

УДК 621.785

ПОВЫШЕНИЕ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

А.А. Богданов¹

¹кандидат технических наук, доцент кафедры технологии горного машиностроения, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина, e-mail: bogdanov.aleksandr17@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрен метод электроэрозионного легирования специальным электродом, материал которого повысит износо- и жаростойкость деталей. Для поиска такого материала электрода разработан алгоритм, основанный на методе последовательного приближения.

Ключевые слова: электроэрозионное легирование, электрод, восстановление деталей.

THE INCREASE OF OPERATIONAL PROPERTIES OF COMPONENTS BY USING THE METHOD OF ELECTRICAL EROSION ALLOYING

Aleksandr Bohdanov¹

¹Ph.D., Associate Professor the Department of technology mining engineering, National Mining University, Dnepr, Ukraine, e-mail: bogdanov.aleksandr17@gmail.com

Abstract. The article examines the method of electrical erosion alloying using a specific electrode, the material of which increases wear and heat resisting properties of components. An algorithm based on the method of consistent approach has been elaborated for searching this kind of material.

Keywords: electrical erosion alloying, electrode, component reconditioning.

Введение. Одним из путей улучшения качества поверхностного слоя и снижения стоимости ремонта машин являются многократное восстановление формы деталей металлопокрытиями. Восстановление изношенных поверхностей деталей осуществляется следующими способами: детонационно-газовая и вакуумно-плазменная обработка, наплавка, гальванопокрытие, металлизация напылением, электроэрозионное легирование.

Среди рассматриваемых методов все более широкое применение находит метод электроэрозионного легирования (ЭЭЛ) [1, 2, 3]. По своим достоинствам он не только не уступает рассматриваемым методам, а во многих случаях превосходит их.

Физические процессы, протекающие при электроэрозионном легировании, предотвращают проявление таких агрессивных видов износа,

как абразивный и схватывание. При этом живучесть легированного слоя определяется развитием усталостных процессов.

Цель работы состоит в повышении износо- и жаростойкости деталей ЭЭЛ электродом, материал которого обеспечит формирование в поверхностном слое метастабильных структур, которые под воздействием давления и температуры способны к многократным фазовым превращениям. Для поиска таких материалов электродов разработан алгоритм, основанный на методе последовательного приближения.

Материал и результаты исследований. Несмотря на широкие возможности метода электроэрозионного легирования, эффективность его применения в машиностроении незначительна. Это объясняется низкой производительностью процесса, отсутствием технологических приемов управления, сплошностью легированного слоя, высоким уровнем его шероховатости и отсутствием рекомендаций по целенаправленному выбору материала электрода, обеспечивающего максимальное повышение эксплуатационных свойств деталей, работающих в конкретных условиях.

В последние годы разработаны технологические приемы, позволяющие осуществлять ЭЭЛ с любой заданной сплошностью поверхностного слоя, а также создано оборудование, резко повысившее производительность процесса [3, 4, 5].

В зависимости от силовых, скоростных и тепловых параметров очага трения на деталях проявляются следующие виды износа [6]: окислительный, схватывание первого и второго рода, абразивный, усталостный и термоусталостный. Каждый из них характеризуется своей удельной работой разрушения поверхностного слоя. Поэтому задача повышения износостойкости решается путем создания необходимых условий для перехода от менее энергоемкого вида разрушения к более энергоемкому. Наименьшей энергоемкостью из перечисленных видов обладает абразивный износ. Для его ликвидации достаточно повысить твердость поверхностного слоя детали до уровня, определяемого соотношением $H_p > 1,2 \cdot H_1$, где H_1 – твердость абразива; H_p – твердость изнашиваемого материала.

Из теории прочности [7] известно, что основу приемов повышения твердости металлов составляет искусственное создание сопротивления перемещению дислокаций. Сопротивление перемещению дислокаций могут оказывать: атмосферы Коттрела и Судзуки, состоящие из примесных атомов, двух- или трехмерные стопоры в виде сетки субграниц и выделения другой фазы.

Известно, что в процессе ЭЭЛ образуется упорядоченная трехмерная ячеистая структура. Кроме того, происходит насыщение легированного слоя компонентами газовой фазы и элементами, входящими в состав материала



электрода. В результате легированный слой приобретает твердость от 12000 до 40000 МПа [13].

При обработке металлов давлением обычно абразивом являются окислы железа. Наибольшей твердостью из них (10000 МПа) обладает γ – Fe_2O_3 [7]. Поэтому после ЭЭЛ металлокерамическими электродами на поверхности деталей отсутствуют следы абразивного воздействия.

Предотвратить схватывание первого рода позволяют следующие мероприятия [8]: использование в качестве пары трения материалов, кристаллические решетки которых существенно отличаются своими параметрами и формированием между их поверхностями твердых или жидких разделительных пленок.

Интенсивность схватывания второго рода уменьшается при повышении температур плавления и ползучести поверхностного слоя материалов [8].

При ЭЭЛ электродом, содержащими тугоплавкие элементы и их соединения, выполняются оба условия, поскольку легирование этими элементами повышает температуру плавления исходного материала, а образование трехмерной ячеистой субструктуры способствует повышению температуры ползучести.

Таким образом, в результате ЭЭЛ наиболее распространенными электродами типа ВК и ТК автоматически выполняются условия, предотвращающие проявление абразивного износа и схватывания. После такого вида обработки детали начинают работать в условиях окислительного износа. Поэтому применение ЭЭЛ для обработки деталей, работающих в различных условиях, практически всегда дает положительные результаты [9], хотя при этом редко удается добиться повышения износостойкости более чем в 1,5-2 раза. Поэтому дальнейшее повышение служебных свойств деталей невозможно без целенаправленного поиска материалов электродов, учитывающего конкретные условия ее работы и базирующегося на современных достижениях науки.

Под воздействием трения исходный поверхностный слой материала претерпевает ряд последовательных переходов из одного состояния в другое, об этом свидетельствует присутствие продуктов фазовых превращений, вызываемых закалкой, отпуском и вторичной закалкой [8]. Этому способствует нагрев материала в очаге трения до температур выше критических с последующим быстрым охлаждением до комнатных температур, причем критические точки могут существенно снижаться под действием деформации. Эта особенность процесса позволяет использовать фазовые превращения для поглощения энергии, поступающей из очага трения без разрушения поверхностного слоя материала.

Существует принципиальная возможность искусственного создания материала поверхностного слоя на деталях, структура которого под воздействием энергии очага трения способна к многократным фазовым превращениям, а процесс нарушения ее обратимости может протекать по пути последовательных карбидных превращений.

В качестве управляющих факторов при создании такого слоя могут быть использованы: электрический режим обработки, химические элементы, вводимые в состав легированного слоя, и их процентное содержание, а также технологическая схема обработки (одноразовая или многоразовая).

Для целенаправленного поиска материала электродов, обеспечивающих создание поверхностного слоя с заданными свойствами, предлагается использовать алгоритм, в основу которого положен метод последовательного приближения. В качестве функции отклика он позволяет использовать: сравнительную износо-, жаро- и коррозионную стойкость; твердость; учитывать наличие и процентное содержание карбидной фазы, ее видовой состав и процентное соотношение различного типа карбидов; наличие и состав интерметаллидов. С его помощью осуществляется выбор материалов электродов в зависимости от конкретных требований к служебным свойствам деталей (Рисунок 1).

Согласно алгоритма, вначале из известных сплавов выбирают базовый материал электрода, обеспечивающий метастабильный фазовый состав, например сплав с повышенным содержанием Cr или Ni. Осуществляют им ЭЭЛ образцов и определяют полученный химический и фазовый состав легированного слоя. Далее проводят испытания образцов на стойкость в условиях, моделирующих условия работы реальных деталей. После каждого цикла испытаний проводят сравнения соотношения M_{rt} , F_{rt} , A_{ust} и исходного состояния. В зависимости от полученных результатов корректируют первоначальный материал электрода путем дополнительного введения или повышения процентного содержания элементов, способствующих выклиниванию α - или γ -фазы.

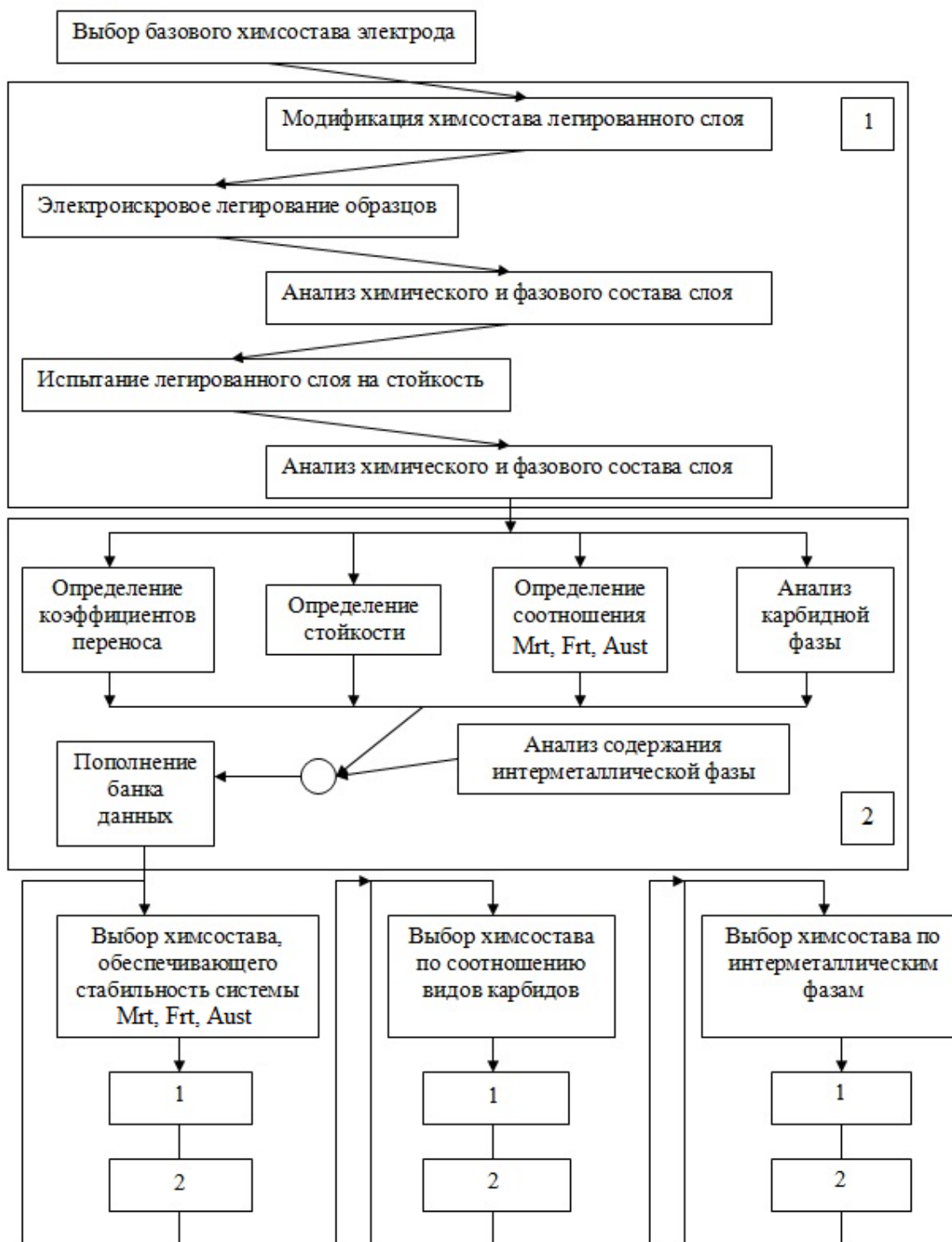


Рис. 1. – Алгоритм поиска материала электрода

Таким образом, после ряда последовательных приближений достигают стабилизации данной системы. Аналогичным образом осуществляют уточнение химического состава электрода с требуемым соотношением вида карбидов и интерметаллидов.

Вывод. Физические процессы, протекающие при ЭЭЛ, обеспечивают

создание условий, предотвращающих такие агрессивные виды износа, как абразивный и схватывание. При этом живучесть легированного слоя определяется развитием усталостных процессов. Это ограничивает повышение его износостойкости более чем в 2 раза по сравнению с исходным материалом. Для повышения служебных свойств деталей необходимо осуществлять обработку таким материалом электрода, который обеспечит формирование в поверхностном слое метастабильных структур, способных под воздействием давления и температурного очага трения к многократным фазовым преобразованиям. Для поиска таких материалов электродов разработан алгоритм, основанный на методе последовательного приближения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Восстановление деталей машин : Справочник / Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., Константинов В.М. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Лебедева А.П. Восстановление деталей машин : Справочник / Лебедева А.П., Погорелова Т.Н. – М. : Наука, 2003. – 672 с.
3. Метелін Є.П. Технологія та матеріали для ремонтно-відновлювальних робіт : навч. посіб. / Метелін Є.П. – Дніпропетровськ : Національна гірнична академія України, 2003. – 129 с.
4. Кіяновський М.В. Електрофізичні та електромеханічні методи обробки поверхонь у машинобудуванні : навч. посіб. / Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. – Кривий Ріг : Видавничий центр КТУ, 2011. – 412 с.
5. Тарельник В.Б. Комбинированные технологии электроэрозионного легирования. – К.: Техника, 1997. – 127 с.
6. Шилов П.М. Технология производства и ремонт горных машин / Шилов П.М. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1986. – 400 с.
7. Дідик Р.П. Фізичні основи міцності: Підручник / Дідик Р.П., Кузнецов Є.В., Забара В.М. – Д. : Наука та освіта, 2005. – 608 с.
8. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А., и др. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.
9. Верхотуров А.Д. Классификация, разработка и создание электродных материалов для электроискрового легирования / А.Д. Верхотуров, С.В. Николенко // Упрочняющие технологии и покрытия – М.: Изд-во "Инновационное машиностроение", 2010. – № 2. – С. 13-22.