 12.1.006-84). 3. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) ССБТ. 4. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.019-79 (с изм. №1) ССБТ.</p> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> | <p>Повышенный уровень вредных частиц в воздухе.</p> <p>Повышенный уровень шума на рабочем.</p> <p>Недостаточная освещенность рабочей зоны.</p> |
| <p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>термические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i> | <p>При работе с машиной для абразивного изнашивания, которая работает на базе электродвигателя соединенного с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары. Согласно нормам установлены средства пожаротушения.</p> <p>Так же при работе с электродвигателем возможны травмы. Двигатель защищен</p> |

| | |
|--|--|
| – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | корпусом, исключая возможность контакта с человеком. |
| 3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, загрязняющие вещества: использованная бумага и вата. |
| 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий | Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера. К мерам по предупреждению будут относиться: 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действию в условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС. |
| 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | Соблюдение законов(налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль за исправностью работы в помещении. |
| Перечень графического материала: | |
| При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров) | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Гусельников М.Э. | Кандидат технических наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 1ВМ51 | Панарин П.С | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 страниц, 45 рисунков, 7 таблиц, 27 источников, 1 приложение.

Ключевые слова:

Плазменная наплавка, абразивный износ, твердость.

Цель работы – изучить микростроение и абразивный износ Fe-Cr-V-Mo-C покрытия, полученного широкослойной плазменной наплавкой нескольких частично перекрывающих друг друга валиков.

Актуальность работы:

При необходимости создания упрочняющего слоя шириной более 50 мм, его формирование осуществляется наплавкой с перекрытием двух и более валиков. В таком случае каждый наплавленный за проход объем металла подвергается повторному высокотемпературному нагреву в результате наплавки последующего. Это может способствовать образованию вблизи границы сплавления смежных валиков отдельных зон с отличными от основного объема покрытия структурой и свойствами, способствующих избирательному изнашиванию упрочненных деталей в ходе эксплуатации.

Высокая скорость изнашивания отдельных участков покрытия значительно повышает его общую интенсивность разрушения.

Область применения:

Упрочняющее наплавочное покрытие необходимо для деталей, работающих в контакте с абразивом.

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 10 |
| 1. Литературный обзор | 11 |
| 1.1.1. Методы упрочнения поверхностей материалов | 11 |
| 1.1.2. Напыление | 13 |
| 1.1.3. Наплавка..... | 14 |
| 1.2. Равномерность изнашивания | 20 |
| 1.3. Проблемы неравномерности микроструктуры в зонах повторного нагрева..... | 25 |
| 2. Материалы и методы исследования | 35 |
| 2.1. Наплавочный материал | 35 |
| 2.2. Приготовление шлифов..... | 37 |
| 2.3. Травление микрошлифа..... | 39 |
| 2.4. Твердость и износ | 41 |
| 3. Зоны в наплавленном металле | 42 |
| 4. Результаты абразивного изнашивания поверхности | 51 |
| 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.. | 52 |
| 5.1. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом..... | 53 |
| 5.2. Определение значимости выполняемых функций объектом | 54 |
| 5.3. Расчет значимости функций | 55 |
| 5.4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования..... | 57 |
| 5.5. Определение относительных затрат на функцию | 58 |
| 5.6. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ | 58 |
| 5.7. Оптимизация функций выполняемых объектом | 59 |
| 6. Социальная ответственность..... | 60 |
| 6.1. Введение..... | 60 |
| 6.2. Производственная безопасность | 61 |
| 6.3. Повышенное содержание вредных частиц в воздухе..... | 62 |
| 6.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте | 63 |
| 6.5. Освещенность рабочей зоны..... | 65 |

| | |
|--|----|
| 6.6.Уровень статического электричества | 67 |
| 6.7.Региональная безопасность..... | 68 |
| 6.8.Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 69 |
| 6.9.Пожарная безопасность..... | 72 |
| 6.10.Организационные мероприятия обеспечения безопасности..... | 75 |
| 6.11.Правовые вопросы обеспечения безопасности..... | 76 |
| Заключение | 77 |
| Список литературы | 78 |
| Список публикаций студента:..... | 81 |
| Приложение А | 82 |

Введение

В настоящее время общая потеря материала при эксплуатации объектов машиностроения распределяется следующим образом: на «моральный» износ приходится 15 %, на поломки – 15 %, остальные 70 % приходится на повреждение поверхности, из которых 55 % - износ, 15 % - коррозия [17]. Таким образом, износ по-прежнему является одной из основных причин выхода из строя деталей машин и механизмов. Для восстановления изношенных рабочих поверхностей и обеспечения требуемого уровня их свойств в машиностроительном производстве применяют, в основном, наплавку. Из множества технологий наплавки большой интерес представляют те, которые позволяют обеспечить раздельное управление процессами ввода энергии в упрочняемую деталь и подачи присадочного материала. К таким технологиям относят аргонодуговую наплавку неплавящимся электродом, электронно-лучевую, лазерную и плазменную наплавки. В последнем случае присадочный материал используют в виде порошка грануляции 50...200 мкм. Плазменной порошковой наплавкой осуществляют нанесение сплавов на основе Ni, Co, Cu, Fe. Широкое распространение получили высокохромистые чугуны. Во избежание трещин в наплавляемом слое детали предварительно подогревают до температуры 500...600 °С, а иногда применяют и сопутствующий подогрев [18].

Как показывает опыт, предварительный подогрев не только усложняет процесс наплавки, но и заметно его удорожает. Поэтому, как альтернативу высокохромистым чугунам применяют Fe-Cr-V-Mo-C сплавы, матрица которых содержит значительное количество остаточного аустенита и обладает относительно высокой пластичностью. Это обеспечивает отсутствие трещин в формирующемся упрочняемом слое, при наплавке даже на холодную деталь.

При необходимости создания упрочняющего слоя шириной более 50 мм, его формирование осуществляется наплавкой с перекрытием двух и более валиков. В таком случае каждый наплавленный за проход объем

металла подвергается повторному высокотемпературному нагреву в результате наплавки последующего. Это может способствовать образованию вблизи границы сплавления смежных валиков отдельных зон с отличными от основного объема покрытия структурой и свойствами, способствующих избирательному изнашиванию упрочненных деталей в ходе эксплуатации.

Высокая скорость изнашивания отдельных участков покрытия значительно повышает его общую интенсивность разрушения.

Цель: изучить микростроение и абразивный износ Fe-Cr-V-Mo-C покрытия, полученного широкослойной плазменной наплавкой нескольких частично перекрывающих друг друга валиков.

1. Литературный обзор

1.1.1. Методы упрочнения поверхностей материалов

Металлические поверхности в механизмах подвержены износу из-за трения. Поэтому необходимо применять технологии упрочнения этих поверхностей. Основными методами упрочнения являются: термообработка, наплавка, напыление и поверхностное пластическое деформирование.

Рассмотрим используемые методы.

Поверхностное пластическое деформирование (ППД). Данный способ обработки деталей без снятия слоев металла, при котором пластической деформации подвергается только поверхностный слой детали. В результате использования поверхностной пластической деформации увеличивается твердость, уменьшается шероховатость, возникают сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое детали.

Особенно эффективным является упрочнение деталей, имеющих конструктивные или технологические концентраторы напряжений, выточки, галтели и др.

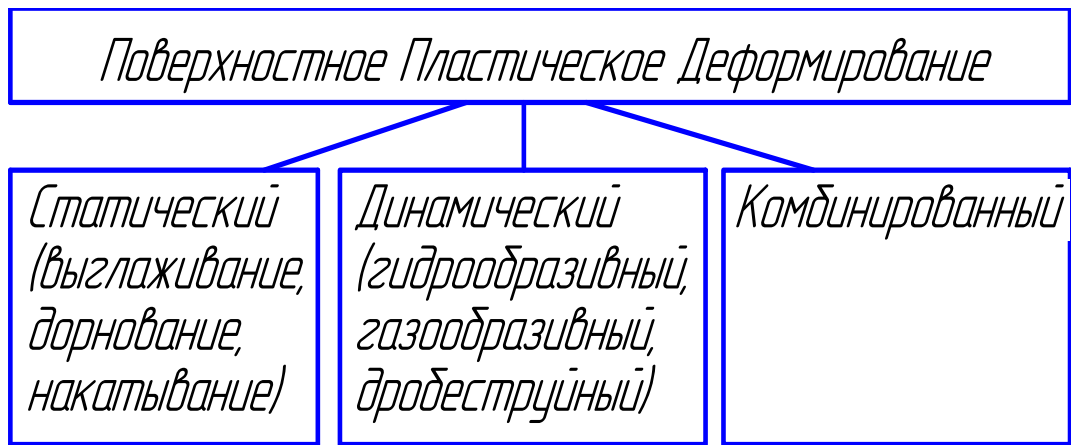


Рисунок 1. Классификация поверхностного пластического деформирования.

Достоинством ППД является технологическая универсальность и экономичность метода. По характеру взаимодействия инструмента с деталью методы ППД подразделяется на статические и ударные.

Термическая обработка. Существует несколько видов термоупрочнения:

Термомеханическая обработка – метод упрочнения стали при сохранении достаточной пластичности, совмещающий пластическую деформацию и упрочняющую термическую обработку (закалку и отпуск). Он заключается в сочетании пластической деформации в аустенитном состоянии с закалкой;

Химико-термическая обработка стали - совокупность операций термической обработки с насыщением поверхности изделия различными элементами (углерод, азот, алюминий, кремний, хром и др.) при высоких температурах.

Поверхностное насыщение стали металлами (хром, алюминий, кремний и др.), образующими с железом твердые растворы замещения, более энергоемко и длительнее, чем насыщение азотом и углеродом, образующими с железом твердые растворы внедрения. При этом диффузия элементов легче протекает в решетке альфа-железо, чем в более плотноупакованной решетке гамма-железо.

Методы поверхностного деформирования и термической обработки имеют некоторые минусы по сравнению с наплавкой и напылением. Этими

методами невозможно восстановить часть детали, глубина упрочненного слоя не велика, верхние слои обычно имеют более высокие показатели упрочнения по сравнению со следующими слоями.

А так же существует комбинированная технология - механико-термическая обработка стали – это обработка сталей и сплавов, совмещающая два способа упрочнения – фазовые превращения в результате термической обработки и холодную пластическую деформацию.

1.1.2.Напыление

Газотермическое напыление – это способ получения покрытий из нагретых и расплавленных частиц, получаемых в результате газотермического диспергирования исходного напыляемого материала покрытия с применением высокотемпературной распыляющей газовой струи, при соударении которых с основным или подслоем ранее напыляемого материала происходит их соединение посредством нагрева, адгезии или механического сцепления. Задача напыления заключается в образовании требуемого технологического покрытия, которое будет защищать поверхность конструкционного материала от износа, т.е. повысит сопротивляемость основы защищаемого конструкционного материала разрушению [3].

Под общим названием газотермическое напыление объединяют множество методов (тигельное напыление, газопламенное напыление, детонационное напыление, плазменное напыление, электродуговое напыление).

Преимуществом напыления как технологического метода является высокая производительность процесса и возможность значительного сокращения затрат времени на напыление (газопламенное, электродуговое, плазменное напыление). Нанесённый слой имеет равномерную структуру, основной металл в малой степени подвержен термическому воздействию, как следствие не большая зона термического влияния.

Недостатком метода напыления является перегрев и окисление вещества напыляемого материала при малых скоростях подачи проволочного электрода в зону газотермического диспергирования (электродуговое напыление). Слой нанесённого покрытия по сравнению с плазменной наплавкой по толщине не велик, при увеличении толщины возникает проблема отслоения. А так же такие покрытия отличаются наличием пористости, мешающей применению покрытий в коррозионных средах без дополнительной обработки.

В современном машиностроении продолжается развитие новых методов упрочнения металлических материалов. С целью получения материалов с более совершенными свойствами.

1.1.3.Наплавка

Наплавка – процесс нанесения покрытия из расплавленного материала на разогретую до температуры плавления поверхность восстанавливаемой детали. Наплавку можно применять как для повышения износостойкости трущихся поверхностей, так и для восстановления изношенных деталей. Способы наплавки делятся на группы по виду применяемых источников тепла, характеру легирования и способу защиты образующегося покрытия от влияния атмосферы. Самым распространенным видом наплавки является электродуговая наплавка.

Электродуговая наплавка имеет много видов. При их классификации учитывают следующие классификационные признаки:

- уровень механизации (ручная, полуавтоматическая, автоматическая);
- вид применяемого тока (постоянный, переменный, импульсный, специальной характеристики);
- вид электрода (плавящийся, неплавящийся);
- полярность электрода при постоянном токе (прямая, обратная);
- вид дуги (прямая, косвенная);
- режим (стационарный, нестационарный);

- способ защиты зоны наплавки от воздушной атмосферы (в среде защитных газов, водяных паров, жидкости под смесью флюса, комбинированный);
- способ легирования наплавленного металла (покрытием электрода, флюсом, электродным материалом, комбинированный).

Ручная электродуговая наплавка применяется в тех случаях, когда использование механизированных способов невозможно или нецелесообразно. Сложность данного способа заключается в обеспечении сплавления основного и наплавленного металлов, а так же в уменьшении доли основного металла в наплавленном слое.

Электродуговая наплавка под слоем флюса является процессом, при котором сварочная дуга горит между голым электродом и изделием под слоем сухого гранулированного флюса. Достоинства данного способа: высокая производительность, хорошие санитарно-гигиенические условия труда, легкая автоматизация процесса, минимум выгорания легирующих элементов, возможность легирования через сварочный флюс и легкая техника сварки. Недостатки данного способа: сложность при наблюдении за сварочной дугой, сложное оборудование и ограничение по пространственному положению сварки.

В процессе электрошлаковой наплавки на нагретой поверхности детали образуется ванна расплавленного флюса, в которую введен электрод, а к детали и электроду приложено напряжение. Ток, проходящий от электрода через жидкий шлак к детали, выделяет тепло, достаточное для плавления шлака и электродного металла. Этот способ является самый производительным из всех. Достоинства данного процесса: наблюдается небольшой расход флюса, высокая устойчивость процесса, незначительный угар легирующих элементов и высокая стойкость к образованию трещин, хорошо удаляются вредные вещества, из-за дугового разряда практически исключено разбрызгивание шлака и присадочного материала. Недостатками процесса является: невозможность получения покрытий толщиной менее 10

мм и высокое содержание основного металла в покрытии, невозможность прерывания процесса, невозможность контролирования процесса.

Наплавка в среде защитных газов – это процесс наплавки, при котором в зону дуги подают под давлением защитный газ, в результате чего столб дуги, а также сварочная ванна защищается от влияния окружающей атмосферы.

В качестве защитных газов применяются инертные газы, активные газы и их смеси. Наилучшую защиту металла при наплавке обеспечивают инертные газы, однако их применение ограничивается высокой стоимостью.

Достоинства способа:

- небольшая зона термического влияния;
- возможность наплавки деталей малых диаметров;
- высокая производительность;
- возможность сварки и наплавки во всех пространственных

положениях.

Недостатки способа:

- потери защитного газа;
- ограниченное легирование наплавленного металла;
- снижение износостойкости и усталостной прочности на 10-20%;
- чувствительность к сквознякам и ветрам;
- необходимость использования газового оборудования (баллоны)

Важным моментом использования наплавки в среде углекислого газа является образование атомарного кислорода. Кислород, в таком состоянии, окисляет все элементы, которые входят в состав сварочных материалов и свариваемой детали. Что в свою очередь приводит к выгоранию легирующих элементов и образованию сварных дефектов. Для того, чтобы этого избежать необходимо использовать раскислители (марганец, кремний, титан) [1].

Наплавка открытой дугой самозащитными материалами. Использование порошковой проволоки или ленты с необходимым составом сердечника позволяет отказаться от флюса и защитных газов.

В состав сердечников электродных материалов, кроме легирующих компонентов, вводят газо- и шлакообразующие вещества, которые защищают жидкий металл от воздействия атмосферы и повышают стабильность процесса наплавки. Для наплавки самозащитой проволокой и лентами характерны повышенное световое излучение дуги, газовыделение и разбрызгивание, что приводит к снижению использования тепла при наплавке и массы наплавленного металла.

Вибродуговая наплавка. Данный процесс позволяет получить покрытия высокой твердости и износостойкости без последующей термообработки путем применения электродной проволоки нужного состава. Деталь нагревается до 100 градусов и не деформируется. Наплавленный металл имеет равномерную толщину и сравнительно ровную и гладкую поверхность. Производительность в 4-5 раз выше, чем при ручной дуговой наплавке. Низкое напряжение процесса обеспечивает безопасность работ.

Помимо преимуществ, процесс наделен недостатками. Снижение усталостной прочности до 60 % по сравнению с ручной дуговой наплавкой из-за образования закалочных структур в материале, вызывающих растягивающие напряжения и неоднородность твердости. Наличие пор в покрытии по причине быстрого перехода металла из жидкого состояния в твердое, что является очень серьезным недостатком [1].

При использовании лазерной наплавки, в качестве источника тепла, использует концентрированный луч лазера.

Лазерный вид нагрева позволяет устранять повреждения в виде трещин в высоконагруженных деталях с нерегулярным режимом нагружения, соединять детали в труднодоступных местах и керамические изделия.

Преимущества:

- большая скорость выполнения операции;
- широкие технологические возможности;
- высокое качество поверхности после обработки;
- возможность местной обработки;

- легкость автоматизации;
- обработку внутренних поверхностей больших и малых диаметров с помощью несложных оптических устройств.

Структура оплавленных лазером слоев характеризуются хорошей дисперсностью, отсутствием оксидных включений и пор.

недостатки:

- необходимость вакуума [1].

Процесс, при котором происходит нагрев материала и поверхности детали потоком электродов – электронно-лучевая наплавка.

Этот способ обеспечивает высокую производительность, широкие технологические возможности. Электронно-лучевая наплавка практически применима для наплавки любых материалов, позволяет точно дозировать энергию, вводимую в металл, изменяя тем самым глубину проплавления основного металла, структуру основного и наплавленного металла [1].

Покрытия, полученные электронно-дуговой наплавкой, содержат небольшое количество кислорода и азота. Следует сказать об отсутствии пор в покрытие. Данный процесс требует защиту в вакууме.

Индукционная наплавка. Технология индукционной наплавки основана на использовании токов высокой частоты для подогрева металла детали и присадочного материала. Индукционный нагрев по удельной мощности тепловложения превосходит газовый и электродуговой, обеспечивает высокую производительность процесса. Также к преимуществам данного процесса можно отнести: отличное качество наплавленного слоя по химическому составу плотности, структурной однородности и шероховатости поверхности; незначительное проплавление основного металла при высокой прочности соединения; возможность получения тонких слоев при обеспечении жёсткого допуска на толщину покрытия.

Недостатки процесса:

- высокая энергоёмкость;

- сложность использования для восстановления деталей с неравномерным износом [1].

Газовая наплавка. Этот процесс наплавки получил распространение при нанесении покрытий из цветных металлов в виде проволоки и твердых сплавов в виде порошка. Несмотря на невысокую мощность газового пламени, оно дает локальный нагрев, позволяет наносить покрытие на малогабаритные детали с небольшим износом в труднодоступных местах. Данный процесс имеет небольшую производительность. Прочную металлургическую связь между покрытием и основой легко получают при газопорошковой наплавке самофлюсующимися сплавами. При этом высокая стоимость наносимых материалов компенсируется относительной простотой процесса, универсальностью, возможностью восстанавливать дорогие детали [1].

Плазменная наплавка – это процесс нанесения покрытий плазменной струей, когда деталь включена в цепь тока нагрузки. В этом случае с помощью плазменной струи нагреваются поверхность восстанавливаемой детали и наносимый материал.

Суть метода состоит в том, что плотность энергии, которая передается нагреваемой поверхности, значительно больше, чем от открытой дуги. Это приводит к тому, что скорость ввода тепла в деталь выше скорости теплоотдачи. Поэтому поверхность детали быстро плавится. Процесс характеризуется малым проплавлением и большим термическим КПД.

Преимущества плазменной наплавки:

- Гладкая и ровная поверхность покрытий позволяет оставлять припуск на обработку.

- Малая глубина проплавления и небольшая зона термического влияния обуславливают долю основного металла в покрытии до 5 %.

- Малое вложение тепла в обрабатываемую деталь обеспечивает небольшие деформации и термические воздействия на структуру и основы.

- При восстановлении обеспечивается высокая износостойкость наплавленных поверхностей.

- Наблюдается снижения усталостной прочности детали на 10-15%, что намного меньше, чем при использовании некоторых других видов наплавки.

Область применения способа – нанесение тонкослойных покрытий на нагруженные детали с малым износом [1].

Материалы для плазменной наплавки весьма разнообразны, включая железоуглеродистые высоколегированные сплавы, стеллиты, инструментальные и быстрорежущие стали. Применяют прутики, проволоку, порошки и комбинацию материалов. Хорошие результаты при восстановлении деталей плазменной наплавкой дает применение порошковых материалов.

Обеспечивается наиболее продолжительная непрерывная работа оборудования для плазменно-порошковой наплавки по сравнению с аргонодуговой и газопламенной наплавкой.

1.2.Равномерность изнашивания

Износ – постепенное разрушение поверхностных слоев материала путем отделения его частиц под влиянием сил трения. [1]

Износостойкость покрытия -это его свойство оказывать сопротивление износу в конкретных условиях. Покрытия, показывающие отличные результаты износостойкости в одних условиях, могут катастрофически быстро потерять работоспособность в других, поэтому не существует абсолютных критериев износостойкости.

Детали, которые подвергаются износу, разделяют на две группы:

- Детали пар трения;
- Детали, изнашивающиеся под влиянием внешних сред [1].

Интенсивность изнашивания второй группы очень велика и часто именно эти детали лимитируют срок службы всего механизма. Поэтому для таких деталей актуально не только восстановление, но и упрочнение

восстановленных поверхностей. Основные факторы износостойкости поверхности – это структура покрытия, геометрическое и физико-механическое состояние поверхностного слоя.

Наплавленный металл, как правило, характеризуется наличием участков с разной структурой, что проявляется в неравномерности его изнашивания в процессе эксплуатации. Рассмотрим некоторые причины неравномерного изнашивания наплавленных поверхностей:

1) Повторное высокотемпературное воздействие на закристаллизовавшийся металл покрытия при многопроходной наплавке

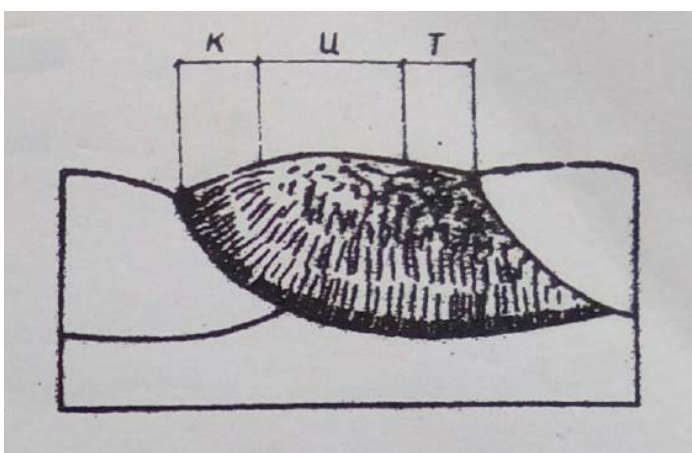


Рисунок 2. Зоны наплавленного валика. К - край валика, Ц – центр валика, Т – зона термического влияния.

При наплавке нескольких валиков с перекрытием, в процессе нанесения последующего валика, некоторая часть предыдущего валика вторично подвергается термическому влиянию. Такие участки отличаются по структуре от остального наплавленного металла. Эти участки характеризуются большим ростом зерен, что приводит к образованию на границах скоплений дефектов кристаллической решетки, выпадению избыточных фаз, вызывающих повышение хрупкости и снижение коррозионной стойкости. Такой характер разрушения особенно нежелателен для наплавленных деталей, работающих в запыленных газовых потоках. [16]

2) Неравномерность распределения структурных составляющих по объему композиционного покрытия

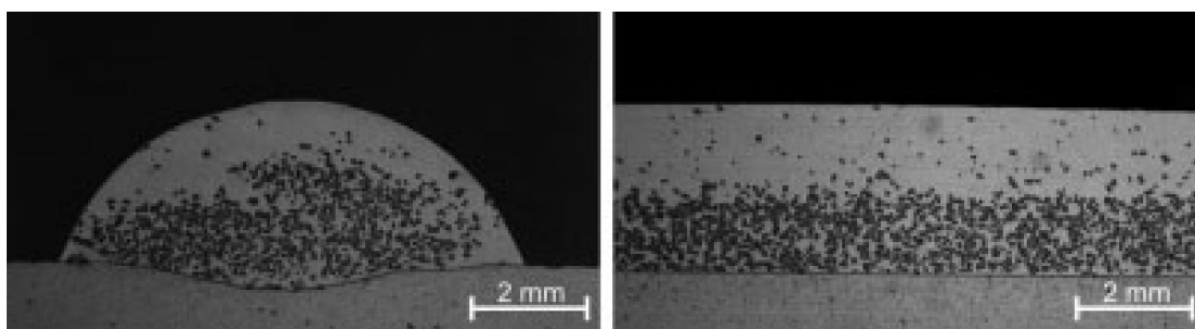


Рисунок 3. Распределение карбида вольфрама (40%) в сплаве на основе кобальта на углеродистой стали с покрытием, нанесенным плазменной наплавкой.

Вследствие особенностей кристаллизации наплавленного металла (высокая температура нагрева, неравномерное охлаждение слоя металла и т.д.) первичные и вторичные карбиды могут неравномерно располагаться в структуре и иметь различные размеры и форму.

Например, как видно на рисунке 3, при нанесении покрытия плазменной порошковой наплавкой с добавлением карбида вольфрама, распределение данного карбида получилось неравномерным. Это связано с тем, что в процессе наплавки, карбид не плавится, имея относительно высокий вес (плотность), он тонет в жидком металле [27].

В ледебуритном высоколегированном наплавленном металле часто образуется сетка эвтектических карбидов скелетообразной формы. Износостойкость наплавленного металла с такой структурой выше, чем при мелких равномерно распределенных карбидах или при строчечном расположении карбидов [15].

Если наплавленный металл кристаллизуется с образованием заэвтектоидной структуры, то карбиды часто образуют сетку по границе зерен. По износостойкости эта структура выше структуры с карбидной

эвтектикой по границам дендритообразных зерен твердого раствора, но ниже, чем при отдельных избыточных первичных карбидах [15].

Следует отметить, что при определенном химическом составе, используемом для легирования сварочной ванны, часто наплавленный металл кристаллизуется в доэвтектическую структуру. При этом образуется мелкозернистая структура с эвтектикой с размером зерен около 30 мкм и крупнозернистая, размер зерна которой может достигать 100 - 150 мкм. Износостойкость такой структуры наплавленного металла ниже, чем у заэвтектоидных структур. Это особенно заметно при граничном трении [15].

3) Неравномерное переохлаждение различных объемов металла каждого наплавленного валика

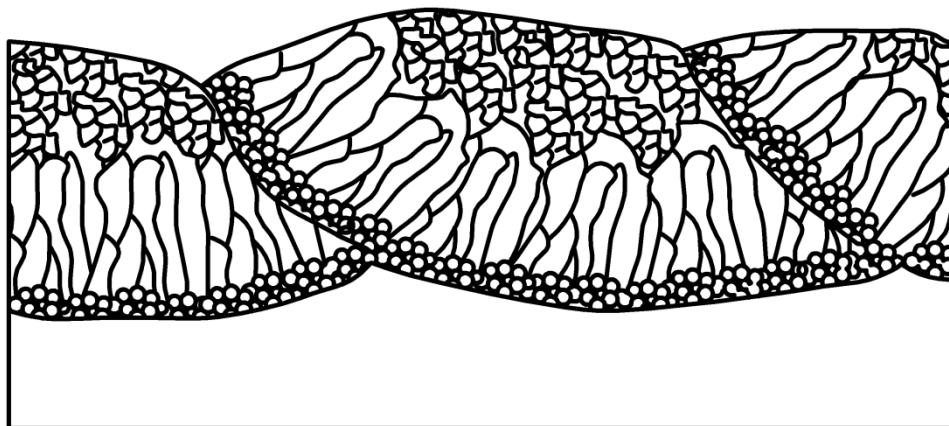


Рисунок 4. Неравномерность переохлаждения объемов металла при наплавке.

При наплавке горячего металла на холодную подложку, находящийся в контакте с ней слой металла охлаждается, и в нем начинается обильное образование зародышей. Центрами кристаллизации являются и многочисленные выступы, имеющиеся на поверхности подложки. Зародыши, образовавшиеся в рассматриваемой зоне, растут сначала по дендритному механизму с образованием поверхностной зоны неориентированных кристаллов. С увеличением толщины этой зоны отвод тепла от затвердевающего металла ухудшается и интенсивность образования новых зародышей резко снижается. Часть имеющихся благоприятно ориентированных кристаллов, т. е. кристаллов, главная ось которых растет в направлении, обратном отводу тепла, получает преимущественное развитие.

Кристаллы с другой ориентацией главных осей относительно поверхности отвода тепла быстро выклиниваются. Поэтому с увеличением расстояния от поверхности подложки в глубь наплавленного металла число зерен на единицу площади уменьшается, пока не останутся только благоприятно ориентированные кристаллы, образующие при своем росте, зону столбчатых кристаллов. В центральной зоне валика главные оси кристаллов перпендикулярны к поверхности наплавленного валика, а в крайних зонах валика кристаллы располагаются под малым углом к поверхности наплавки. Что, в конечном итоге, приводит к неравномерному износу поверхности [16].

А в случае упрочняющего слоя в несколько валиков с перекрытием кристаллы будут располагаться под малыми углами к поверхности как в крайних зонах наплавленного слоя, так и в местах сплавления отдельных валиков между собой.

4) Дефекты в наплавленном металле

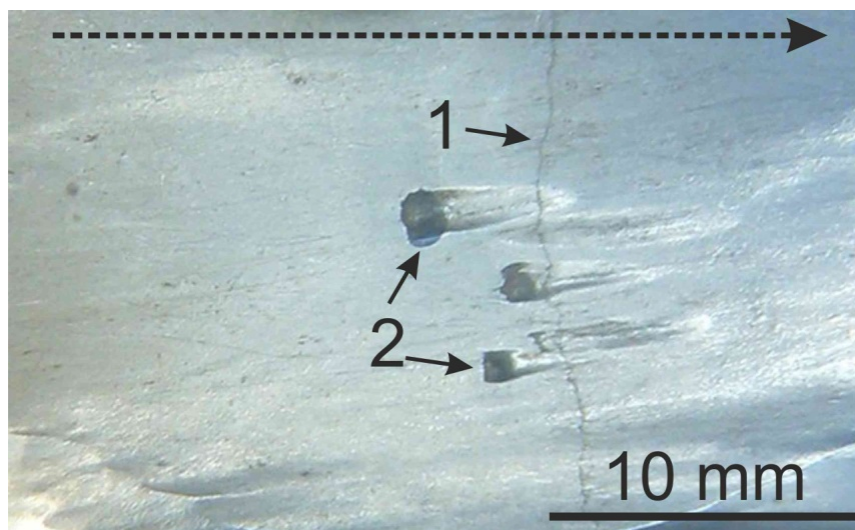


Рисунок 5. Дефекты в наплавленном металле.

В процессе наплавки могут возникать дефекты, которые снижают эксплуатационную способность наплавленного металла, а в некоторых случаях могут вызывать аварийный выход детали из строя. На рисунке 5 показаны следы от воздействия частиц абразива в месте образования поры в наплавленном металле. В следствии такого воздействия за порой образовалась лунка повышенного износа наплавленного металла.

При наплавке образование трещин недопустимо там, где они могут вызвать поломку детали. Например, наличие даже единичной трещины на посадочном месте вала двигателя может вызвать усталостный излом детали. В некоторых случаях трещины в наплавленном металле допустимы, так как не влияют на работоспособное состояние изделия в целом. К таким случаям относится расположение трещины поперек направлению воздействия абразивного потока. Это прежде всего относится к деталям, работающим в условиях абразивного износа.

1.3. Проблемы неравномерности микроструктуры в зонах повторного нагрева

Проблема неравномерности микроструктуры упрочняющего слоя, наплавленного в несколько валиков с перекрытием, является актуальной и широко исследуется в настоящее время как зарубежными, так и отечественными исследователями.

При исследовании наплавленного на рабочую поверхность детали упрочняющего слоя, в этой системе обычно выделяют следующие области: наплавленный металл, зону сплавления, зону термического влияния [19, 20].

В статье [20] рассматривается улучшение равномерности микроструктуры наплавленного слоя, созданного с помощью лазерной наплавки порошка HWS Isotropic на стальную пластину того же химического состава, с помощью термической обработки.



Рисунок 6. Зоны воздействия основного металла с наплавленным.

Микроструктура, покрытия (CZ), представлена палочковидными карбидными частицами, расположенных на границах зерен аустенитно-

мартенситной матрицы. Зона перекристаллизации (RQZ) наблюдается чуть ниже наплавленной поверхности (CZ), в которой обнаружился остаточный аустенит. И, наконец, наблюдается область (HAZ), в которой мартенсит смягчается в процессе кристаллизации. Значение твердости примерно $600 \text{ HV}_{0.1}$, может быть увеличено путем правильного выбора температуры отпуска. Температуры 350°C не достаточно высока, чтобы повлиять на структуру любой из исследуемых областей. Температура отпуска 550°C позволяет улучшить твердость покрытия до, приблизительно, $750 \text{ HV}_{0.1}$. Что соизмеримо с основным металлом. Кроме того, в этом образце наблюдается более однородный профиль. Тем не менее, превышать данную температуру не стоит, так как более высокие значения оказались вредными, сильно понижая твердость покрытия и даже основного материала.

В статье [21] наплавка производилась на пластины из стали 35 порошковой лентой ПЛ-АН-101.

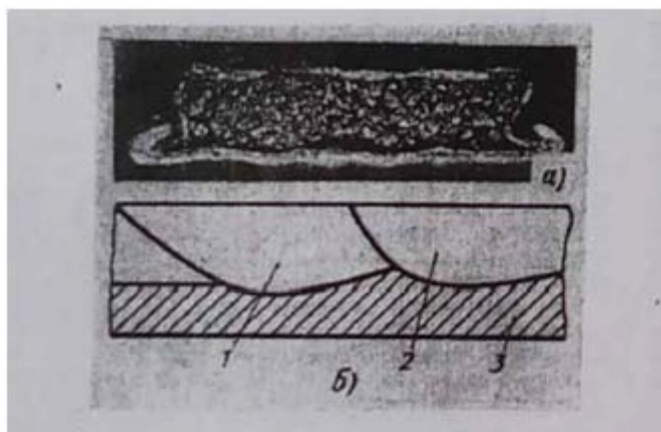


Рисунок 7. Схема наплавки. 1 – предыдущий валик, 2 – последующий валик, 3 – основной металл.

Наблюдения в данной статье показали, что, в ряде случаев, снижение стойкости наплавленных поверхностей происходит из-за избирательного изнашивания в зоне сплавления смежных валиков, где распад остаточного аустенита произошел наиболее полно.

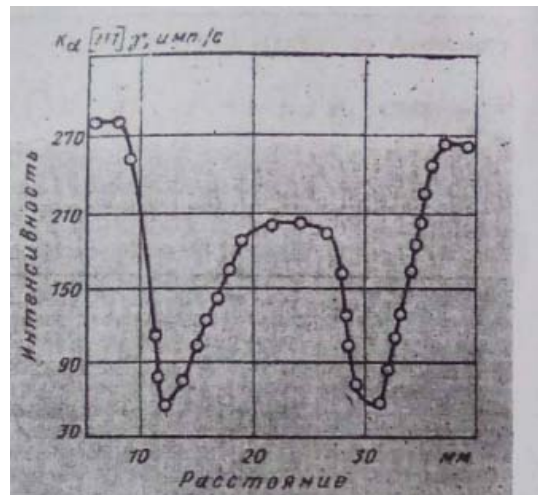


Рисунок 8. Диаграмма интенсивности изнашивания поверхности.

Далее начинает разрушаться участок с неблагоприятным ориентированием карбидной фазы. Таким образом, к линии оплавления, фронт разрушения приближается с двух сторон. В дальнейшем интенсивному износу участка с аустенитно-карбидной структурой, и наиболее благоприятным ориентированием первичных кристаллов, может способствовать изменение угла встречи абразивных частиц с поверхностью наплавленного слоя. Замена многопроходной наплавки широкослойной может уменьшить избирательный износ поверхности, благодаря структурной однородности и преимущественному ориентированию оси первичных кристаллов карбида M_7C_3 нормально к плоскости наплавки.

В статье [22] оценивали влияние степени перекрытия на микроструктуру и свойства сплава для покрытия CoCrMoSi Tribaloy T400 наплавленного на стальную подложку AISI 316L. Характеристику наплавленной поверхности давали с помощью электронной микроскопии, измерения микротвердости и рентгеноструктурного анализа. Взаимосвязь между степенью перекрытия и эффективностью покрытия оценивали с помощью испытаний на износ. Первоначально наплавленный слой показал доэвтектическую микроструктуру с высоким содержанием хрома и никеля. Со второй дорожки химический состав был смещен к эвтектике, а затем к заэвтектике с перекрытием 25 и 50%, соответственно. Покрытие показало микротвердость 527 - 701 HV.

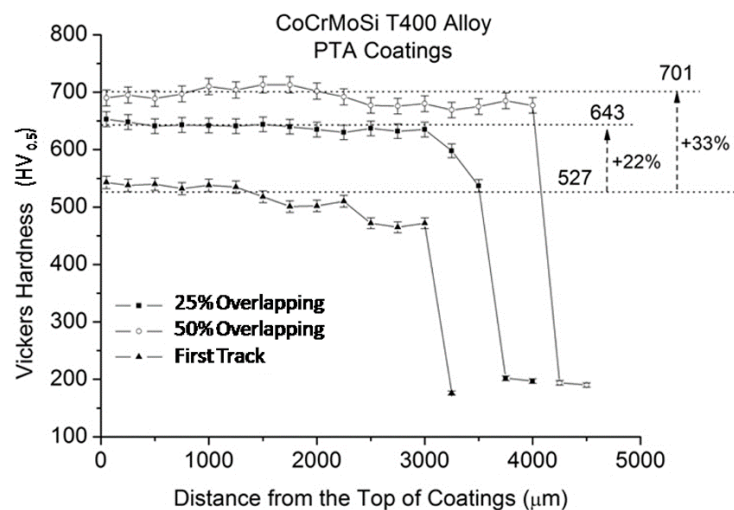


Рисунок 9. Значения микротвердости наплавленной поверхности.

В результате исследования степени перекрытия было установлено значительное изменение разбавления наплавки с подложкой. Большое количество железа, хрома и никеля наблюдалось в доэвтектической микроструктуре на границе раздела между покрытием и стальной подложкой. Между следами зоны термического влияния представлены огрубленные сферические фазы Лавеса, образовавшиеся в результате термического цикла сварки. Таким образом, либо химический состав, либо тепловой цикл влияют на микроструктуру и твердость, а, следовательно, и однородность покрытия. Перекрытие не изменило образующиеся фазы, но позволило контролировать фракции фазы Лавеса и ее распределение.

В зоне перекрытия доэвтектическая микроструктура изменилась на эвтектическую при 25% перекрытии и на заэвтектическую при 50% перекрытии. Степень перекрытия также влияет на твердость и износостойкость покрытия, в основном из-за высокого влияния на количество фазы Лавеса.

В литературе встречаются работы, в которых авторы выделяют зоны в местах сплавления смежных валиков.

Канадскими учеными в статье [23] была изучена поверхность, созданная лазерно порошковой наплавкой, с целью улучшения их коррозионностойких и износостойких свойств. Материалами, используемыми для наплавки, были порошки СРМ 9V, 10V, М4. Частицы

порошков были сферической формы со средним диаметром 45 мкм для CPM 9V, 10V и 15V и 22 мкм для M4. Подложка, используемая для нанесения покрытия, была пластиной углеродистой стали AISI 1070 с толщиной, приблизительно, 12.5 мм. Вследствие нанесения последующего валика, на тонкий участок предыдущего оказывалось термическое влияние, формируя зону повторного нагрева (RHZ).

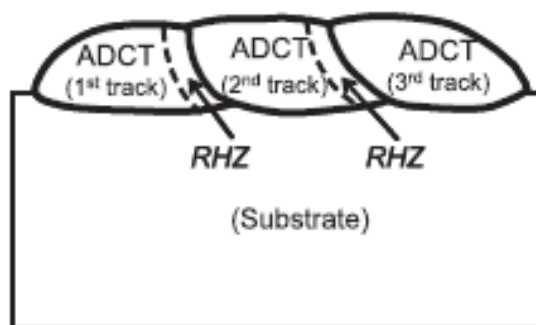


Рисунок 10. Зона повторного нагрева (RHZ), зона основного объема наплавленного металла (ADCT).

В зависимости от типа инструментальной стали и параметров ее обработки, может быть заметное различие в микроструктурных особенностях между RHZ и зоной основного объема наплавленного металла (ADCT). В то время как различие между этими двумя областями является несущественным для других трех покрытий. В CPM 10V покрытии, эвтектическая структура преобладает в области ADCT с тонкими прутообразными эвтектическими карбидами.

В зоне RHZ, CPM 10V покрытия, карбиды главным образом являются сферическими и однородно распределены всюду по матрице. Отношение остаточного аустенита к мартенситу в покрытие CPM 15V, намного ниже, чем в CPM 9V. Потеря объема во время испытания изнашиванием покрытий и стали D2 представлена на рисунке 11.

Можно заметить, что покрытие CPM 15V демонстрирует самую высокую устойчивость абразивного износа среди проверенных. CPM 9V покрытие является наименее износостойким. CPM 15V и CPM 10V покрытия показывают высокую устойчивость абразивного износа по сравнению со

справочным материалом D2, в то время как устойчивость абразивного износа CPM 9V и покрытия M4 является низкой по сравнению со сталью D2.

Результаты исследования говорят о том, что высокая твердость не является доказательством устойчивости к абразивному износу. Покрытие M4, например, показывает более высокую твердость чем сталь D2 и покрытие CPM 10V.

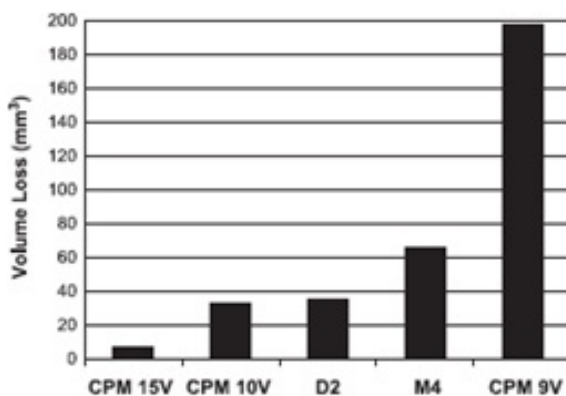


Рисунок 11. Потеря объема во время испытания изнашиванием покрытий.

На рисунке 12 представлены следы износа с регулярными изменениями высоты пиков и глубины впадин на CPM 10V покрытие. Эти следы параллельны наплавленным дорожкам, и интервал между двумя соседними пиками (или точки минимума) является равными пути лазера при перемещении от предыдущей дорожки к следующей, во время процесса наплавки (1.75 мм для CPM 10V). Это указывает на то, что особенность пика и впадины результат многократного перекрытия дорожек. Оптическое исследование микроструктуры показывает, что точки минимума принадлежат зоне ADCT, а пики - зоне RHZ.

Для CPM 10V, разность высот очень значительна.

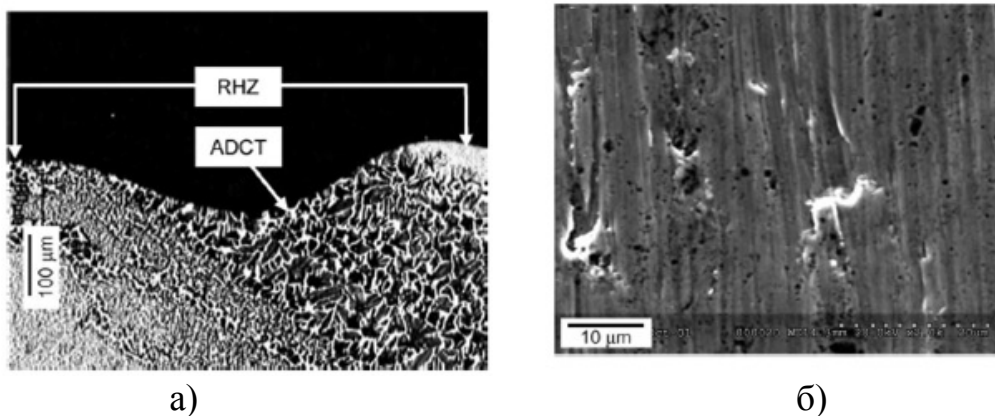


Рисунок 12. а) Расположение пиков и впадин относительно зон. б) Следы воздействия абразивного изнашивания на наплавку.

Для низколегированных сталей их твердость обычно говорит о износостойкости. Для инструментальных сталей, содержащих значительное количество легирующих элементов и сложных карбидов, было установлено, что износостойкость сильно зависит от количества и типа карбидов. Для наплавленных покрытий инструментальных сталей высокая скорость охлаждения приводит к микроструктуре с исключительным строением карбидов и уникальной структурой матрицы, по сравнению с обычным методом обработки. Устойчивость абразивного износа покрытий будет зависеть от особенностей карбидов (включая их тип, пропорцию, форму, размер и распределение) и структуры матрицы. Хотя трудно выявить каждый фактор отдельно из-за сложности природы их образования.

Ученые из Польши, в статье [24] исследовали лазерную наплавку порошка Tribaloy T-400 на подложку на основе железа и никеля.

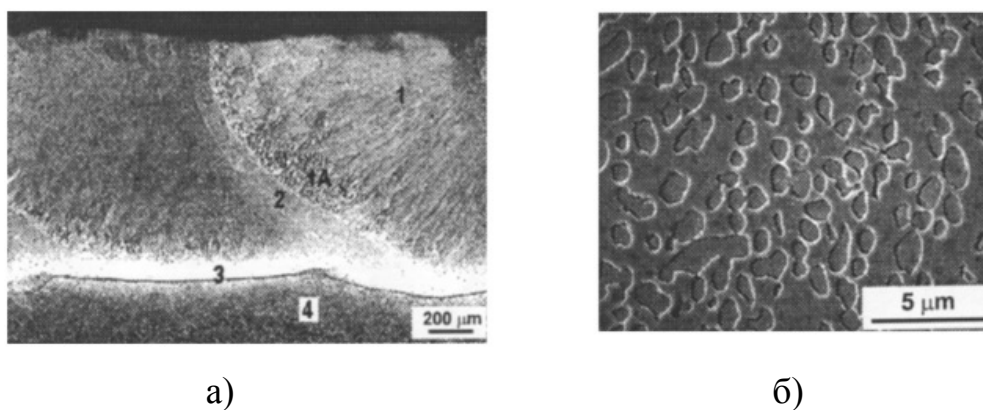


Рисунок 13. Микроструктура наплавленной поверхности.

Из-за зон повторного термического влияния структура неоднородна на поперечном сечении покрытия. Микроструктура в центре наплавленного

слоя состоит из смеси эвтектических фаз Laves и Co, образующих колонии диаметром 7-15 мкм, вытянутые в направлении теплоотвода. Рисунок 13 б показывает эвтектическое строение с фазой Co, кристаллизующейся между эвтектическими колониями. Эвтектические колонии, расположенные рядом с зоной повторного термического влияния, были более крупными и сферическими по форме. Структура соответствующей зоны в покрытии на подложке содержала меньше фазы Co на границах зерен и немного осадков первичных дендритов Лавеса.

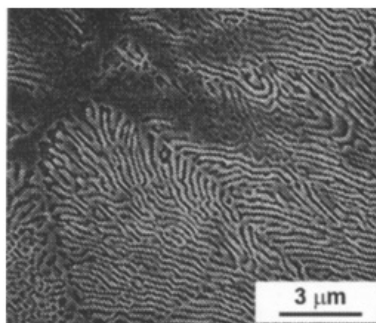


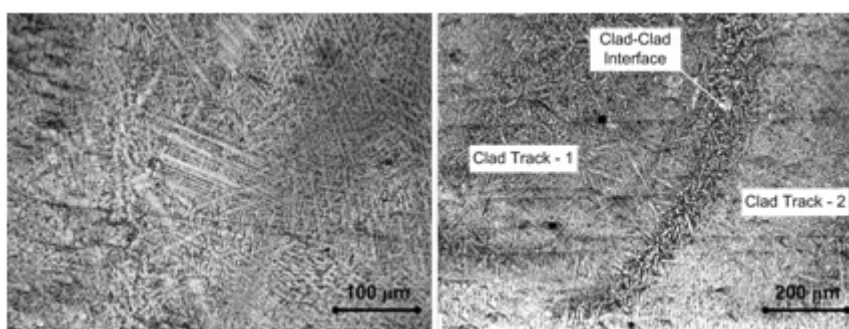
Рисунок 14. Эвтектическое строение фазы Laves

Нагрев последовательными проходами до температуры эвтектики вызывает сфероидизацию фазы Лавеса в межконтурных зонах.

Ширина частиц фазы Лавеса в покрытии на стальной подложке была вдвое больше, чем в случае подложки на основе Ni, и достигала 120 нм. Фазовый состав покрытий Т-400 меняется в зависимости от материала подложки. В случае стальной подложки, при использовании рентгеноструктурного анализа, определена фаза Лавеса как Co_3Mo_2Si . При использовании Ni подложки, найдена фаза $CoMoSi$ Laves. В обоих случаях матрица представляет собой твердый раствор на основе ГЦК. Твердость, нанесенного лазером, покрытия Т-400 высока и достигает 63 HRC. Результат исследования показал равномерное распределение микротвердости по ширине поперечного сечения наплавленного слоя, со средним значением 800 HV2 с падением на 5 единиц в зонах повторного термического влияния. Это объясняется существенным изменением микроструктуры в этих зонах.

Так же опубликованы работы по исследованию поведения микроструктуры наплавленных поверхностей, применяемых в ядерной

промышленности [25]. В данной работе была исследована Лазерная наплавка Colmonoy-5 (сплав на основе никеля) и Metco-41C (сплав на основе железа) на нержавеющую сталь AISI 316L (SS316L) и их поведение в условиях абразивного изнашивания. Эксперименты показали, что существует четыре основных параметра, которые определяют форму и размер одиночной дорожки. Это мощность лазера, диаметр пятна лазера, скорость наплавки и скорость подачи порошка. Colmonoy-5 - это, прежде всего, сплав на основе никеля с бромидом хрома, который обеспечивает высокую твердость, хорошую ударопрочность и работоспособность.

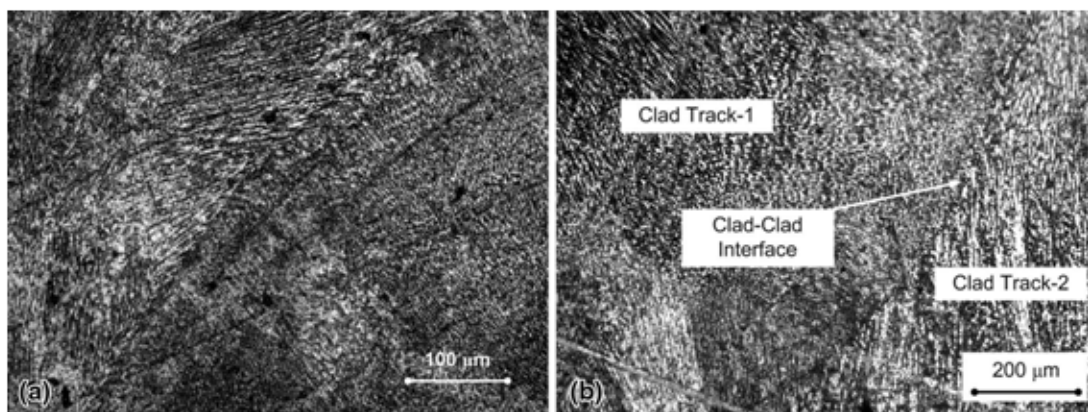


а)

б)

Рисунок 15. Микроструктура наплавки Colmonoy-5.

Микроструктура наплавки Colmonoy-5 показала тонкий и равномерный рост дендрита с эвтектической смесью в междендритных областях, как показано на рис. 15 (а). Анализ EDAX показал, что дендриты твердого раствора Ni содержат Cr, Fe и Si в качестве легирующих элементов. Как показано на рис. 15 (б) между подложкой и наплавленным слоем была очень четкая граница, соответствующая различным дорожкам. Более тонкие дендриты наблюдались между двумя валиками из-за переплавки остывшего металла. Это связано с более высокой скоростью кристаллизации во время наплавки.



а) б)

Рисунок 16. Микроструктура поперечного сечения.

На рис.16 (а) и (б) представлена микроструктура поперечного сечения Metco-41C на наплавленном слое. Видна четкая поверхность с мелкозернистыми столбчатыми дендритами между подложкой и наплавкой. Можно заметить, что последующие проходы приводят к уточнению структуры, которая может привести к улучшению ударной вязкости и сопротивлению кавитации.

Результаты измерений микротвердости вдоль поперечного сечения для различных наплавов представлены на рисунке 17. Микротвердость всех трех типов лазерных наплавов, в общем, оказалась выше, чем у подложки. Микротвердость наплавленного слоя Colmonoy-5 была максимальной, затем Stellite-6 и Metco-41C.

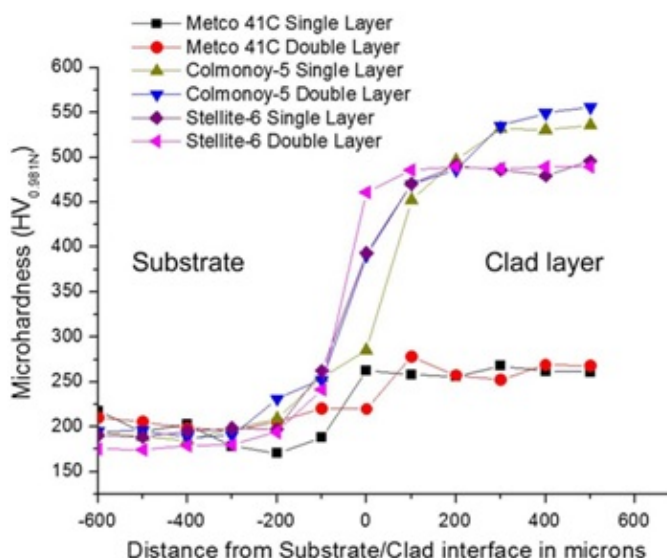


Рисунок 17. Значения микротвердости поверхностей.

Кроме того, однослойные и двухслойные наплавки проявляли почти одинаковую микротвердость, что указывало на то, что разбавление даже в

однослойной наплавке было незначительным. Значения микротвердости показывали переходную зону, около 200 мкм, на границе сплавления для всех слоев. Это говорит о том, что лазерная наплавка была выполнена с оптимальными параметрами. Микротвердость поверхностей Colmonoy-5, Stellite-6 и Metco-41 имеет значение в диапазоне 500-550 HV_{0.981N}, 475-500 HV_{0.981N} и 225-250 HV_{0.981N} соответственно.

После широкого изучения литературы можно сказать, что с помощью литературных данных нельзя сделать конкретные выводы о микроструктуре широкослойно наплавленного упрочняющего слоя, созданного плазменной порошковой наплавкой, порошком ПРХ18МНФ. В связи с этим тема данного исследования заключается в изучении микроструктуры широкослойной плазменной порошковой наплавки.

2.Материалы и методы исследования

2.1.Наплавочный материал

В качестве наплавочного материала в работе использовался промышленный порошок ПР-Х18ФНМ, фракцией от 50 до 200 мкм, следующего химического состава (мас. %): 2,1...2,4 С, 17...19 Cr, 2...3 Ni, 7...8 V, 2...2,6 Мо, Fe – основа. В качестве основного материала использовали пластины из стали 20 размером 250x100x10 мм, поверхность которых предварительно шлифовалась.



Рисунок 18. Установка УПН-303УХЛ4

Покрyтия наносили на установке УПН-303УХЛ4 с водоохлаждаемым плазмoтронoм. Для более высокого уровня защиты создаваемых

упрочняющих слоев от вредного влияния атмосферного воздуха на плазмотрон устанавливали устройство дополнительного обдува зоны наплавки. В качестве плазмообразующего, транспортирующего и защитного газов применяли аргон высшего сорта.

Параметры режима наплавки:

- Сила тока дуги прямой полярности : 215-225 А;
- Напряжение на дуге : 34-35 В;
- Скорость наплавки : 4-5 м/ч;
- Скорость подачи присадочного порошка : 1,5-1,9 кг/ч
- Размах поперечных колебаний плазмотрона 20 мм
- Частота поперечных колебаний плазмотрона 0,3-0,5 Гц
- Расстояние от плазмотрона до изделия 10...12 мм.
- Расход плазмообразующего газа 1-3 л/мин
- Расход транспортирующего газа 10-15 л/мин
- Расход защитного газа до 15 л/мин
- Диаметр плазмообразующего сопла 6 мм.
- Диаметр вольфрамовой вставки медного электрода 5мм.



Доля основного металла
в наплавленном слое $\gamma = 6\%$;
Глубина проплавления $H = 0,2$ мм
Высота валика $h = 2,0$ мм
Ширина валика $B = 23,5$ мм

Рисунок 19. Внешний вид исследуемой наплавленной поверхности

2.2. Приготовление шлифов

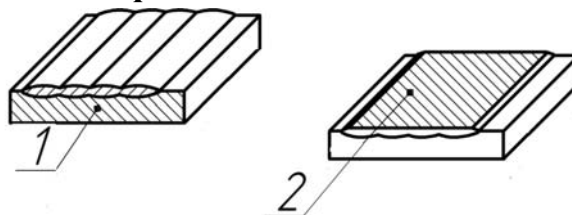


Рисунок 20. Плоскости необходимые для исследования

Плоскость под №1 необходима для измерения твердости, а плоскость №2 необходима для исследования равномерности изнашивания.

Приготовление образцов для исследования микроструктуры состояло из следующих этапов:

Рассматриваемая поверхность микрошлифа доводилась до плоской и блестящей (зеркальной) поверхности. Неправильная подготовка шлифа искажает изображение структуры металла.

Первый этап. Отрезка и заторцовка шлифа. Отрезка образца производилась на отрезном станке МЕСАТОМЕ Т260. Быстрозажимные тиски позволяют закреплять образцы, как в горизонтальном, так и в

вертикальном положении. Станок имеет две скорости резки: 3200 и 3800об/мин.



Рисунок 21. Станок Mecatome T260

Подготовка плоскостей, необходимых для исследования, производилась следующим образом - поверхности образца заторцовывались на плоскость на наждачном круге. Отрезка и заторцовка велась с охлаждением образца водой, иначе он нагревался, что могло привести к искажению структуры.

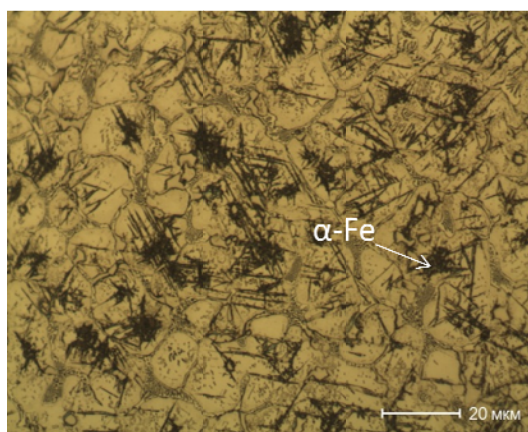
Шлифование образца после заторцовки производилось на плотной бумаге с применением алмазных паст (ГОСТ 25593) разных номеров (зернистостью 28/20 и 10/7). Шлифование начиналось на пасте с крупными абразивными зёрнами или частицами и продолжалось далее на следующей пасте с более мелкими зёрнами. Образец, прижав заторцованной стороной к поверхности бумаги с пастой, водили в одном направлении до исчезновения рисок. При шлифовании на следующем номере водили шлифом в направлении, перпендикулярном к штрихам, пока риски от предыдущего номера пасты полностью не исчезнут. При не соблюдении данной техники шлифования остаются риски, которые не выводятся при полировании и мешают в дальнейшем анализировать микроструктуру. Также следует отметить, что при переходе на следующий номер пасты с образца полностью удалась паста предыдущего номера.

В процессе изготовления шлифа края плоскости не были завалены, для этого шлифы при изготовлении зажимали в струбцины, имеющие ту же твердость, что и шлиф. После окончания шлифования образец промывали водой для удаления частиц абразивного материала, затем полировали.

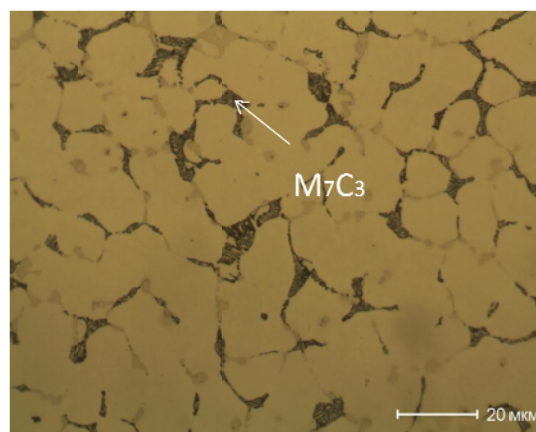
Полирование происходило на вращающемся плоском круге, насаженном на ось двигателя. Круг покрыт сукном, которое смачивается водой с мельчайшим порошком, пастой ГОИ. При полировании образец прижимали к поверхности круга всей поверхностью. Во время полирования образец поворачивался во всех направлениях. Полирование прекращалось после того как выводились последние риски.

2.3.Травление микрошлифа

Для анализа структуры и выявления мартенсита использовали травитель следующего химического состава: 20 мл. HCl; 1 г. CuCl₂; 15 мл. H₂O; 65 мл. C₂H₆O. Для анализа эвтектических карбидов использовали травитель следующего химического состава: 8,3 г. K₃[Fe(CN)₆]; 8,3 г. KOH; 83,4 мл. H₂O. Травление осуществляли при температуре 20 °С методом окунания образцов, время травления 60 с. В результате травления на поверхности микрошлифа образовывались выступы и впадины, характеризующие микроструктуру сплава. После травления шлиф промывался сначала водой, а затем спиртом.



а)



б)

Рисунок 22. а) Травитель №1 20 мл. HCl; 1 г. CuCl₂; 15 мл. H₂O; 65 мл.

C₂H₅OH. б) Травитель №2: 8,3 г. K₃[Fe(CN)₆]; 8,3 г. KOH; 83,4 мл. H₂O

Микроструктуру наплавленных покрытий исследовали с помощью оптического микроскопа Olympus GX51, снабженного анализатором изображений SIAMS 700. Частицы карбида ванадия, выявляемые рельефным

полированием, исследовали с применением методов дифференциального интерференционного контраста и темнопольного освещения.



Рисунок 23. Микроскоп Olympus GX51.

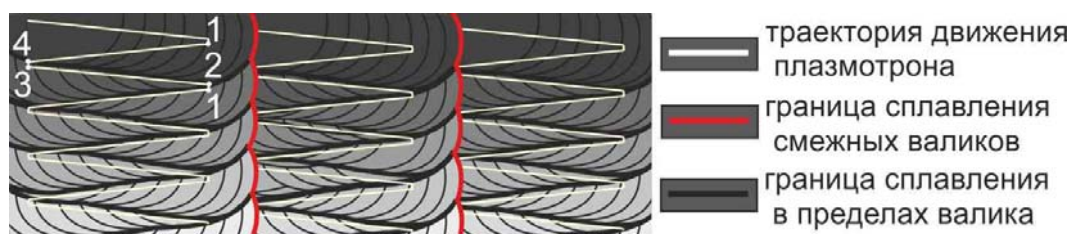


Рисунок 24 . Типовая схема наплавки

При перемещении плазмотрона в точках 1-2 ванна расплава формы близкой к овальной располагается у правого края формируемого валика. По мере развития движения в направлении точки 3 она вытягивается вслед за плазмотроном. Быстрое удаление источника нагрева от края валика обеспечивает необходимое переохлаждение расплавленного металла, и он кристаллизуется. До тех пор, пока столб плазмы не достигнет точки 3, ванна расплава движется вслед за ним, кристаллизуясь фиксированными объемами. В точках 3-4 ванна вновь приобретает овальную форму и теперь максимально смещена влево от центра валика. Движение плазмотрона к точке 1 снова вызывает ее вытягивание и затем кристаллизацию, цикл повторяется.

Частота перекрытий отдельных объемов металла в пределах валика полностью определяется частотой поперечных колебаний плазмотрона.

2.4. Твердость и износ

Процесс измерения микротвердости начинался с установки образца на испытательный стол микротвердомера HVS-1000. Важно при установке добиться параллельной плоскости образца, на которую будут проставляться дорожки, по сравнению с плоскостью стола. При не соблюдении параллельности плоскостей возникает большая погрешность в измерениях. По данным измерениям невозможно наблюдать необходимую зависимость. После установки настраивались параметры ($F = 300$ г. сила, с которой алмазная пирамида действует на поверхность образца, $t = 10$ с. – время вдавливания алмазной пирамиды, HV – измерения проводятся по методу Виккирса) микротвердомера. Следующим этапом исследования являлось проставление дорожек уколов. Уколы проставлялись в линию с шагом 100 мкм.



Рисунок 25. Микротвердомер HVS-1000.

Испытания на износ при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы проводили по ГОСТ 23.208-79 «Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы».

Испытания проводились в течение не менее 165 мин, с определением потери массы образцов через каждые 30 мин. В качестве абразивного материала использовался кварцевый песок фракцией менее 200 мкм.

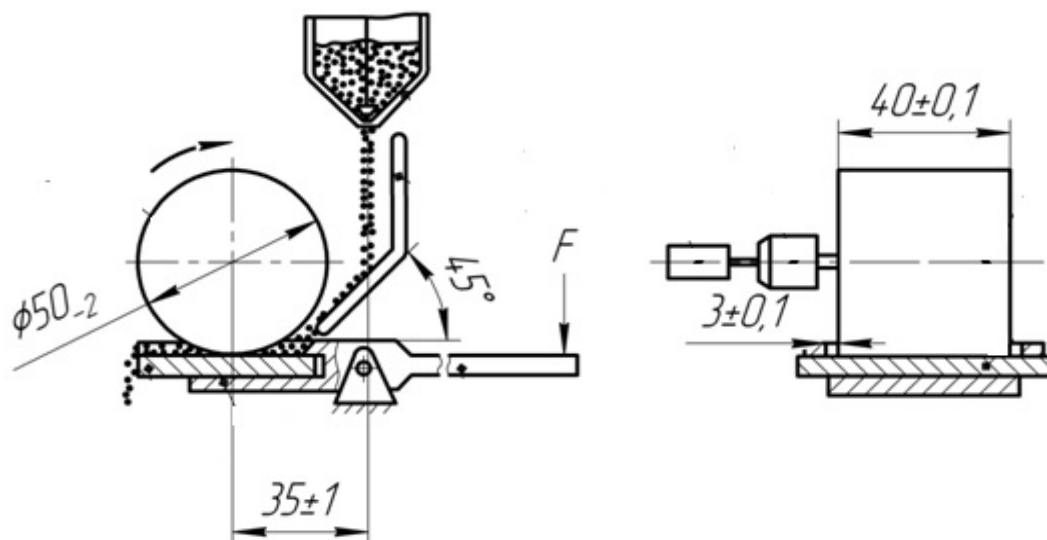


Рисунок 26. Схема установки для абразивного изнашивания.

Анализ поверхности после изнашивания проводился с помощью трехмерного бесконтактного профилометра Micro Measure 3D Station. Протяженность зоны сканирования составляла 19 мм, шаг сканирования 0,01 мм.



Рисунок 27. Профилометр Micro Measure 3D Station.

3. Зоны в наплавленном металле

На рисунке 28 представлен внешний вид исследуемого покрытия после травления реактивами №2 и №1. На общем темном фоне упрочняющего слоя четко выделяются светлые изогнутые линии, обозначающие границы сплавления смежных валиков, а также границы сплавления отдельных объемов металла в пределах каждого валика.

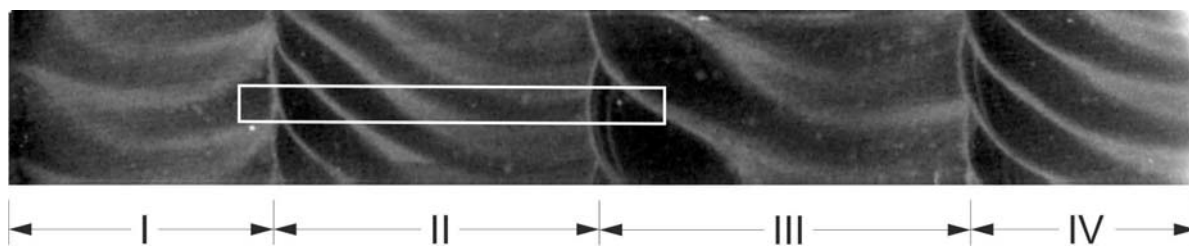


Рисунок 28. Внешний вид поверхности исследуемого покрытия

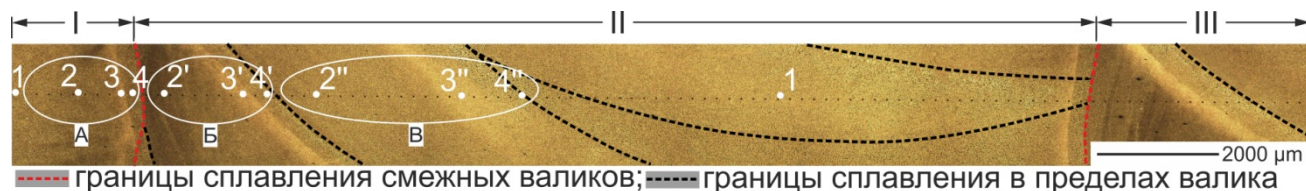


Рисунок 29. Микроструктура покрытия

Для анализа структуры упрочняющего слоя как в области перекрытия смежных валиков, так и в области перекрытия объемов закристаллизовавшегося металла в пределах каждого валика была выбрана область поверхности шлифа выделенная прямоугольником на рисунке 28. Более подробно она представлена на рисунке 29. Из рисунка видно, что белые изогнутые линии не примыкают к обозначенным границам сплавления, а отстоят от них на 100-300 мкм. Таким образом, полученный упрочняющий слой состоит из различных микроструктурных участков. Для удобства описания его строения в наиболее характерных точках были проставлены маркеры, которые в свою очередь объединены в группы тремя эллипсами.

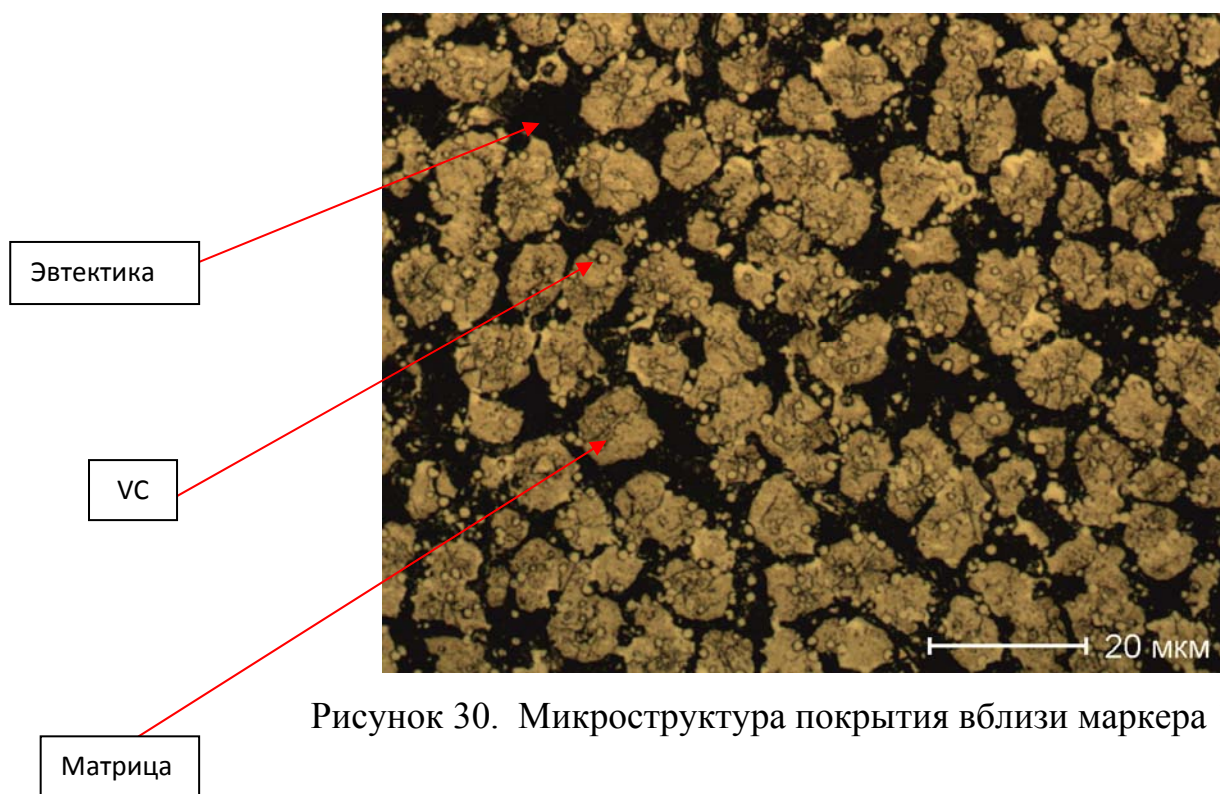


Рисунок 30. Микроструктура покрытия вблизи маркера 1

Вблизи маркера 1, расположенного в центральной части каждого валика вне участков изменивших строение в результате повторного нагрева (первоначально наплавленный металл (ПНМ)), покрытие имеет следующую микроструктуру (рис. 30). Вокруг полиэдрических округлых зерен матрицы средним размером $5,1 \pm 3,5$ мкм располагается скелетообразная эвтектика.

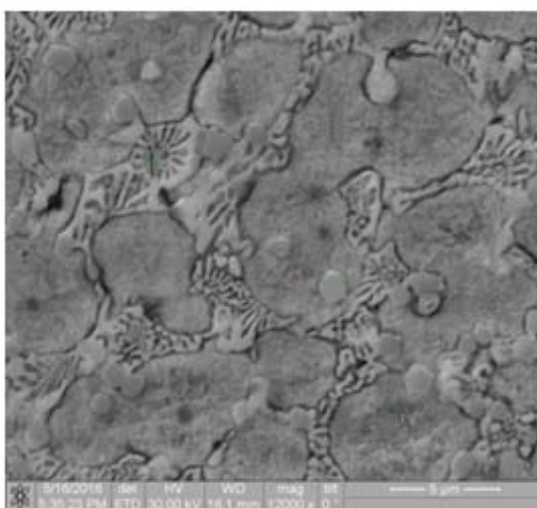


Рисунок 31. Скелетообразная эвтектика

Ее объемная доля достигает 30 ± 3 %. Ширина колоний составляет $2,4 \pm 2,2$ мкм, а расстояние между ветвями второго порядка не превышает 0,5 мкм. Как внутри, так и по границам зерен матрицы обнаруживаются

округлые выделения средним диаметром $1,3 \pm 0,1$ мкм, занимающие 11 ± 1 % объема покрытия.

На основе анализа результатов оптической микроскопии и литературных данных в исследуемом покрытии округлые выделения относятся к карбиду ванадия (VC), а основной структурной составляющей эвтектики является карбид M_7C_3 (типа Cr_7C_3). Матрица находится в двухфазном состоянии: α - и γ - твердые растворы на основе железа. Травимость матрицы на мартенсит-слабая.

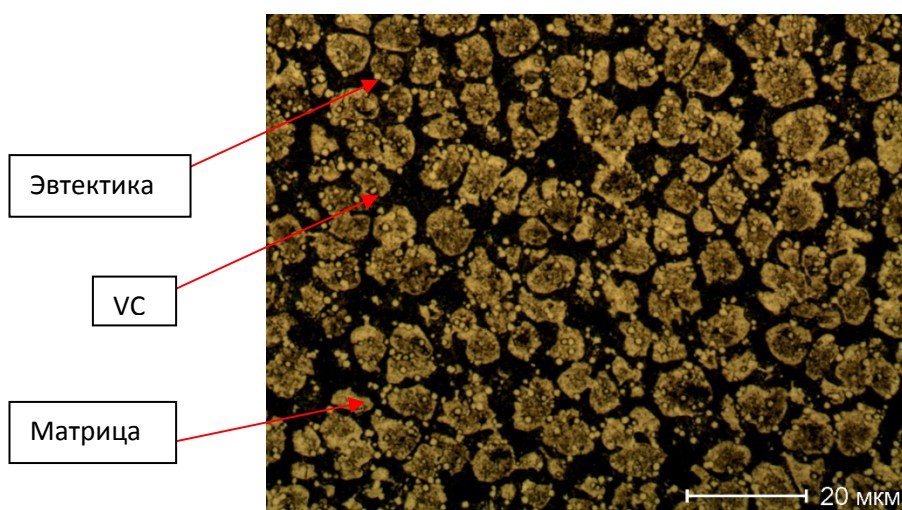


Рисунок 32. Микроструктура покрытия вблизи маркера 2

Группа маркеров, объединенных эллипсом “А”, входит в зону повторного высокотемпературного нагрева, образованную в первом валике при наплавке второго. Вблизи точки 2 микроструктура упрочняющего слоя в сравнении с ПНМ существенных изменений не претерпевает. Лишь незначительно увеличивается травимость матрицы реактивом №2, она средняя. Здесь температурно-временной интервал обеспечивает выделение из остаточного аустенита, насыщенного карбидообразующими легирующими элементами, вторичных карбидов, и, следовательно, повышение его температуры начала мартенситного превращения, что при последующем охлаждении приводит к более полному превращению аустенита в мартенсит закалки.

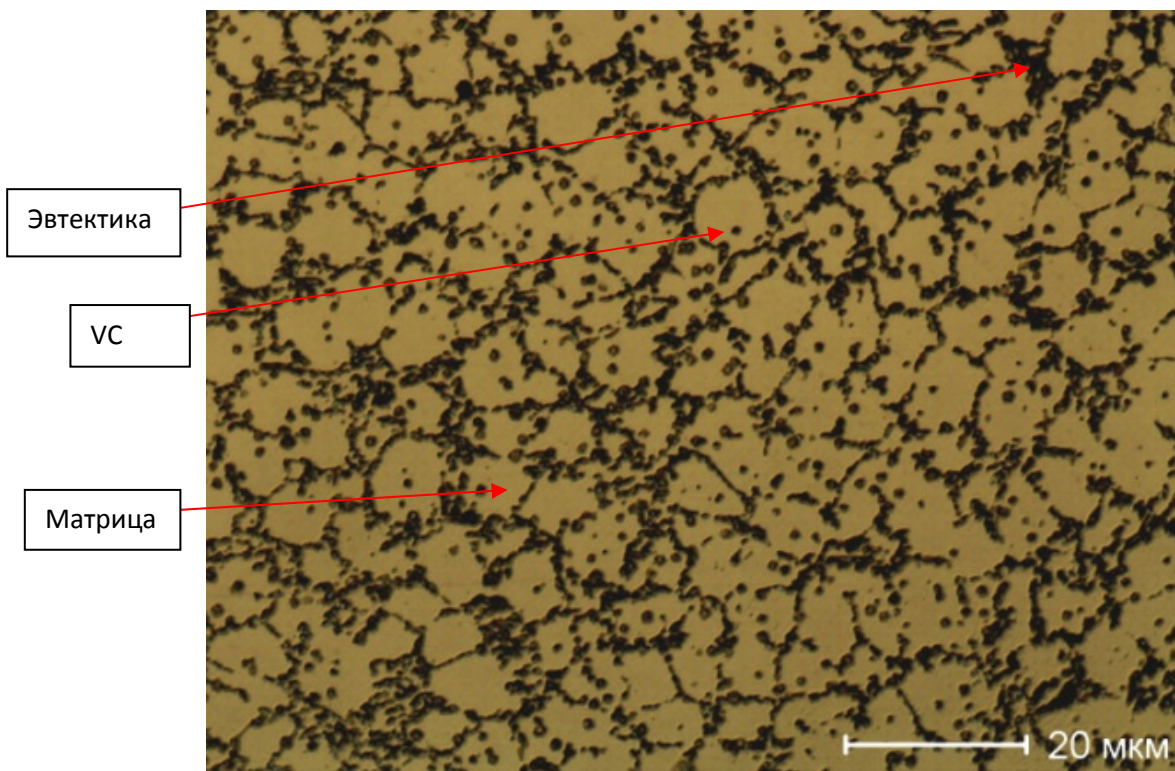


Рисунок 33. Микроструктура покрытия вблизи маркера 3

Вблизи маркера 3 где температура нагрева выше наблюдается изменение строения эвтектики от скелетообразного до равноосного (рис. 34).

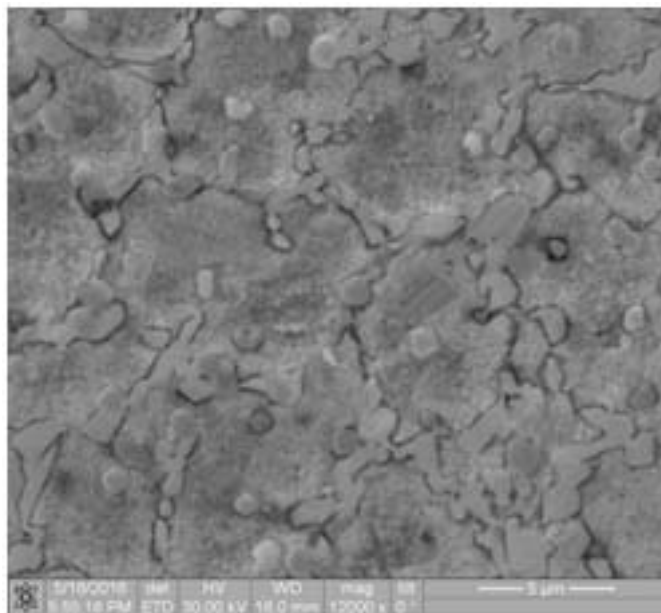


Рисунок 34. Равноосная эвтектика

Зерна матрицы окружают вытянутые вдоль границ округлые включения карбида M_7C_3 . Объемная доля эвтектики здесь сокращается до 24 ± 3 %, ширина ее колоний уменьшается до $2,0 \pm 2,0$ мкм, а размер кристаллитов матрицы увеличивается до $6 \pm 3,5$ мкм. На данном участке

происходит частичное растворение, сфероидизация и коагуляция эвтектического карбида. По литературным данным карбид M_7C_3 растворяется в аустените в интервале температур $950 \dots 1150$ °С. Значит рассматриваемый объем покрытия нагревался в интервал этих температур. В матрице же покрытия в ходе цикла нагрев – охлаждение α -твердый раствор претерпевает полное $\alpha \rightarrow \gamma$ и частичное обратное $\gamma \rightarrow \alpha$ мартенситное превращение.

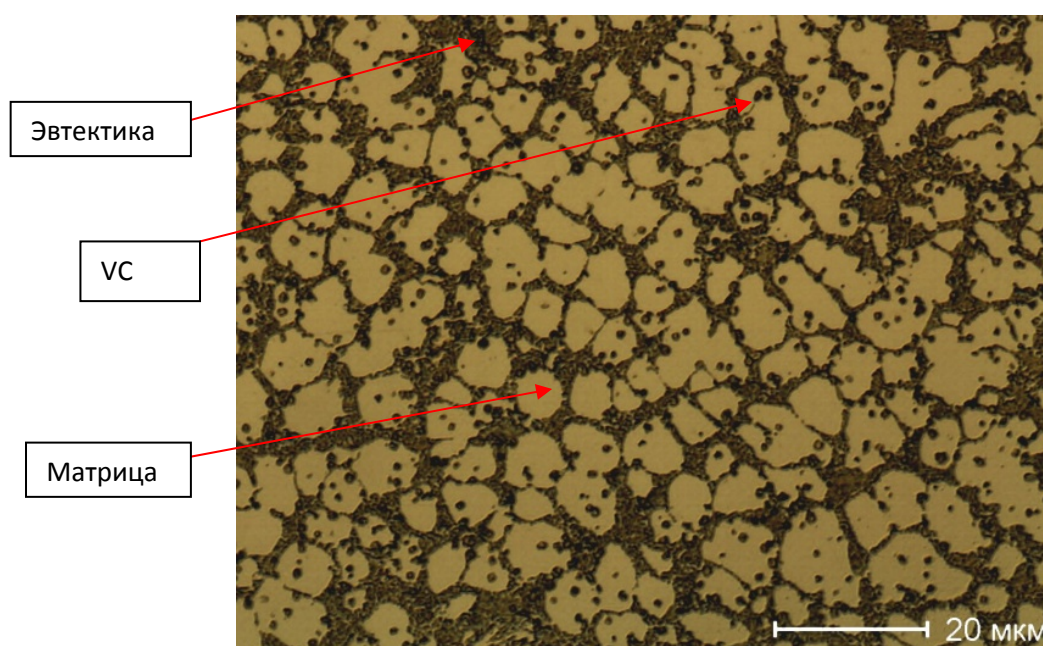


Рисунок 35. Микроструктура покрытия вблизи маркера 4

Микроструктура упрочняющего слоя обозначенного маркером 4, примыкающая к границе сплавления и замыкающая ЗПН, слабо отличается от структуры ПНМ (рис. 30), вновь характеризуется сеткой скелетообразной эвтектики на основе карбида M_7C_3 . Объемная доля эвтектики здесь принимает значения $(31 \pm 3 \%)$. Ширина эвтектических колоний достигает $2,8 \pm 2,9$ мкм, а размер кристаллитов матрицы $5,3 \pm 3,5$ мкм. На данном участке только эвтектика подвергается расплавлению и повторной кристаллизации в виде крупной скелетообразной сетки по границам зерен аустенитной матрицы.

Группы маркеров, объединенных эллипсами “Б” и “В”, входят в зоны повторного высокотемпературного нагрева, образованные во втором валике

при наплавке отдельных его объемов. Эти две идентичные группы отличаются лишь удаленностью от края валика.

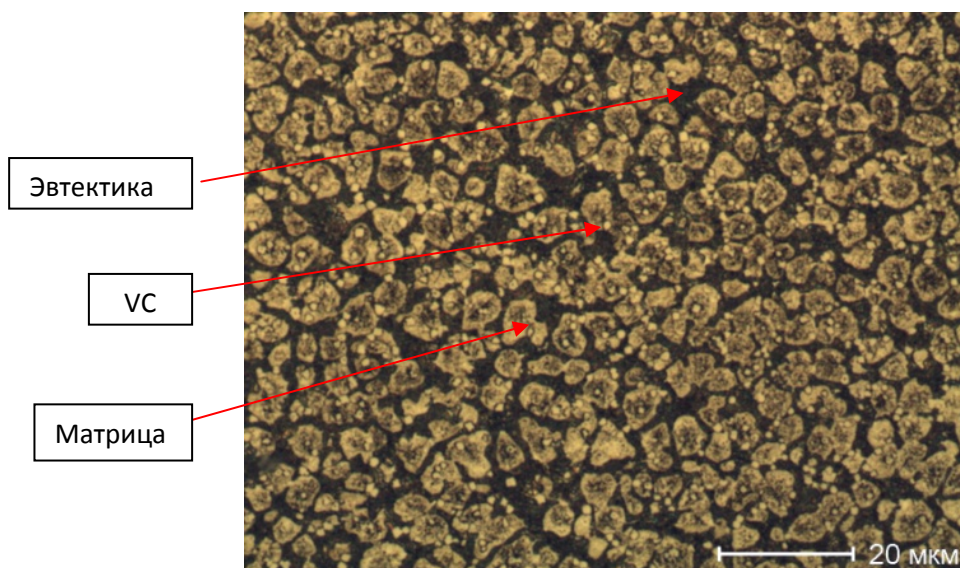


Рисунок 36. Микроструктура покрытия вблизи точки 2'

Вблизи маркера 2' зафиксированы следующие количественные изменения (рис. 36): уменьшение зерен матрицы до $3,6 \pm 2,0$ мкм; уменьшение ширины скелетообразных эвтектических колоний до $2,1 \pm 2,1$ мкм, при их объемной доле в 33 ± 3 %. Уровень травимости матрицы реактивом №2 средний.

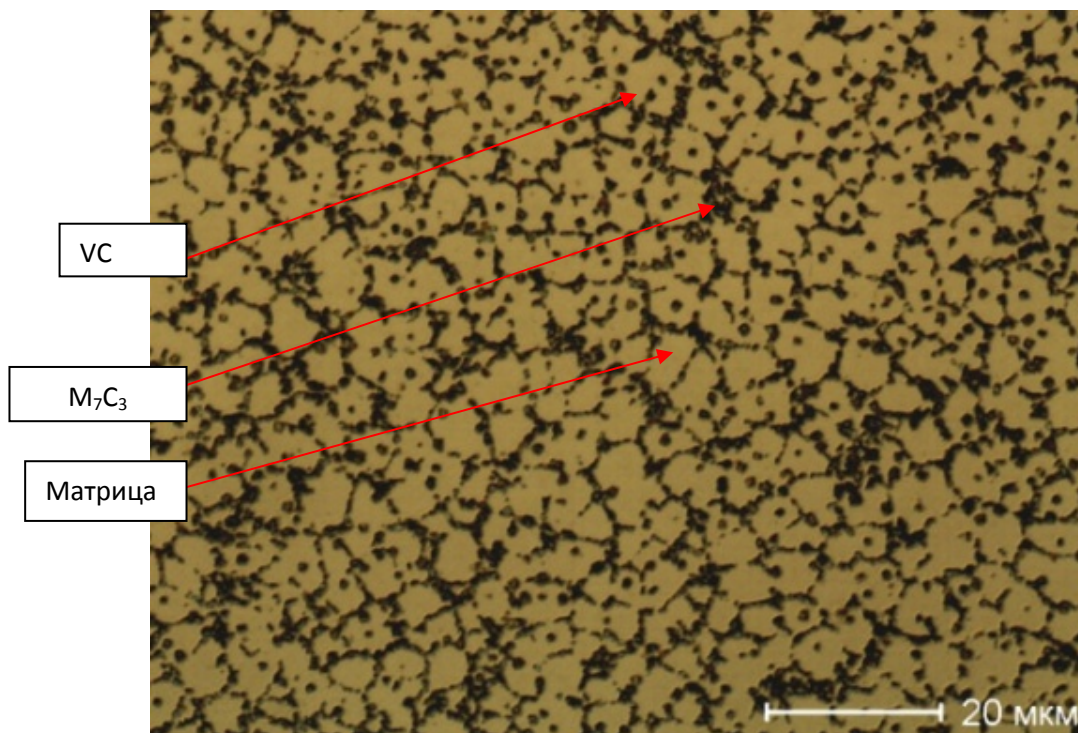


Рисунок 37. Микроструктура покрытия вблизи точки 3'

Вблизи маркера 3' морфология эвтектического карбида M_7C_3 снова изменяется от скелетообразной до равноосной (рис. 34). Объемная доля эвтектики вновь сокращается до $23\pm 3\%$, ширина ее колоний уменьшается до $1,4\pm 1,4$ мкм, а размер кристаллитов матрицы увеличивается до $4,0\pm 2,8$ мкм.

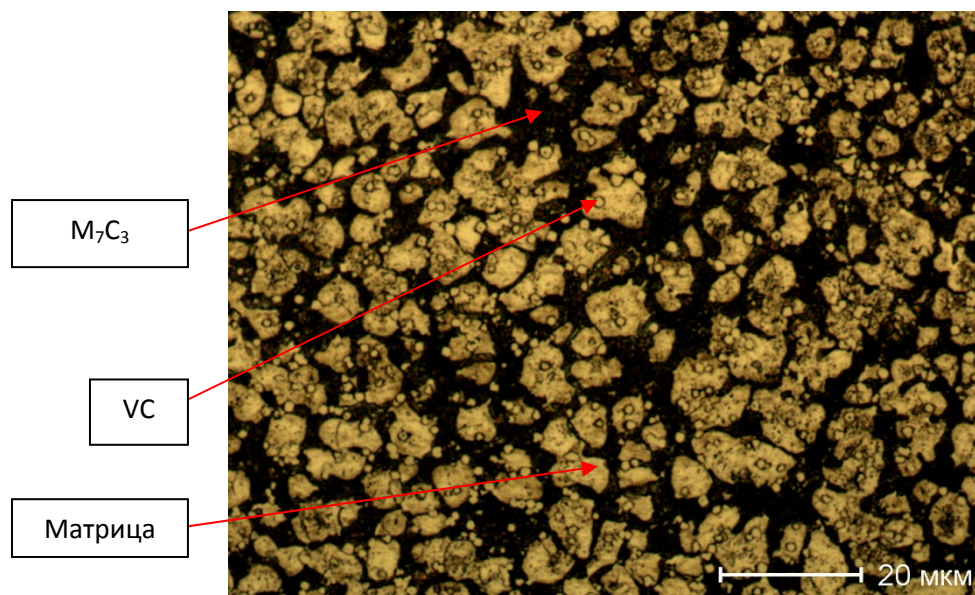


Рисунок 38. Микроструктура покрытия вблизи точки 4'

В правой части эллипса “Б” в примыкающем к границе сплавления (черная линия) участке структуры, обозначенном маркером 4', эвтектика снова имеет скелетообразную морфологию (рис. 31).

Размеры зерен матрицы вблизи маркеров 2', 2'',1 имеют средние значения $3,6\pm 2,0$, $3,9\pm 2,5$ и $5,1\pm 3,5$ мкм соответственно. Размеры зерен матрицы вблизи маркеров 4' и 4'' принимают значения $4,5\pm 3,1$ и $6,0\pm 4,0$ мкм соответственно. Зерна матрицы вблизи маркеров 3' и 3'' в среднем составляют $4\pm 2,8$ и $5,6\pm 4$ мкм соответственно.

Таким образом, размеры зерен матрицы внутри каждого валика при движении от его краев к центру увеличиваются в пределах любой из обнаруженных микроструктурных групп.

Отметим также уменьшение степени сфероидизации эвтектики на участке вблизи маркера 2'' (центр валика) в сравнении с таковой вблизи 2' (край валика). В подсистеме карбида VC существенных изменений во всем исследованном покрытии не обнаружено.

В результате анализа изложенного в данном разделе экспериментального материала можно сделать несколько обобщающих выводов о микростроении покрытий, полученных широкослойной наплавкой. В пределах каждого наплавленного валика уже закристаллизовавшийся металл вновь оплавляется и подвергается повторному высокотемпературному воздействию в результате движения плазмотрона по сложной траектории (с поперечными колебаниями) Потому даже при наплавке одиночного широкослойного валика внутри него образуются зоны повторного высокотемпературного нагрева. Они состоят из двух микроструктурных участков: участка перекристаллизации эвтектического карбида и участка неполного расплавления.

Зоны повторного нагрева, образованные перекрытием смежных валиков включают в себя 3 участка: участок высокотемпературного отпуска (соответствует маркеру 2), участок перекристаллизации эвтектического карбида (соответствует маркеру 3) и участок неполного расплавления (соответствует маркеру 4).

Отличие строения зон повторного нагрева, образованных перекрытием валиков от соответствующих зон, образованных колебанием плазмотрона, можно объяснить различием температур металла в момент повторного температурного воздействия. Так при формировании следующего валика, предыдущий уже имеет относительно низкую температуру (около 100 °С). Повторный нагрев вызывает отпуск части объема ранее наплавленного валика вблизи его границы сплавления со смежным. При наплавке каждого отдельного валика металл, в момент повторного термического воздействия вызванного колебательным движением плазмотрона имеет температуру выше температуры начала распада аустенита, а потому участок высокотемпературного отпуска не образуется.

4. Результаты абразивного изнашивания поверхности

После испытаний на износ при трении о нежестко закрепленные частицы кварцевого песка на рабочих, специально подготовленных, поверхностях проявляется рельеф.

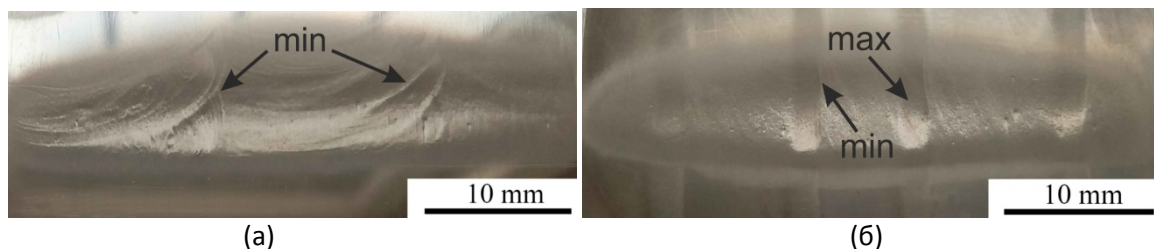


Рисунок 39. Рельеф поверхности наплавки после абразивного изнашивания

Полученный рельеф широкослойной наплавки (рисунок 39 (a)) сравнивался с аналогичным рельефом покрытия, наплавленного ниточными валиками (рисунок 39(б)).

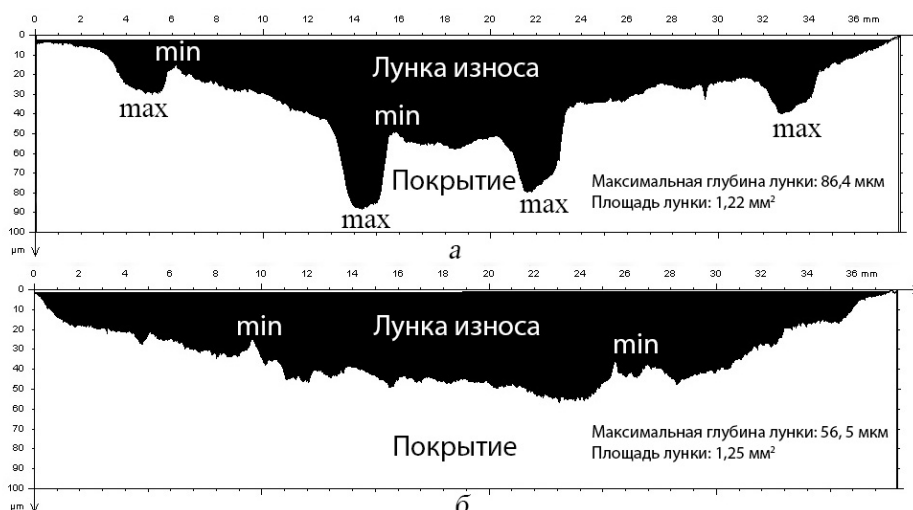


Рисунок 40. Профигорама поверхности, наплавленной ниточными валиками (а), созданной широкослойной наплавкой (б).

Исходя из данного сравнения можно отметить значительно более равномерное изнашивание поверхности, наплавленного с колебаниями плазматрона. Так же максимальное значение глубины лунки уменьшилось с 86.4 мкм до 56.5 мкм по сравнению с покрытием, созданным ниточными валиками.

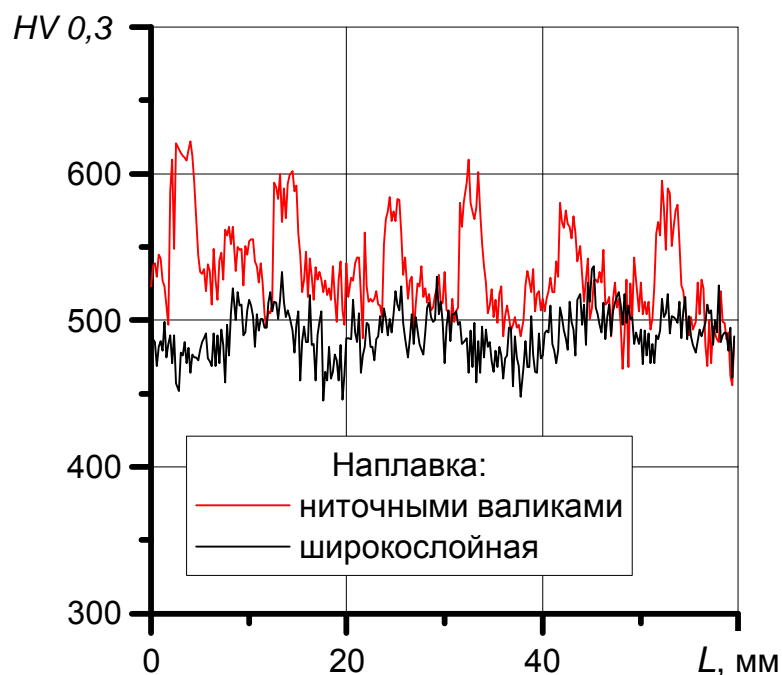


Рисунок 41. График микротвердости по ширине наплавленной поверхности

График показывает распределение микротвердости по ширине. По сравнению с покрытием из ниточных валиков, у широкослойной наплавки среднее значение микротвердости ниже, но микротвердость всего покрытия значительно более равномерна. Это говорит о том, что микроструктура покрытия более однородна по сравнению с покрытием, наплавленным ниточными валиками.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Объектом исследования выбрана машина для абразивного изнашивания, так как в ходе выполнения исследований наплавленного металла на равномерность изнашивания, данная машина была основой практической части исследования.

Целью данной работы является выявление в функциональной форме существенных черт и признаков рассматриваемого изделия, расположение их в определенной логической последовательности и стимулирование поиска наиболее эффективных способов осуществления функций.

5.1. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

Испытания абразивным изнашиванием наплавленной поверхности проходили в соответствии с ГОСТ 23.208-79. Для проведения данного этапа исследования было необходимо собрать машину для абразивного изнашивания.



Рисунок 42. Машина для абразивного изнашивания

Таблица 1 - Описание функций

| Наименование детали (узла, процесса) | Количество деталей на узел | Выполняемая функция | Ранг функции | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---|--------------|----------|-----------------|
| | | | Главная | Основная | Вспомогательная |
| 1.Электродвигатель | 1 | Является источником энергии | | X | |
| 2.Рама | 1 | Обеспечивает площадку для расположения машины | | | X |
| 3.Корпус | 1 | Обеспечивает защиту машины от внешних воздействий | | | X |
| 4.Шток | 2 | Удерживает воронку для абразива, а также обеспечивает ее перемещение в вертикальной плоскости | | | X |
| 5.Ролик | 2 | Обеспечивает трение абразива о образец | X | | |
| 6.Трубка | 2 | Обеспечивает подачу абразива в зону трения | | X | |
| 7.Держатель под образец | 2 | Обеспечивает место под образец | | | X |
| 8.Груз | 2 | Обеспечивает прижимное усилие между роликом и образцом | | X | |
| 9.Воронка для абразива | 1 | Необходима для удобства подачи абразива в машину | | | X |

На основании данных из таблицы 1 можно сказать, что исследуемый объект состоит из 9 элементов. Главной задачей объекта является обеспечение трения абразива об экспериментальный образец. Для этого машина использует 3 основных элемента. Остальные элементы являются вспомогательными.

5.2. Определение значимости выполняемых функций объектом

Для оценки значимости элементов необходимо прибегнуть к методу расстановки приоритетов, предложенному Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждого элемента. Для этого нужно построить матрицу смежности элементов.

Таблица 2 - Матрица смежности

| | Электро-двигатель | Рама | Корпус | Шток | Ролик | Трубка | Держатель под образец | Груз | Воронка для абразива |
|-----------------------|-------------------|------|--------|------|-------|--------|-----------------------|------|----------------------|
| Электро-двигатель | = | > | > | > | > | > | > | > | > |
| Рама | < | = | < | > | < | > | > | < | > |
| Корпус | < | > | = | < | < | < | > | < | > |
| Шток | < | < | > | = | < | = | < | < | > |
| Ролик | < | > | > | > | = | > | > | > | > |
| Трубка | < | < | > | = | < | = | < | < | > |
| Держатель под образец | < | < | < | > | < | > | = | > | > |
| Груз | < | > | > | > | < | > | > | = | > |
| Воронка для абразива | < | < | < | < | < | < | < | < | = |

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые по значимости; «>» – более значимая

Для наглядности необходимо произвести преобразование матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Таблица 3 - матрица количественных соотношений функций

| | Электро-двигатель | Рама | Корпус | Шток | Ролик | Трубка | Держатель под образец | Груз | Воронка для абразива | Итого | Проверка |
|-----------------------|-------------------|------|--------|------|-------|--------|-----------------------|------|----------------------|-------|----------|
| Электро-двигатель | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 13 | 0,16 |
| Рама | 0,5 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 9 | 0,11 |
| Корпус | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 8 | 0,1 |
| Шток | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 7,5 | 0,09 |
| Ролик | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 12 | 0,15 |
| Трубка | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 7,5 | 0,09 |
| Держатель под образец | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 9 | 0,11 |
| Груз | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 11 | 0,13 |
| Воронка для абразива | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 5 | 0,06 |

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

В рамках третьего этапа происходит определение значимости элементов путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям.

5.3. Расчет значимости функций

Определяем значимость элемента путем деления балла, полученного по каждому элементу, на общую сумму баллов по всем элементам:

Электродвигатель - $13/82=0,16$;

Рама - $9/82=0,11$;

Корпус - $8/82=0,1$;

Шток – $7.5/82=0,09$;

Ролик - $12/82=0,15$;

Трубка – $7.5/82=0,09$;

Держатель под образец - $9/82=0,11$;

Груз - $11/82=0,13$;

Воронка для абразива - $5/82=0,06$.

Таблица 4 - значимость функций

| Позиция | Количество деталей | Наименование | Выполняемая функция | Вес, кг | Трудоемкость детали, нормо-ч |
|---------|--------------------|-----------------------|---|---------|------------------------------|
| 1 | 1 | Электро-двигатель | Является источником энергии | 39 | 1,75 |
| 2 | 1 | Рама | Обеспечивает площадку для расположения машины | 20 | 1 |
| 3 | 1 | Корпус | Обеспечивает защиту машины от внешних воздействий | 0,5 | 0,9 |
| 4 | 2 | Шток | Удерживает воронку для абразива, а также обеспечивает ее перемещение в вертикальной плоскости | 0,3 | 0,34 |
| 5 | 2 | Ролик | Обеспечивает трение абразива о образец | 0,25 | 0,87 |
| 6 | 2 | Трубка | Обеспечивает подачу абразива в зону трения | 0,1 | 0,78 |
| 7 | 2 | Держатель под образец | Обеспечивает место под образец | 0,9 | 0,45 |
| 8 | 2 | Груз | Обеспечивает прижимное усилие между роликом и образцом | 3 | 0,5 |
| 9 | 2 | Воронка для абразива | Необходима для удобства подачи абразива в машину | 0,1 | 0,2 |

5.4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Задача данной стадии заключается в оценке уровня затрат на каждый элемент. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода.

Таблица 5 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

| Позиция | Стоимость материала, руб | Прочие затраты, руб | Себестоимость, руб | Итого | Проверка |
|---------|--------------------------|---------------------|--------------------|-------|----------|
| 1 | 0 | 1000 | 10000 | 11000 | 0,8 |
| 2 | 360 | 500 | 40 | 900 | 0,06 |
| 3 | 150 | 200 | 150 | 500 | 0,03 |
| 4 | 0 | 0 | 100 | 100 | 0,007 |
| 5 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0,003 |
| 6 | 0 | 0 | 500 | 500 | 0,03 |
| 7 | 320 | 500 | 200 | 1020 | 0,07 |
| 8 | 0 | 0 | 200 | 200 | 0,01 |
| 9 | 15 | 10 | 30 | 55 | 0,004 |
| | | | $\Sigma=$ | 14325 | 1 |

По результатам таблицы 5 общая стоимость машины для абразивного изнашивания составила 14325 рублей. Самой затратной является позиция – Электродвигатель. Данная информация необходима для построения функционально-стоимостной диаграммы.

5.5. Определение относительных затрат на функцию

Определяем относительные затраты на элемент путем деления балла, полученного по каждому элементу, на общую сумму баллов по всем элементам: Электродвигатель - $11000/14325=0,8$;

Рама - $900/14325=0,06$;

Корпус - $500/14325=0,03$;

Шток - $100/14325=0,007$;

Ролик - $50/14325=0,003$;

Трубка - $500/14325=0,03$;

Держатель под образец - $1020/14325=0,07$;

Груз - $200/14325=0,01$;

Воронка для абразива - $55/14325=0,004$.

5.6. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД)

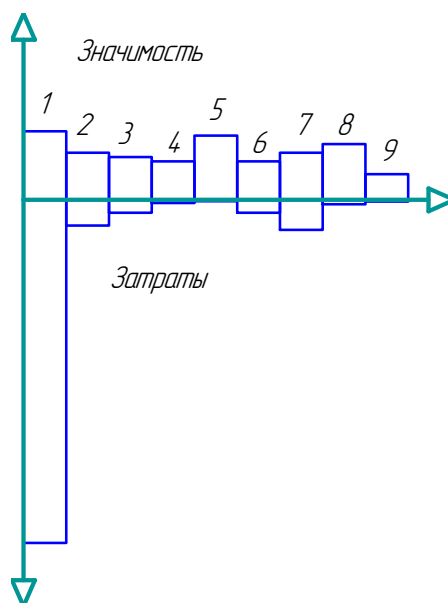


Рисунок. 43. Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ, ФСД показывает явное наличие рассогласования по позициям электродвигатель. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

5.7. Оптимизация функций выполняемых объектом

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- применение аналогичного двигателя отечественного производителя;
- исключение затрат на транспортную компанию;

При использовании двигателя, с аналогичными характеристиками, отечественного производителя, предполагаемые затраты будут выглядеть следующим образом:

Таблица 6- Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

| Позиция | Стоимость материала, руб | Прочие затраты, руб | Себестоимость, руб | Итого |
|---------|--------------------------|---------------------|--------------------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 2300 | 5000 |

Определяем относительные затраты на элемент, который необходимо оптимизировать, путем деления балла, полученного по данному элементу, на общую сумму баллов по всем элементам: Электродвигатель - $2300/14325=0,16$;

Руководствуясь оптимизированной информацией, подведем итог в виде предполагаемой функционально-стоимостной диаграммы

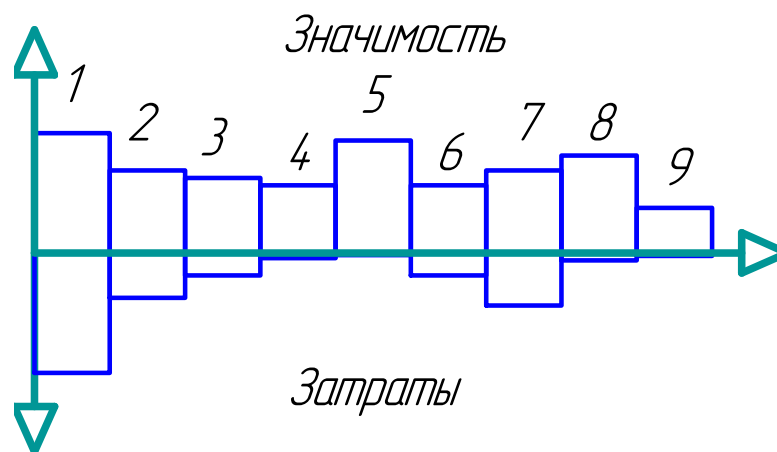


Рисунок. 44. Предполагаемая функционально-стоимостная диаграмма
 Анализ, предполагаемой ФСД показывает, что предложенный метод оптимизации способен устранить диспропорции по данной позиции.

В процессе проделанной работы было установлено, что при сборке машины для абразивного изнашивания затраты на электродвигатель оказались незначительно не пропорциональны его функциональной значимости. Для предотвращения повышенных затрат при сборке следующих экземпляров было, по итогу работы, предложено использовать мотор отечественного производства.

6. Социальная ответственность

6.1. Введение

Одна из основных задач социальной ответственности заключается в обеспечении безопасности труда человека, то есть создание таких условий труда, при которых исключается воздействие на работающих опасных вредных производственных факторов.

Вопросы, связанные с условиями труда, характеризуются не только трудовыми процессами, но и окружающей санитарно - гигиенической обстановкой. Если при трудовом процессе нагрузка падает на мышечную и нервную систему человека, то окружающая обстановка (температура воздуха, его влажность, загрязнение) вызывают изменения в функционировании дыхания, зрения, слуха, кровообращения, т.к. каждый из этих факторов отрицательно влияет на трудовую деятельность человека, утомляет, ослабляет внимание, что ведет к наибольшей вероятности травмы.

При разработке мер защиты от выявленных вредных производственных факторов необходимо дать описание применяемым мерам защиты с учетом требований нормативных документов.

Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности позволяет улучшить и облегчить условия труда, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной работы.

Именно поэтому необходимо провести анализ рабочего пространства, а так же рабочего оборудования. Выявить проблемы и предложить способы их устранения. В данной работе будет рассмотрено помещение 16А корпуса, аудитория №108.

6.2. Производственная безопасность

Угрозы производственной безопасности создаются на всех стадиях жизненного цикла технических систем: при проектировании (когда в проекте необоснованно используются потенциально опасные рабочие процессы, материалы и технологии, неоправданно заниженные и завышенные критерии и нормы безопасности); при изготовлении технических систем и их компонентов (когда не соблюдаются нормативные требования по технологическим операциям, входному и выходному контролю материалов и готовых изделий, по испытаниям и доводке потенциально опасных узлов, компонентов и систем); при эксплуатации (когда не соблюдаются нормы и правила безопасности, не осуществляется контроль за техническим состоянием критических зон и критических элементов, не проводится дефектоскопический контроль и мониторинг, не обеспечивается компенсация возрастающих требований по безопасности модернизацией и ремонтом технических систем). Производственная безопасность оценивается по характеристикам прочности, ресурса, надежности, живучести несущих элементов производственных систем для случаев штатных (нормальных) и нештатных (аварийных) ситуаций. Обобщённым показателем — критерием производственной безопасности является риск, учитывающий вероятность возникновения производственных аварий и катастроф и математическое ожидание ущерба от них. Методы повышения техногенной безопасности состоят в нормативно

обоснованном принятии конструктивных, технологических и эксплуатационных решений для указанных стадий жизненного цикла, в декларировании и поддержании безопасности на требуемом уровне, в обеспечении контроля, диагностики и мониторинга состояния технических систем с учетом повреждающих и поражающих факторов, в подготовленности систем, операторов и персонала к действиям в чрезвычайных ситуациях.

Качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам.

Во время работы установкой для абразивного изнашивания возможно возникновения следующих опасных и вредных факторов:

- повышенное содержание вредных частиц абразива в воздухе;
- повышенный уровень шума на рабочем;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенный уровень травмоопасности (класс травмоопасности – опасный).

К работам с установкой допускаются лица:

- прошедшие вводный инструктаж по электробезопасности;
- прошедшие инструктаж по травмобезопасности;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие проверку знаний правил по охране труда и пожарной безопасности.

6.3.Повышенное содержание вредных частиц в воздухе

Источником пыли в моей работе является установка для абразивного изнашивания. Частицы абразива при ее работе попадают в воздух. Абразивные материалы – кварцевый песок и электрокорунд.

Реальное содержание пыли в лаборатории 3 мг/м^3 , при $\text{ПДК}_{\text{РЗ}}=5 \text{ мг/м}^3$, что соответствует нормативам.

6.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум — это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты (шелест, дребезжание, скрип, визг и т. п.). С физиологической точки зрения шум — это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. Длительное воздействие шума на человека может привести к такому профессиональному заболеванию, как "шумовая болезнь".

Основные нормированные параметры для широкополосного шума приведены в табл 7.

Таблица 7 - Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни для широкополосного шума

| Рабочие места | Уровни звука в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни, ДВА |
|--|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |

Для тонального и импульсного шума допустимые уровни должны приниматься на 5 дБ меньше значений, приведенных в табл. Нормированным параметром непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука широкополосного, постоянного и неимпульсного шума, оказывающего на человека такое же воздействие, как и непостоянный шум. Этот уровень измеряется специальными интегрирующими шумомерами или определяется расчетным путем.

Методы борьбы с шумом. Для борьбы с шумом в помещениях проводятся мероприятия как технического, так и медицинского характера.

Основными из них являются:

- устранение причины шума, т. е. замена шумящего оборудования, механизмов на более современное не шумящее оборудование;
- изоляция источника шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);
- применение рациональной планировки помещений;
- использование дистанционного управления при эксплуатации шумящего оборудования и машин;
- использование средств автоматики для управления и контроля технологическими производственными процессами;
- использование индивидуальных средств защиты (беруши, наушники, ватные тампоны);
- проведение периодических медицинских осмотров с прохождением аудиометрии;
- соблюдение режима труда и отдыха;
- проведение профилактических мероприятий, направленных на восстановление здоровья.

Интенсивность звука определяется по логарифмической шкале громкости. В шкале — 140 дБ. За нулевую точку шкалы принят "порог слышимости" (слабое звуковое ощущение, едва воспринимаемое ухом, равное примерно 20 дБ), а за крайнюю точку шкалы — 140 дБ — максимальный предел громкости.

Принцип работы шумомера состоит в том, что микрофон преобразует колебания звука в электрическое напряжение, которое поступает на специальный усилитель и после усиления выпрямляется и измеряется индикатором по градуированной шкале в децибелах.

Основными мероприятиями по борьбе с шумом являются рационализация технологических процессов с использованием современного

оборудования, звукоизоляция источников шума, звукопоглощение, улучшенные архитектурно-планировочные решения, средства индивидуальной защиты. На особо шумных производственных предприятиях используют индивидуальные шумозащитные приспособления: антифоны, противозумные наушники и ушные вкладыши типа "беруши". Эти средства должны быть гигиеничными и удобными в эксплуатации.

Реальное значение уровня шума в производственном помещении 60дБ, при предельно допустимом значении в 80дБА, что соответствует нормативам.

6.5. Освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны может привести к неадекватному восприятию человеком технологического процесса, его утомлению, а так же к пульсирующим головным болям. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. При освещении производственных помещений используют естественное и искусственное освещение. Недостаток естественного света предусматривает применение системы смешанного освещения. Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется следующими тремя факторами:

- объект различения – наименьший размер рассматриваемого предмета;
- фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения;
- контраст объекта с фоном – характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта.

При работе в исследуемом помещении освещённость определяется минимальным объектом различения – шириной линии рукописного или печатного текста, который читает студент с листа. Для данного вида работы нормируемая освещённость, по СНиП 23-05-95, составляет 300 лк.

В учебных аудиториях величина коэффициента естественного освещения для высокой точности должна быть не менее 1,5%; для работ средней точности – не менее 1%.

Световой поток, создаваемый каждой из ламп, рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta},$$

где F – световой поток одной лампы, лм;

E – минимальная освещенность, лк, $E = 300$ лк;

S – площадь помещения, м², $S = 35$ м²;

z – поправочный коэффициент, $z = 0,9$;

k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;

η – коэффициент использования осветителей, %;

n – число светильников в помещении.

Коэффициент k для помещений, освещаемых люминесцентными лампами, при условии чистки светильников не реже двух раз в год, берется равным от 1,4 до 1,5.

Коэффициент использования может быть определен по известному индексу помещения (i):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)},$$

где A – длина помещения, м, $A = 5$ м;

B – ширина помещения, м, $B = 7$ м.

Для соответствующих размеров аудитории со светлым потолком и стенами, окрашенными светлой краской, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 50$ % и потолка $\rho_{\Pi} = 70$ %.

Определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h).

$$h = H - h_p - h_c,$$

где h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м, $h_p = 0.8$ м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м, $h_c = 0,1$ м;

H - высота потолка в помещении, м, $H = 3,2$ м.

Из расчетов следует, что $h = 2,3$ м, тогда

$$i = \frac{5 \cdot 7}{2,3 \cdot (5 + 7)} = 1,27$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и ρ_n примем $\eta = 43$ %.

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность по СП 52.13330.2011, рассчитаем количество ламп в помещении:

$$n = \frac{300 \cdot 35 \cdot 0,9 \cdot 1,5}{1500 \cdot 0,43} = 21,9$$

Таким образом, люминесцентные лампочки дневного света (ЛД) в количестве 22 штуки, мощностью 30 Вт, потребляемые ток 0,34 А при питании от сети 220 В, достаточны для обеспечения минимальной требуемой освещенности в анализируемом помещении.

6.6.Уровень статического электричества

Статическое электричество — это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов изделий или на изолированных проводниках. Заряды накапливаются на оборудовании и материалах, а сопровождающие электрические разряды могут явиться причиной пожаров и взрывов, нарушения технологических процессов, точности показаний электрических приборов и средств автоматизации. При соприкосновении тел, различающихся по температуре, концентрации заряженных частиц, энергетическому состоянию атомов, шероховатости поверхности и другим параметрам, между ними происходит перераспределение электрических зарядов. При этом у поверхности раздела тел на одной из них

концентрируются положительные заряды, а на другой отрицательные. Образуется двойной электрический слой. В процессе разделения контактирующих поверхностей часть зарядов нейтрализуется, а часть сохраняется на телах.

В производственных условиях электризация различных веществ зависит от многих факторов, и прежде всего от физико-химических свойств перерабатываемых веществ, вида и характера технологического процесса. Величина электростатического заряда зависит от электропроводности материалов, их относительной диэлектрической проницаемости, скорости движения, характера контакта между соприкасающимися материалами, электрических свойств окружающей среды, относительной влажности и температуры воздуха.

6.7.Региональная безопасность

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов представляют собой сложную и многоплановую проблему. Решение ее сопряжено с регулированием взаимоотношений человека и природы, подчинением их определенной системе законоположений, инструкций и правил. В нашей стране такая система установлена в законодательном порядке.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, очистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение электрооборудования, ПЭВМ, различных средств вычислительной техники значительно упрощают процесс проектирования, эксплуатации, а также утилизации и защиты природы от вредных воздействий человечества. Например, инженер, использует электронные пакеты обработки и носители информации, что значительно сокращает применение бумаги, а значит и вырубку тысячи гектаров леса. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Проблему с выбросом перегоревших люминесцентных ламп можно частично решить при выполнении требований утилизации соответствующих ламп.

При проведении исследований были следующие отходы: использованная бумага и вата, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в атмосферу и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

6.8.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Мероприятия по защите персонала. С получением информации об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации комитет по чрезвычайным ситуациям объекта начинает функционировать в режиме повышенной готовности и принимает на себя непосредственное руководство всей деятельностью объектового звена РСЧС. Их в последовательности, определяемой обстановкой. Осуществление мероприятий по защите персонала объекта, предупреждению ЧС или уменьшению возможного ущерба от них комиссия проводит на основе Плана по предупреждению и ликвидации ЧС, в который вносят уточнения с учетом ожидаемого вида (типа) ЧС и складывающейся обстановки.

Руководитель объекта — председатель КЧС с возникновением угрозы ЧС привлекает всех членов комиссии, руководителей структурных подразделений и командиров формирований, организует и проводит на объекте следующие основные мероприятия:

- осуществляет наблюдение и контроль за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных участках объекта и прилегающих к ним территориях;
- прогнозирует возможность ЧС на объекте, ее масштабы и последствия;
- проверяет системы и средства оповещения и связи;
- принимает меры по защите персонала и населения, территории и повышению устойчивости работы объекта;

- повышает готовность сил и средств, предназначенных для ликвидации возможной чрезвычайной ситуации, уточняет планы их действий и при необходимости производит выдвижение к участкам предполагаемых работ (действий);

- готовит к возможной эвакуации персонал и население прилегающих к объекту участков города (поселка), а при необходимости проводит ее (в загородную зону — только по распоряжению вышестоящей КЧС).

Одновременно информирует КЧС и управление ГО и ЧС города (района) о возникшей угрозе. Методика и последовательность работы председателя и членов КЧС объекта при угрозе и возникновении чрезвычайной ситуации в каждом конкретном случае будет определяться:

- типом аварии (с выбросом радиоактивных или сильнодействующих ядовитых веществ, транспортная, пожар и т. п.) или видом стихийного бедствия (землетрясение, наводнение, буря и т. п.);

- масштабом последствий ЧС (локальная, местная, территориальная, региональная, федеральная);

- удалением источника аварии от объекта;
- метеоусловиями на момент возникновения ЧС;
- рельефом местности и характером застройки;
- наличием средств индивидуальной и коллективной защиты, а также другими факторами.

С возникновением ЧС по распоряжению руководителя объекта вводится чрезвычайный режим функционирования объектового звена РСЧС и организуется выполнение соответствующих мероприятий.

Первый этап: принятие экстренных мер по защите персонала, предотвращению развития ЧС и осуществление АСР.

К экстренным мерам защиты персонала объекта относятся:

- оповещение об опасности и информирование о правилах поведения;

- медицинская профилактика и использование средств защиты исходя из обстановки;
- эвакуация работников с участков, на которых существует опасность поражения людей;
- оказание пострадавшим первой медицинской и других видов помощи.

Для предотвращения или уменьшения последствий ЧС осуществляются предусмотренные планом действия по локализации аварии при остановке или изменении технологического процесса производства, а также по предупреждению взрывов и пожаров.

Работы, связанные со спасением людей, проводятся до полного их завершения. При необходимости председатель КЧС (руководитель работ на участке) организует смену и отдых личного состава формирований на месте работ или в установленных районах. Руководство АСР и ДНР осуществляется на принципах единоначалия в соответствии со ст. 14 Федерального закона от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ "Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей".

Основные мероприятия по жизнеобеспечению пострадавшего и эвакуируемого населения проводятся под руководством КЧС местных территориальных органов власти с привлечением КЧС объектов и включают:

- временное размещение населения, оставшегося без крова;
- обеспечение людей незагрязненными (незараженными) продуктами питания, водой и предметами первой необходимости;
- создание условий для нормальной деятельности предприятий коммунального хозяйства, транспорта и учреждений здравоохранения;
- организацию учета и распределения материальной помощи;
- проведение необходимых санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий;
- проведение работы среди населения по снижению последствий психического воздействия ЧС, ликвидации шоковых состояний;

- расселение эвакуируемого населения в безопасных районах, обеспечение продовольствием, предметами первой необходимости, медицинской помощью.

О возникшей чрезвычайной ситуации, ходе ее ликвидации и окончательных результатах в установленном порядке представляются донесения в вышестоящую комиссию по ЧС и органы управления ГО и ЧС.

6.9. Пожарная безопасность

Каждой технологии свойственны ей признаки и характерная пожарная опасность, но, несмотря на различие, все технологии объединяет присутствие общих признаков (факторов) пожарной опасности. Такими факторами являются: горючая среда, источники зажигания и пути распространения пожара. В связи с этим и требования пожарной безопасности при проведении технологических процессов разделяются на общие и специфические. Общие требования пожарной безопасности присущие всем технологиям:

- технологическое оборудование при нормальных режимах работы должно быть пожаробезопасным, а на случай опасных неисправностей и аварий необходимо предусматривать защитные меры, ограничивающие ущерб от пожара;

- оборудование должно устанавливаться и использоваться в соответствии с требованиями норм и правил пожарной безопасности, стандартов, технических условий и технологической схемой;

- расстановка оборудования должна обеспечивать свободные проходы и подходы к нему;

- технологическое оборудование должно находиться в исправном состоянии, работать без рывков, заеданий или повышенного трения движущихся частей;

- эксплуатация оборудования с неисправной или отключенной автоматикой, обеспечивающей пожарную безопасность технологического процесса, запрещается;

- оборудование с наличием горючих веществ и материалов должно быть надежно защищено от повреждений и аварий установкой защитных устройств, предусмотренных в нормативной документации на это оборудование;

- запрещается выполнять производственные операции на оборудовании и установках с неисправностями, которые могут привести к пожарам, а также при отключении контрольно-измерительных приборов, определяющих заданные режимы температуры, давления, концентрации и других технологических параметров горючих газов (далее - ГГ), паров горючих жидкостей;

- технологическое оборудование должно проходить текущий и капитальный ремонт в соответствии с технологическими регламентами, техническими условиями и сроками, определенными графиком, утверждаемым руководством предприятия;

- Конкретные противопожарные мероприятия должны отражаться в технологическом регламенте;

- для мойки, обезжиривания изделий (деталей) и испытания оборудования должны применяться негорючие технические жидкости и составы, а также безопасные в пожарном отношении установки и способы. Применение для этих целей горючих жидкостей возможно при обосновании и по согласованию с органами государственного пожарного надзора;

- металлическую стружку, промасленные обтирочные материалы и горючие производственные отходы необходимо по мере накопления убирать в металлические ящики с плотно закрывающимися крышками и по окончании смены удалять из производственных помещений в специально отведенные места, участки;

- для каждого помещения инструкцией о мерах пожарной безопасности и технологическим регламентом должно быть определено предельное количество горючих веществ и материалов, места их размещения;

- для контроля состояния воздушной среды в производственных помещениях должны устанавливаться автоматические газоанализаторы;
- температура на наружной поверхности установок должна быть не более 80% температуры самовоспламенения веществ, обращающихся в технологическом процессе;
- нагретые поверхности аппаратов и трубопроводов, если они представляют опасность воспламенения соприкасающихся с ними веществ или взрыва газов, паров и пыли, должны иметь теплоизоляцию для снижения температуры поверхности до безопасной величины (не более 80% температуры самовоспламенения вещества).

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В помещении должны висеть огнетушители, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить его. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

На рисунке 45 представлен план эвакуации при пожаре и других ЧС из кабинета 108 16А корпуса.

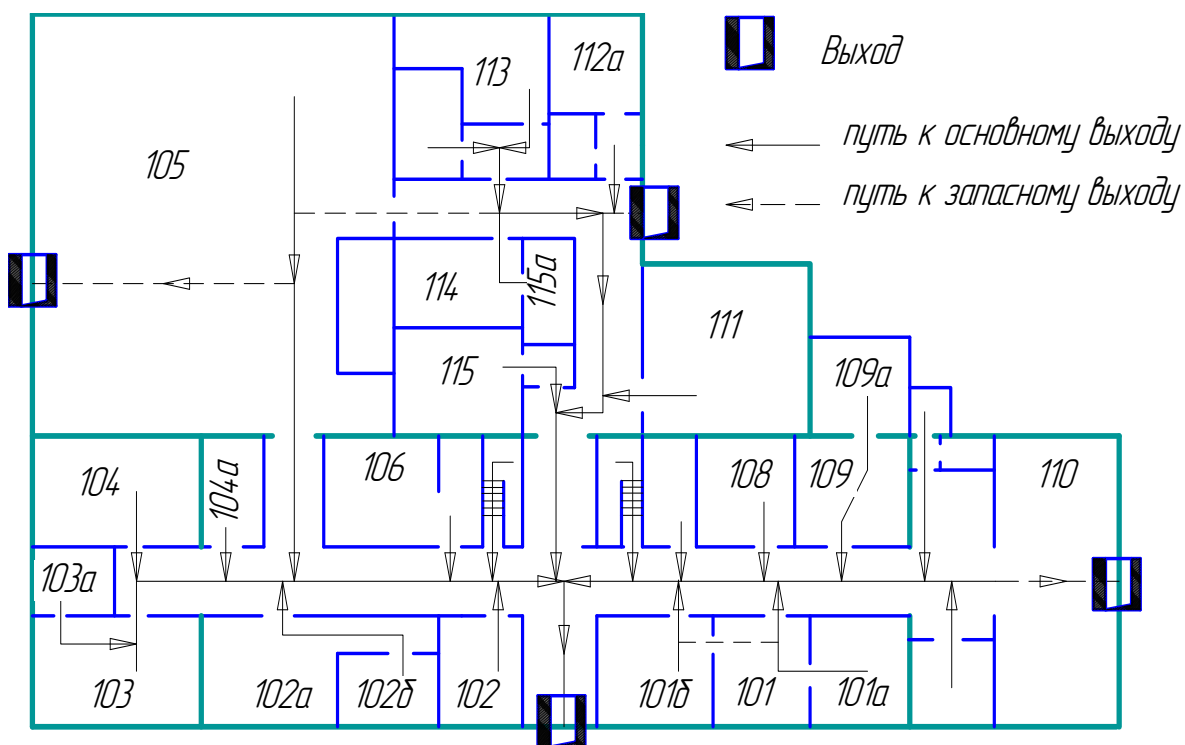


Рисунок 45 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из кабинета 108.

6.10. Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках при частичном или полном снятии напряжения на рабочих местах выполняются следующие технические мероприятия:

- Необходимо отключать электроустановки или их части и принимать меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы из-за ошибок или самопроизвольного включения коммуникационной аппаратуры;
- Необходимо вывесить запрещающие плакаты и при необходимости установить временные ограждения;
- Необходимо присоединение к заземляющей шине переносное заземление и проверить отсутствие напряжения на токоведущих частях, на которые должно накладываться переносное заземление;
- Непосредственно после проверки отсутствия напряжения накладывається заземление на отключение токоведущих частей электроустановки;

- Необходимо оградить рабочее место и вывесить предостерегающие и разрешающие плакаты.

6.11. Правовые вопросы обеспечения безопасности

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов. Руководитель принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Расстояние между установками должны обеспечивать безопасные условия труда и удобства при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.

Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.

Рабочий день должен быть нормирован, до 8 часов в одну смену.

Предельная допустимая концентрация абразивного материала в воздухе должна составлять не более 5мг/м^3 .

Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.

Помещения должен соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Температура поверхностей частей установки, с которыми может соприкасаться обслуживающий персонал, и органов управления не должна превышать 40°

Установка должна иметь защитные устройства, предотвращающие несанкционированное воздействие на персонал ультрафиолетового излучения, а также защитные блокировки с целью обеспечения безопасности при техническом обслуживании и работе.

Защитные блокировки должны предусматривать отключение подачи опасного электрического напряжения к установке или его составным частям.

Заключение

1. При плазменной наплавке одиночного валика порошком Пр-Х18ФНМ колебательные движения плазмотрона обеспечивают периодическое частичное подплавление и интенсивный нагрев ранее наплавленного, остывающего объема покрытия. В результате этого в пределах каждого валика металлографически выявлены ЗПН состоящие из 2-х участков: Участка перекристаллизации эвтектического карбида и участка неполного расплавления.

2. При формировании упрочняющего слоя в несколько широкослойных частично перекрывающих друг друга валиков каждый новый проход также способствует образованию в ранее наплавленном валике ЗПН состоящих из 3-х микроструктурных участков: Участок высокотемпературного отпуска участка перекристаллизации эвтектического карбида и участка неполного расплавления.

3. В сравнении с наплавкой ниточными валиками термический цикл широкослойной наплавки обеспечивает на участках высокотемпературного отпуска ЗПН значительно меньшее содержание мартенсита в матрице. А так же следует отметить значительное повышение равномерности абразивного изнашивания поверхности, созданной широкослойной наплавкой, по сравнению с ниточным способом создания покрытия.

Список литературы

1. Пантелеенко В.П. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение, 2003.-672 с.
2. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987.-192 с.
3. Хасуи А. Наплавка и напыление. М.: Машиностроение, 1985.-240 с.
4. Коротких Е.Л. Прогрессивная технология восстановления быстроизнашивающихся деталей при ремонте горных машин. 1989. -95 с.
5. Войнов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. М.: Машиностроение, 1980.-120 с.
6. Талыпов Г.Б. Сварочные деформации и напряжения. 1973. – 269 с.
7. Гладкий П.В. Плазменная наплавка. Киев: Экотехнология, 2007. - 292 с.
8. Лащенко Г.И. Плазменное упрочнения и напыление. Киев: Экотехнология, 2003. – 64 с.
9. Е.А. Минаков, С.С. Жаткин, А.А. Паркин, О.С. Фураев, В.Г. Климов. Влияние режимов плазменной наплавки, структурных факторов и свойств на износостойкость наплавленного порошкового материала *Stellite 190W*. //Механика и машиностроение – 2011 - №4
10. А. А. Артемьев. Ю. Н. Дубцов. Г. Н. Соколов. Исследование структуры и износостойкости наплавленного металла, упрочненного гранулами диборида титана.// Сварочное производство. – 1992. – № 5.
11. Толстошеев В.А. Плазменная наплавка износостойких материалов.
12. А.А. Паркин, С.С. Жаткин, Е.А. Минаков. Влияние структуры и свойств на износ покрытия *Micro Melt NT-60* после плазменной порошковой наплавки.//Механика и машиностроение – 2011 - №4
13. Шейнман Е.Л. Абразивный износ. Обзор американской печати. Абразивная стойкость материалов. - Трение и износ. 2006. – С.72-99.

14. Башмакова Т.Н. Влияние легирования на образование карбидной фазы, структуру и свойства наплавленного металла системы Fe-C-Cr. // Автоматическая сварка. – 1998. – №12. – С.39-42.
15. Сафронов И.И. Основы рационального легирования сплавов. Монография. - Кишинев: ШТИИНЦА, 1991. - 278 с
16. Гавриш В.И., Юзвенко Ю.А. О неоднородном износе наплавленного металла в условиях газообразного изнашивания // Автоматическая сварка. 1974.-№7
17. Шейнман Е.Л. Абразивный износ. Обзор американской печати. - Трение и износ. 2005. – С.100-111
18. Сом А.И. Сплав на Fe-основе для плазменно-порошковой наплавки шнеков экструдеров и термопластавтоматов. - "Автоматическая сварка" - 1999. - №7.
19. S. Paul. Experimental characterization of laser cladding of CPM 9V on H13 tool steel for die repair applications.// Journal of Manufacturing Processes - 2015
20. C. Soriano. Improvement of laser deposited high alloyed powder metallurgical tool steel by a post-tempering treatment.// science direct - 2012
21. В.В.Тарасов Избирательный износ наплавленного заэвтектического хромистого сплава.// Сварочное производство №9 - 1976
22. K. Graf. Effect of track overlap on the microstructure and properties of the CoCrMoSi PTA Coating.// Material Research – 2015
23. L. Xue. A study of the abrasive wear behavior of laser clad tool steel coatings.// science direct – 2006
24. C. Soriano. Laser cladding and erosive wear of CoMoCrSi coating.// Surface & Coatings Technology- 2016
25. L.M. Kukreja. Cobalt-Free Laser Cladding on AISI Type 316L Stainless Steel for Improved Cavitation and Slurry Erosion Wear Behavior.// JMEPEG- 2014

26. Y. Wang. Microstructure and properties of laser cladding FeCrBSi composite powder coatings with higher Cr content.// Journal of Manufacturing Processes - 2014

27. L. Ebert. Beeinflussung der Hartstoffverteilung beim Plasma-Pulver-Auftragschweißen.// Werkstofftech- 2009

Список публикаций студента:

1) Панарин П.С.-МИКРОСТРУКТУРА FE-CR-V-MO-C ПОКРЫТИЯ ПРИ МНОГОПРОХОДНОЙ НАПЛАВКЕ С ПОПЕРЕЧНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ПЛАЗМОТРОНА.// Научный рук. Дегтерев А.С. - сборник трудов X Всероссийской научной конференции молодых ученых "Наука. Технологии. Инновации", Новосибирск 5-6 декабря 2016 г. в 9 ч.: НГТУ – 2016. – Ч.3. – с.169-170.

2) Панарин П.С.- ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ МИКРОСТРОЕНИЯ FE-CR-V-MO-C УПРОЧНЯЮЩЕГО СЛОЯ.// Научный рук. Дегтерев А.С. - Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [5 с.].

Приложение А

Раздел №1 Литературный обзор

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 1ВМ51 | Панарин Петр Сергеевич | | |

Консультант кафедры ОТСП:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Слободян Михаил Степанович | к.т.н. | | |

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Казанцев Андрей Юрьевич | к.ф.н. | | |

Abstract

Graduation qualification work __87__ pages, __45__ drawings, __7__ tables, __27__ sources, _1_ application.

Keywords:

Plasma surfacing, abrasive wear, hardness.

The purpose of the study is to study the microstructure and abrasive wear of a Fe-Cr-V-Mo-C coating obtained by a wide - layer plasma surfacing of several partially overlapping rolls.

Relevance of work:

To create a reinforcing layer with a width of more than 50 mm, it is formed by overlapping two or more rollers. In this case, each volume of metal deposited per pass is subjected to repeated high-temperature heating as a result of surfacing the subsequent. This can contribute to the formation near the border of fusion of adjacent rollers of individual zones with structures and properties different from the main volume of the coating, which contribute to selective wear of reinforced parts during operation.

The high wear rate of individual coating areas significantly increases its overall destruction rate.

Application area:

A hardening surfacing coating is required for parts that work in contact with the abrasive

Introduction

Wear is one of the main causes of failure of machine parts and mechanisms. Surfacing is used to restore worn working surfaces. Of the many surfacing techniques, more interesting are those that allow separate control of the processes of energy input into the hardened part and the feeding of filler material. These technologies include argon-arc surfacing, electron beam surfacing, laser and plasma surfacing. Plasma powder surfacing is carried out by depositing alloys on the basis of Ni, Co, Cu, Fe. High-chromium cast iron was widely used. To avoid cracks in the part, it is preheated to a temperature of 500 ... 600 ° C, and sometimes the associated heating is applied. Pre-heating not only complicates the process of surfacing, but also significantly increases its cost. Instead of high-chromium cast iron, Fe-Cr-V-Mo-C alloys are used. The matrix of such alloys contains a significant amount of residual austenite and has relatively high plasticity. This ensures that there are no cracks in the resulting reinforced layer. If it is necessary to create a reinforcing layer with a width of more than 50 mm, it is formed by overlapping two or more rollers. In this case, each volume of metal deposited per pass is subjected to repeated high-temperature heating as a result of surfacing the subsequent one. This can contribute to the formation near the border of fusion of adjacent rollers of individual zones with structures and properties different from the main volume of the coating, which contribute to selective wear of reinforced parts during operation.

The high wear rate of individual coating areas significantly increases its overall destruction rate.

Literature review

1.1.1. Materials hardening methods

Metal surfaces in the mechanisms are subject to wear due to friction. It is necessary to apply the technology of hardening of these surfaces. The main methods of hardening technologies are: heat treatment, surfacing, spraying and surface plastic deformation. Let's consider the used hardening technologies.

Surface plastic deformation

In this method of treating plastic deformation, only the surface layer of the part is exposed. As a result of using surface plastic deformation, hardness increases, roughness decreases, and compressive residual stresses appear in the surface layer of the part. Particularly effective is the strengthening of parts having structural or technological stress concentrators, recesses, fillets, etc. The advantage of surface plastic deformation is the technological universality and economics of the method. By the nature of the interaction of the instrument with the part, the methods of surface plastic deformation are divided into static and shock methods.

Thermal hardening:

Thermomechanical treatment is a new method of hardening of steel while maintaining sufficient plasticity, combining plastic deformation and hardening heat treatment (hardening and tempering). It means the combination of plastic deformation in the austenitic state with quenching;

Chemical-thermal treatment of steel - a set of operations of heat treatment with saturation of the product surface with various elements (carbon, nitrogen, aluminum, silicon, chromium, etc.) at high temperatures. Surface saturation of steel with metals (chromium, aluminum, silicon, etc.), which form solid substitutional solutions with iron, is more energy-consuming and lasting than saturation with nitrogen and carbon, which form solid interstitial solutions with iron. In this case, the diffusion of the elements proceeds more readily in the alpha-iron lattice than in the more closely packed gamma-iron lattice.

The methods of surface deformation and heat treatment have some disadvantages in comparison with surfacing and spraying. By these methods, it is impossible to reconstruct a part of the part, the depth of the strengthened layer is not large, the upper layers usually have higher hardening values as compared to the next layers.

And as there is a combined technology - the mechanical and thermal treatment of steel is the treatment of steels and alloys, combining two methods of hardening - phase transformations as a result of heat treatment and cold plastic deformation.

1.1.2.Spraying

Gas-thermal spraying is a method for producing coatings from heated and molten particles obtained as a result of gas-thermal dispersion of the initial sprayed coating material using a high-temperature spraying gas jet, when they collide with the main or sub-layer of the previously sprayed material, they are welded, adhered or mechanically bonded. The task of sputtering is to form the required technological coating, which will protect the surface of the structural material from wear, i.e. will increase the resistance of the base of the protected structural material to destruction.

Under the general name of gas-thermal spraying, many methods are combined (crucible sputtering, flame spraying, detonation spraying, plasma spraying, electric arc spraying).

The advantage of sputtering as a technological method is high process productivity and the possibility of a significant reduction in the time spent on spraying (gas flame, electric arc, plasma spraying). The deposited layer has a uniform structure, the base metal is not highly exposed to thermal effects, as a consequence, not a large zone of thermal influence.

The disadvantage of the method of sputtering is overheating and oxidation of the substance of the sputtered material at low wire electrode feed rates into the gas-thermal dispersion zone (electric arc spraying). The layer of applied coating is not large in comparison with plasma surfacing in thickness, with increasing thickness, the problem of delamination arises. And as such coatings are distinguished by the presence of porosity, which interferes with the use of coatings in corrosive media without additional processing.

In modern engineering, the development of new methods of hardening of metallic materials continues in order to obtain materials with more perfect properties.

1.1.3. Surfacing

Surfacing is the process of applying a coating of molten material to the surface of the component to be heated to the melting point. Surfacing can be used

both to increase the wear resistance of rubbing surfaces, and to restore worn parts. The methods of surfacing are divided into groups according to the kind of heat sources used, the nature of the alloying and the way the resulting coating is protected from the influence of the atmosphere.

Plasma surfacing is the process of coating with a plasma jet when the part is included in the load current circuit. In this case, with the help of a plasma jet, the surface of the renewable part and the applied material are heated. The method is that the energy density that is transferred to the heated surface is significantly greater than from the open arc. This leads to the fact that the rate of heat input into the part is higher than the rate of heat transfer. Therefore, the surface of the part melts quickly. The process is characterized by low penetration and high thermal efficiency.

Advantages of plasma surfacing:

- Smooth and even surface of the coating allows you to leave allowance for processing.
- A low penetration depth and a small zone of thermal influence determine the proportion of the base metal in the coating to 5%.
- A small heat input into the workpiece ensures small deformations and thermal effects on the structure and substrates.
- At restoration, high wear resistance of the welded surfaces is ensured.
- There is a decrease in fatigue strength of the part by 10-15%, which is much less than using some other types of surfacing.

The field of application of the method is the application of thin-layer coatings to the loaded parts with low wear.

Materials for plasma surfacing are very diverse, including iron-carbon alloys, stellite, tool and high-speed steels. Twigs, wire, powders and a combination of materials are applied. Good results when restoring parts by plasma surfacing give the use of powder materials.

The longest continuous operation of the equipment for plasma-powder overlaying is provided in comparison with argon-arc and gas-flame surfacing.