АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности «6D073200 – Стандартизация и сертификация»

ЕРМЕКОВ ДАУЛЕТ КАНАТБЕКОВИЧ

Повышение качества нанесения самофлюсующихся наплавочных порошков из высоколегированных металлов

Ежегодные потери мировой экономики из-за коррозии оцениваются в более чем $2,5 триллиона, что составляет около 3–4% глобального ВВП. По оценкам экспертов, внедрение эффективных стратегий управления коррозией может сократить эти потери на 25–35%.

В настоящее время в Казахстане наблюдается ряд тенденций, требующих развития и модернизации инфраструктуры. В условиях переходного периода Казахстана от плановой к рыночной экономике её минерально-сырьевые ресурсы приобретают исключительно важное значение.

Выход из строя подавляющего большинства деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки связан с износом и разрушением их поверхностных слоев, то есть постепенным изменением размеров и формы их рабочих поверхностей. Традиционно борьба с износом основывается на конструировании деталей из объемно-легированных материалов с последующей термической обработкой или нанесения электрохимических покрытий.

Такой подход осложняется дефицитностью и сокращением номенклатуры материалов выпускаемых металлоизделий, их чрезмерно высокой стоимостью, большими энергозатратами на термическую или химико-термическую обработку, экологическими проблемами.

Актуальность исследования

Создание технологии газопламенной и плазменной наплавки деталей машин при их износе, является важной конструкторской и технологической задачей, позволяющей получить наплавленный слой, обладающим высокой прочностью и адгезией, что позволит продлить срок ремонтируемых деталей стойких к изнашиванию два и более раза.

Несмотря на достигнутые успехи, в области газопламенной наплавки остаются нерешённые теоретические задачи, а также практические трудности при применении плазменных технологий с использованием плазматронов. Требует проработки выбор оптимальных технологических параметров процесса, а также подбор рационального состава порошковых материалов, включая высоколегированные компоненты, для формирования износостойкого и прочного наплавленного слоя. На основании проведённых исследований возникает необходимость в разработке стандарта на применяемую технологию. В связи с этим исследования газотермической наплавки деталей машин, а также создание инженерных методов расчёта её параметров и характеристик, используемых высокоскоростных и плазменных

инструментов представляют собой актуальную задачу, решение которой позволит повысить эффективность газотермических процессов наплавки.

Разработанный самофлюсующийся порошковый наплавочный материал на основе железа с упрочняющей добавкой предназначен для восстановления деталей машин и оборудования, работающих в условиях воздействия абразивного изнашивания, коррозии, при повышенных температурах или агрессивных средах.

Цель и задачи исследования

Цель работы – повышение качества нанесения самофлюсующихся наплавочных порошков из высоколегированных металлов, позволяющий создать технологию ремонта с использованием новых легированных сплавов. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Выбрать и обосновать оптимальный состав металлических порошков стойких к износу и адгезий на основе стандартов;
2. Создать нормативно-техническую методику получения порошкового материала, направленную на стандартизацию процесса изготовления нового композиционного материала;
3. Разработать нормативно-технический документ, регламентирующий технологический процесс нанесения покрытия из нового порошкового материала;
4. Сформировать стандарт, определяющий требования к составу, свойствам и качеству композиционного порошкового материала.

Научная основа и содержание работы

Научная новизна работы состоит в повышении качества нанесения самофлюсующихся высоколегированных наплавочных порошков.

Установлено, что введение 10 % лигатуры CrB_2 в наплавочный сплав ПГ-Ж40 является оптимальным для достижения твердости наплавленного металла в диапазоне 450–600 HV. По результатам рентгеноструктурного анализа выявлено, что при таком содержании CrB_2 после механического легирования и плавления формируется железоникелевая матрица с равномерно распределёнными боридами и карбидами железа, хрома и никеля. Данный факт подтверждается увеличением микротвердости наплавленного слоя с 495,55 до 549,96 HV.

Предложено новое антикоррозионное защитное покрытие коррозионностойкое к сероводородной (H_2S), серной (H_2SO_4) кислотам (кислотным средам). Уровень коррозионной стойкости составляет не менее уровня V NACE MR 0175 ISO 15156.

Разработаны нормативно-технические документы:

- Стандарт на композиционный порошковый материал;
- Технологический процесс производства композиционного порошкового материала;
- Технологический регламент по нанесению данного порошкового материала.

Основные положения

1. Разработанный порошковый материал, обеспечивающий получение

твердости наплавленного металла в диапазоне 450–600 HV, формируется путем введения до 10 % лигатуры CrB_2 в сплав ПГ-Ж40. Такое легирование приводит к формированию железоникелевой матрицы с равномерно распределёнными боридами и карбидами, что обеспечивает повышение микротвердости наплавленного слоя до 549,96 HV;

2. Разработанный нормативно-технический документ, устанавливающий методику получения порошкового материала с добавлением CrB_2 для защитных покрытий оборудования нефтегазовой и урановой промышленности, обеспечивает стандартизацию процесса изготовления нового композиционного материала;

3. Разработанный нормативно-технический документ для технологического процесса сверхзвукового газотермического напыления антикоррозионного защитного покрытия оборудования для нефтегазовой и урановой промышленности регламентирует процесс нанесения нового порошкового материала;

4. Разработанный стандарт предприятия обеспечивает унификацию требований к составу, характеристикам и качеству композиционного порошкового материала, что приводит к повышению воспроизводимости свойств наносимых покрытий, стабильности технологического процесса сверхзвукового газопламенного напыления и гарантированной коррозионно-износостойкости защитных слоёв на оборудовании нефтегазовой и урановой промышленности.

Научная новизна

1. Впервые доказано, что новый порошковый материал на основе сплава ПГ-Ж40 с введением до 10 % лигатуры CrB_2, обеспечивающий формирование железоникелевой матрицы с равномерным распределением боридов и карбидов, что позволяет повышать микротвердость наплавленного слоя до 549,96 HV и обеспечивать твердость в диапазоне 450–600 HV.

2. Впервые создан нормативно-технический документ, устанавливающий методику получения порошкового материала с добавлением CrB_2, который обеспечивает стандартизацию технологии изготовления нового композиционного материала.

3. Впервые разработан нормативно-технический документ, регламентирующий технологический процесс сверхзвукового газотермического напыления антикоррозионного покрытия, что обеспечивает воспроизводимое нанесение нового порошкового материала и стабильность свойств формируемого защитного слоя.

4. Впервые сформирован стандарт предприятия, унифицирующий требования к составу, характеристикам и качеству композиционного порошкового материала, что обеспечивает повышение воспроизводимости свойств наносимых покрытий, стабильность технологического процесса и гарантированную коррозионно-износостойкость защитных слоёв оборудования нефтегазовой и урановой промышленности.

Практическая значимость

Разработанный композиционный порошковый материал и нормативно-технические документы могут быть использованы в следующих областях промышленности:

1. Машиностроение – восстановление валов, шеек, посадочных мест под подшипники, наплавка изношенных зубьев шестерён, направляющих, цилиндров.

2. Нефтегазовая и урановая промышленность – наплавка буровых коронок, долот, роторов, упрочнение насосно-компрессорного оборудования, восстановление трубных резьб и посадочных поверхностей.

3. Сельскохозяйственная техника – реставрация рабочих органов плугов, культиваторов, жаток, наплавка осей, валов и деталей трансмиссий.

4. Горнодобывающая промышленность – восстановление ковшей экскаваторов, наплавка дробящих плит, ножей, роторов, усиление изнашиваемых поверхностей шахтного оборудования.

Главные преимущества технологии – высокая износостойкость покрытия, прочное сцепление с основным металлом, точная локализация упрочнения, высокая коррозионная и термостойкость покрытий.

Заключение

Проведенные исследования технологии порошковой наплавки показали, что использование разработанного нового порошкового материала, обеспечивает получение заданной твёрдости. Его состав формируется путём введения до 10 % лигатуры CrB_2 в сплав ПГ-Ж40. Такое легирование обеспечивает повышение микротвёрдости наплавленного слоя до 549,96 HV.

Разработан нормативно-технический документ, регламентирующий методику получения порошкового материала с добавлением CrB_2 для формирования защитных покрытий. Документ обеспечивает стандартизацию процесса изготовления нового композиционного материала.

Создан нормативно-технический документ, устанавливающий технологический процесс сверхзвукового газотермического напыления антикоррозионного защитного покрытия.

Разработан стандарт, обеспечивающий унификацию требований к составу, характеристикам и качеству композиционного порошкового материала. Его внедрение повышает воспроизводимость свойств защитных покрытий, стабилизирует технологический процесс сверхзвукового газопламенного напыления и гарантирует требуемые показатели коррозионно-износостойкости слоёв.

Апробация диссертационной работы

Результаты диссертационной работы были опубликованы в следующих источниках:

Статьи, опубликованные в изданиях, входящих в международные научные базы данных Thomson Reuters и Scopus:

1. **Yermekov D.**, Povetkin V., Rutkuniene Z., Nurmukhanova A., Bukayeva A. Development of a technology of gasflame application of powders to increase wear resistance and adhesion strength // Eastern-European Journal of Enterprise

Technologies. – 2021. № 3/12. – P. 111 DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235578. Quartile Q3.

2. Kenzhaliev B.K., Mironov V.G., Shilov G.T., Ilmaliyev Zh.B., **Yermekov D.K.** The study of the effect of chromium boron (CrB2) hardening additive on the developed pg-z40 surfacing powder // Bulgarian Chemical Communications. – 2018. – Vol. 50, Special Issue G. – P.140 – 145 DOI:10.17580/cisisr.2018.02.11

Научные статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МНВО

1. **Ермеков Д.К.**, Поветкин В.В., Руткуниене Ж. Состояние оборудований и технологий для нансения износостойких покрытий на технологические оборудования // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. – 2019. – Vol. №1. – С.7-15.

2. Bukayeva A. Z., Povetkin V. V., Bektibay B. Zh., Nurymov Ye. K., **Yermekov D. К.** Intensification of combustion fuel mixture in petrolair thermal tools with ejector nozzle // News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences. – 2020. – Vol. 3. – Number 441. – P. 40 – 47 DOI:10.32014/2020.2518-170X.52.

3. **Ермеков Д.К.**, Поветкин В.В., Руткуниене Ж. Влияние коррозионной среды на физико-химическое изнашивание деталей оборудования с износостойким покрытием // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. – 2020. - Vol.№1(48). – С. 7-15.

Публикации в сборниках тезисов докладов по результатам Международных научных конференции

1. Поветкин В.В., Нурмуханова А.З., **Ермеков Д.К.**, Букаева А.З., Исаева И.Н. Упрочняющие газопламенные технологии и оборудование // Сборник трудов XXVII международной научно – технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века» в г.Севостополе 14-20 сентября, 2020.. – Донецк: ДонНТУ, 2020. - с. 315-319. ISSN 2079-2670

2. **Ермеков Д.К.**, Поветкин В.В., Руткуниене Ж. Испытание методов нанесения износостойких порошков с заданными свойствами для повышения качества нанесения покрытии на детали оборудовании // Международная научная конференция студентов и молодых ученных «Фараби әлемі» 6-9 апреля 2020 года.

3. **Ермеков** Д.К., Поветкин В.В., Руткуниене Ж. Линейные параметры качества деталей оборудовании при восстановлении износостойкими материалами//Международная научная конференция студентов и молодых ученных «Фараби әлемі» 8-11 апреля 2019 г. – Р. 154

Патент на полезную модель

Патент №6718 РК. Рабочее колесо центробежного грунтового насоса / Букаева А. З., Поветкин В. В., **Ермеков Д. К.**, Сейтханов А. М. Г.О.; опубл.: 12.08.2021 г. – 1 с.