

УДК 621.793.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ГАЗОПЛАМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ОТ МОЩНОСТИ РАЗРЯДА ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИИ

Лузан С.А., д.т.н., профессор

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Установлено, что электроискровое легирование напыляемого газопламенного покрытия ПГ-10Н-01 повышает его износостойкость. Определена теоретическая зависимость скорости изнашивания газопламенного покрытия порошком ПГ-10Н-01 от мощности разряда при ЭИЛ.

Введение. С целью обеспечения необходимой прочности сцепления покрытия, напыляемого газопламенным способом, на поверхности упрочняемой или восстанавливаемой детали создается шероховатость.

Для этого применяется ряд способов подготовки поверхности: обработка дробью, струйно-абразивная обработка, шлифование, нарезка треугольная, насечка зубилом, накатка, нарезка рваной резьбы, электроэрозионная и т.п. Электроэрозионная обработка, в отличие от остальных способов, позволяет обеспечить требуемую шероховатость при обработке стальных поверхностей твердостью более HRC 40. Кроме этого метод электроискрового легирования (ЭИЛ) позволяет обрабатывать и напыляемое покрытие, изменяя его свойства.

Анализ публикаций и исследований. Электроискровое легирование, как разновидность электроискровой обработки, относится к электрофизическим методам. Метод ЭИЛ создан Б.Р. Лазоренко и Н.И. Лазоренко одновременно с методом размерной электроэрозионной обработки в 1943 г. [1].

В дальнейшем исследованию процессов ЭИЛ и анализу теоретических и экспериментальных исследований посвящены также работы ученых: Б.Н. Золотых, Г.В. Самсонова, А.Д. Верхотурова, М.К. Мицкевича, Л.С. Палатника, К.К. Намитокова, Б.И. Ставицкого, Г.П. Иванова, И.А. Подчерняевой, В.А. Кима, Ю.И. Мулина, Р. Pereteatcu др. [2].

Сущность метода заключается в разрушении оксидной пленки, а также переносе материала электрода на обрабатываемую поверхность под действием небольших, многочисленных искровых разрядов, которые вызваны выпрямленным пульсирующим током.

Основным достоинством данного метода является возможность управлять фазовым составом, применяя в качестве электродных материалов для формирования поверхностного слоя различные металлы, их сплавы, карбиды, нитриды и др., получать высокую твердость этих слоёв, упрочнять только необходимые места без прогрева всей детали. Покрытия, полученные с помощью ЭИЛ, имеют мелкодисперсную структуру, высокую прочность

сцепления с упрочняемой основой, а также высокой сопротивляемостью схватыванию и коррозии, в связи формированию так называемой “белой” зоны покрытия, представляющей собой квазиравновесную систему, поверхностная энергия которой близка к нулю. В настоящее время метод ЭИЛ применяется в промышленности для повышения износостойкости и твердости поверхности деталей машин, в том числе для работы в условиях повышенных температур, жаростойкости и коррозионной стойкости поверхности, долговечности металлорежущего и штампового инструмента, восстановления изношенных поверхностей деталей машин при ремонте.

Кроме этого, изменяя технологические параметры электроискровой установки, можно управлять величиной создаваемой шероховатости, а, применяя различные материалы для анода – управлять уровнем остаточных напряжений в напыленном покрытии и переходной зоне покрытие-основа [3]. Необходимо отметить, что для ЭИЛ твердость обрабатываемой поверхности практически значения не имеет. Проведены исследования по влиянию электроискрового легирования на повышение качества газопламенных покрытий с поверхностью детали, которые показали увеличение прочности сцепления покрытия с основой, его микротвердости, снижение пористости по сравнению с покрытиями нанесенными по традиционной технологии [4].

Поэтому проблема повышения качества напыляемых покрытий, в том числе его износостойкости, является актуальной для обеспечения ресурса новых и восстановленных деталей машин.

Цель исследования. Установить влияние мощности разряда при электроискровом легировании напыляемого покрытия системы Ni-Cr-B-Si на его скорость изнашивания.

Результаты исследования. Прочность сцепления напыленного покрытия с основой является одним из основных показателей качества, который определяет область его применения [5]. Поэтому с целью получения возможности проектирования покрытия с заданной прочностью сцепления с основой были проведены исследования по определению зависимости прочности сцепления от мощности разряда при ЭИЛ, результаты представлены на рис. 1.

Электроискровая обработка производилась до напыления покрытия и в процессе нанесения покрытия за счет смещения зон газопламенного напыления и электроискрового легирования на 1800. Мощность разряда при электроискровой подготовке напыляемой поверхности составляла 100 Вт, в случае применения электрода из сплава ПГ-10Н-01, и 150 Вт при использовании нихромового электрода Х20Н80, что обеспечивало получение шероховатости напыляемой поверхности $Rz = 8,0$ мкм.

Анализируя характер экспериментальных кривых, можно сделать вывод, что с увеличением мощности разряда при ЭИЛ прочность сцепления покрытия с основой повышается. Характер повышения прочности сцепления у покрытия при использовании в качестве материалов катода из сплава ПГ-10Н-01 и нихрома Х20Н80 одинаковый. Более высокая прочность сцепления покрытия

ПГ-10Н-01 с основой из стали 45 обеспечивается при применении электрода, изготовленного из материала покрытия ПГ-10Н-01.

Аппроксимируя экспериментальные зависимости получили следующие уравнения, которые представляют собой полиномиальные функции третьей степени.

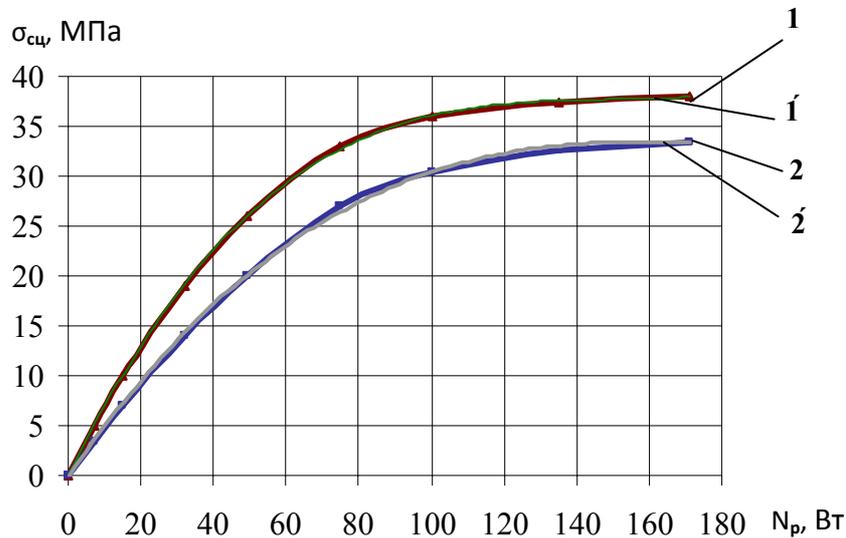


Рисунок 1– Прочность сцепления покрытия ПГ-10Н-01 с основой из стали 45 в зависимости от мощности разряда при ЭИЛ: 1, 2 – экспериментальные; 1', 2' – аппроксимирующие кривые; 1 – ПГ-10Н-01; 2 – нихром Х20Н80

$$\sigma_{сц1} = 1 \cdot 10^{-5} N_p^3 - 0,005 N_p^2 + 0,745 N_p, \quad (1)$$

$$\sigma_{сц2} = 4 \cdot 10^{-6} N_p^3 - 0,003 N_p^2 + 0,526 N_p. \quad (2)$$

Коэффициенты корреляции составляют $R1=0,9999$ и $R2=0,9995$. Полученные теоретические зависимости (1, 2) представляют собой математические модели прочности сцепления покрытия ПГ-10Н-01 с основой из стали 45 в зависимости от мощности разряда при ЭИЛ электродами из сплава ПГ-10Н-01 и нихрома Х20Н80.

Учитывая, что напыляемый порошок марки ПГ-10Н-01 является представителем группы порошковых материалов из самофлюсующихся сплавов, можно предположить, что и для других порошковых материалов этой группы зависимость прочности сцепления от мощности разряда будет аналогичной.

В монографии [6] приведены результаты работы по нормированию скоростей изнашивания типовых деталей шасси колесных тракторов класса 30 кН. Однако, использовать имеющиеся сведения о скоростях изнашивания деталей, установленных на основе статистических данных по наработке, для оценки износостойкости восстановительных покрытий не представляется возможным, поскольку они не привязаны к определенной наработке машин, а

представляют собой обобщенную характеристику, полученную на основе выборок с наработкой от 3,0 до 10,0 тыс. ч. Следует также отметить, что часть деталей машин работает под нагрузкой с перерывами и поэтому наработка этих деталей под нагрузкой значительно меньше наработки машины в целом. Оценка скоростей изнашивания, вычисленная по наработке машины, является условной и для таких деталей не может рассматриваться как характеристика фактической износостойкости рабочей поверхности детали [6].

Поэтому сравнительную оценку износостойкости газопламенных покрытий, напыленных традиционным способом и с применением ЭИЛ, производили по средней скорости изнашивания покрытия ПГ-10Н-01ТУ У 322-19-004-96.

Для определения средней скорости изнашивания напыленного покрытия были выполнены исследовательские работы по определению величины износа от наработки сопряжения. Сравнительные испытания по изнашиванию газопламенных покрытий проводили на машине трения типа МИ по схеме диск-колодка в среде индустриального масла марки И-20 при следующих режимах: средняя окружная скорость скольжения 0,42 м/с, удельное давление на колодку при нормальном механохимическом процессе изнашивания составляло 8,0 МПа, площадь поверхности трения 1,8 см². Диски и колодки изготавливали из стали 45, покрытие напылялось на диск, колодки подвергались термообработке (закалка и отпуск) до твердости HRC 50. Оценка величины линейного износа производили по формуле [7]:

$$I = \frac{\Delta G}{\gamma \cdot F}, \quad (3)$$

где ΔG – изменение массы образца при испытании, кг;

γ – плотность изношенного материала, кг/м³;

F – площадь контакта образцов, м².

Результаты экспериментальных исследований скорости изнашивания в зависимости от мощности разряда при ЭИЛ приведены на рис. 2.

В качестве электрода для электроискровой обработки напыляемой поверхности и износостойкого покрытия ПГ-10Н-01 применялся электрод, изготовленный из того же материала, т.к. обеспечивает наибольшую прочность сцепления покрытия с основой (рис. 1).

Из экспериментальной зависимости (рис. 2) делаем вывод, что с увеличением мощности разряда при ЭИЛ скорость изнашивания газопламенных покрытий ПГ-10Н-01 уменьшается: с 1,18 до 0,67 мкм/ч, т.е. в 1,76.

Аппроксимируя экспериментальную кривую, получили теоретическую зависимость скорости изнашивания (V) газопламенного покрытия ПГ-10Н-01 от мощности разряда при ЭИЛ (N_p), которая представляет полиномиальную функции третьей степени:

$$V = -2 \cdot 10^{-7} N_p^3 + 7 \cdot 10^{-5} N_p^2 - 0,0105 N_p + 1,1588 \quad (4)$$

Полученная математическая модель позволяет прогнозировать ресурс упрочненных новых или восстановленных деталей.

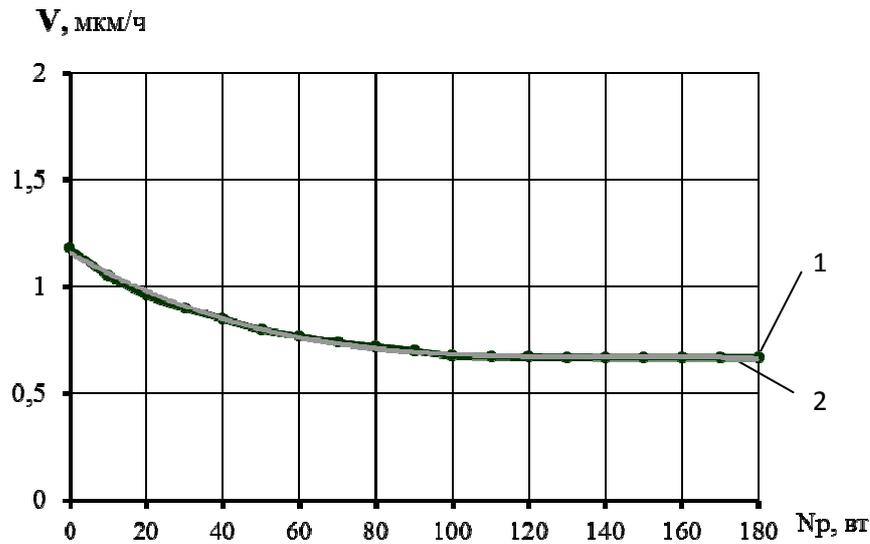


Рисунок 2 – Скорость изнашивания восстановительных покрытий в зависимости от мощности разряда при ЭИЛ: 1 – экспериментальная кривая, 2 – аппроксимирующая кривая

Полученная математическая модель позволяет прогнозировать ресурс упрочненных новых или восстановленных деталей.

Выводы. На основе проведенных исследований установлено, что электроискровое легирование напыляемого газопламенного покрытия ПГ-10Н-01 системы Ni-Cr-B-Si электродом, изготовленным из того же материала, повышает его износостойкость.

Результаты экспериментальных исследований показали, что скорость изнашивания напыленных покрытий порошком ПГ-10Н-01 с увеличением мощности разряда при ЭИЛ до 180 Вт снижается в 1,76 раз по сравнению с покрытиями, напыленными по традиционной технологии.

Установлена теоретическая зависимость скорости изнашивания газопламенного покрытия порошком ПГ-10Н-01 системы Ni-Cr-B-Si от мощности разряда при ЭИЛ.

Список литературы

1. Лазаренко Б.Р. Современный уровень развития электроискровой обработки металлов / Б.Р. Лазаренко, Н.И. Лазаренко // Электронная обработка материалов. – 1977. - № 3. – С. 12-16.

2. Коротаев Д.Н. Создание износостойких покрытий электроискровым легированием в окислительных средах и инертных средах с оптимизацией режимов и использованием твердосплавных электродов: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. техн. наук : спец. 05.02.01 «Материаловедение» / Д.Н. Коротаев. – [ГОУВПО «Сибирская государственная автомобильно-

дорожная академия»]. – Омск, 2009, - 35 с.

3. *Лузан С.А.* Обоснование параметров виброобработки газопламенных покрытий, снижающих уровень остаточных напряжений // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Вып. 27. Технические науки. – Симферополь : НИЦ КИПУ, 2011. – С. 83-87.

4. *Лузан С.А.* Интегрирование технологий газопламенного напыления с электроискровым легированием для обеспечения безопасной эксплуатации изделий / С.А. Лузан // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 107, Т. 2. – С. 323-328.

5. *Пузряков А.Ф.* Теоретические основы технологии плазменного напыления: / А.Ф. Пузряков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.– 360с.

6. *Кухтов В.Г.* Долговечность деталей шасси колёсных тракторов / Кухтов В. Г. – Харьков : ХНАДУ, 2004. – 292 с.

7. Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей : ГОСТ 23.224-86. – [Действующий с 1987-01-01]. – М. : Госкомитет СССР по стандартам, 2005 – 20 с.

Анотація

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ШВИДКОСТІ ЗНОШУВАННЯ ГАЗОПОЛУМЕНЕВИХ ПОКРИТТІВ ВІД ПОТУЖНОСТІ РОЗРЯДУ ПРИ ЕЛЕКТРОІСКРОВОМУ ЛЕГУВАННІ

Лузан С.О.

Встановлено, що електроіскрове легування напылюваного газополуменевого покриття ПГ-10Н-01 підвищує його зносостійкість. Визначена теоретична залежність швидкості зношування газополуменевого покриття порошку ПГ-10Н-01 від потужності розряду при ЕІЛ.

Abstract

THE STUDY OF THE DEPENDENCE OF WEAR RATE GASOFLAME COATING FROM THE DISCHARGE POWER AT ELECTROSPARK ALLOYING

S. Luzan

It is established that electrospark alloying gasoflame sprayed coating PG-10H-01 increases its durability. Defined theoretical dependence of the wear rate of gasoflamecoating powder PG-10H-01 from the discharge power at ESA.