



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2014, Том 5, № 2, С. 226 – 230

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
<http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@khstu.ru>

УДК 621.9

© 2014 г. О. В. Казанников,
В. Г. Алексеенко

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА ЭИЛ ПРИ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Исследуется возможность повышения интенсивности массопереноса при реализации процесса ЭИЛ штамповой стали 5ХГМ путем удаления из зоны легирования твердой фазы. Положительный эффект увеличения скорости массопереноса дал обдув зоны легирования воздухом 0,15 МПа. Так как при обдуве температура и влажность потока воздуха соответствовали техническим нормам производственных помещений, в которых производилось легирование без обдува, можно сделать вывод, что данные результаты получены за счет удаления из зоны легирования твердой фазы. Давление обдува может быть ограничено минимальной величиной 0,15 МПа.

Ключевые слова: электроискровое легирование, восстановление деталей, массоперенос, сплавы.

O. V. Kazannikov, V. G. Alexeenko

IMPROVING PERFORMANCE METHOD ESA WHEN SIZING PARTS

The possibility of increasing the intensity of mass transfer in the process of realization of the ESA 5HGM die steel by removing from the area of doping of the solid phase. The positive effect of increasing the rate of mass transfer zone gave blowing air doping 0.15 MPa. Since when blowing temperature and humidity of air flow keeping with the technical standards of production facilities, which produced doping without blowing, it can be concluded that the results obtained by the removal of the solid phase doping zone. Blowing pressure can be limited to 0.15 MPa minimum.

Keywords: tension doping, restoration parts, mass transfer, alloys.

Исследуется возможность повышения интенсивности массопереноса при реализации процесса ЭИЛ штамповой стали 5ХГМ путем удаления из зоны легирования твердой фазы. В качестве электродных материалов (ЭМ), для сравнительной оценки выбраны следующие сплавы: ВК6, Т15К6 (традиционно используемые твердые сплавы для упрочнения поверхностей); Cr (карбидообразующий); 11Х15Н25М6АГ2 (сложнолегированная сталь, имеющая в своем составе карбидообразующие и легирующие и пластифицирующие элементы), а также вновь созданные методом алюминотермии сплавы, систем W-Cr-Co и W-Ni-Cr, имеющие в своем составе легирующие элементы, позволяющие повысить твердость и уменьшить хрупкость измененного поверхностного слоя [1,2]. Данная работа является частью комплексного исследования направленного на получения на поверхности инструментов качественных покрытий, с применением синтезированных ЭМ для повышения стойкости инструментов и производительности самого процесса ЭИЛ.

Экспериментальным путем установлено, что в зависимости от материала электродов и энергии разряда на поверхности катода в зоне действия импульсных разрядов (межэлектродном промежутке) может находиться до 30% эродированного материала электродов в виде свободных дисперсных частиц размером от 0,1 до 120 мкм. Учеными Верхотуровым А. Д., Кимом В. А., Химухиным С.Н., Коротаевым Д.Н. проводились исследования процесса ЭИЛ в различных средах. При этом приоритеты в работах отдавались защите зоны легирования от кислорода и азота, рассматривались зависимости эрозии и массопереноса от термодинамических и физико-химических свойств межэлектродного газа, в том числе вакуума. Итогами их исследований были повышения микротвердости, износостойкости и общей динамики процесса массопереноса. В результате анализа данных о механизме процесса ЭИЛ и влиянии на него межэлектродного пространства, была выдвинута гипотеза о негативном влиянии твердой фазы на скорость массопереноса. Осколки электродов величиной от 10 до 120 мкм, попадая в зону легирования, не закрепляются прочно на обрабатываемой подложке, а при соприкосновении анода и катода могут быть оторваны. Закрепленные частицы у краев расплавленных ванн подвергаются бомбардировке последующими электроискровыми разрядами, сопровождающимися массопереносом, при этом в значительной мере увеличивается пористость и повышается шероховатость ИПС. Для проверки данной гипотезы, учитывая небольшую массу твердых частиц, а также для улучшения качественных характеристик образуемого покрытия производился обдув поверхности легирования струей сжатого воздуха давлением 0,1-0,15 МПа на расстоянии 20 мм от зоны легирования. Основным изменяемым технологическим параметром процесса ЭИЛ принята приведённая величина энергии W_{II} (кДж/см²), затрачиваемая на образование покрытия площадью в 1 см², учитывающий длительность искрового импульса τ_{II} 10⁻⁶с, частота следования импульсов f_{II} , Гц. Данный параметр, предложенный профессорами Верхотуровым А.Д. и Мулиным Ю.И., позволяет воспроизводить процесс обработки методом ЭИЛ на любых моделях установок с достаточной точностью [3]. Анализ продуктов эрозии с целью количественного определения объемной доли фракции сферической формы (жидкая фаза) и осколочной (твердая фаза), проводили с помощью микроскопа МИМ-10 по методике определения размеров частиц и объемной доли фракции описанной в ГОСТ 23402-78. В таблице 1 приведены значения гранулометрического состава продуктов эрозии при ЭИЛ традиционно (без удаления эродированных твердых частиц).

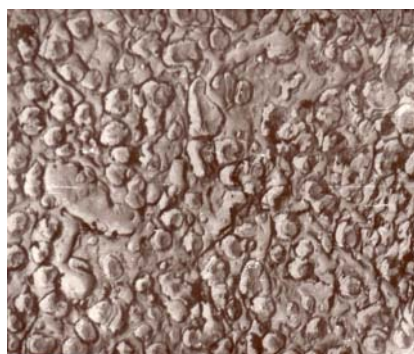
При проведении исследования наибольшие показатели по содержанию имеют твердые сплавы ВК6 и Т15К6, а наименьший 1Х15Н25М6АГ2.

Таблица 1

Усредненный гранулометрический состав продуктов эрозии при ЭИЛ подложки из стали 5ХГМ, $W_{\text{п}}=6$ кДж/см², $f_{\text{п}}=500$ Гц

Материал анода	Шарообразные частицы		Твердые частицы	
	Диаметр, мкм	Содержание, %	Размер, мкм	Содержание, %
11Х15Н25М6АГ2	9 – 130	72	30 – 120	28
Cr	8 – 80	59	20 – 90	41
W-Ni-Cr	10 – 100	68	10 – 110	32
W-Cr-Co	15 – 110	49	40 – 110	51
ВК6	20 – 90	33	20 – 90	67
T15K6	18 – 110	35	18 - 100	65

На поверхности покрытия, образованного из твердожидкой фазы продуктов эрозии W-Ni-Cr (Рис. 1) виден глубокий рельеф образования механической смеси Fe-Ni и W-Ni-Cr, также видны участки расплавленного металла и присутствующие в расплаве частицы ("осколочной") неправильной формы. Видны небольшие брызги, поры, возникающие при затвердевании, а также трещины термические, следы взрывов переносимых частиц в верхней части при хрупком разрушении из-за воздействия искровых разрядов.



×1000

Рис. 1. Вид поверхности покрытия, образованного электродным материалом W-Ni-Cr (твердожидкая фаза)

В результате визуального исследования можно сделать вывод о влиянии фаз продуктов эрозии на качество образования поверхности покрытий. Наличие в продуктах эрозии частиц "неправильной" формы, особенно крупных, приводит к формированию на поверхности повышенной шероховатости микрорельефа и образованию микротрещин и пор, размер и количество твердых частиц пропорционально зависят от температуры плавления используемых электродных материалов и величины $W_{\text{п}}$. Большое количество незакрепленных частиц хрупкого разрушения находятся на поверхности зоны легирования.

Для изучения скорости массопереноса (основного показателя производительности процесса ЭИЛ) в работе использовался гравиметрический метод, который позволяет достаточно точно определять направление и эффективность переноса материала с электрода на поверхность инструмента. Удельную эрозию анода $\Delta^{\text{а}}$ и привес катода $\Delta^{\text{к}}$, при исследовании массопереноса оценивали взвешиванием образцов до и после обработки, а также через каждую минуту обработки на весах CAUW-D 120D с точностью до 0,0001

г. Для определения средних арифметических значений указанных параметров использовали шесть измерений. По распределению Стьюдента, с надёжностью 0,95 определяли доверительный интервал. Коэффициент массопереноса материала рассчитывали по формуле $K = \sum \Delta^k / \sum \Delta^a$ при постоянном времени легирования для каждого электродного материала. Определены зависимости массопереноса в условиях производственных помещений и при обдуве зоны легирования воздухом комнатной температуры давлением 0,1МПа. Построены соответствующие графики зависимости изменения удельной массы катода и анода от величины приведенной энергии $W_{пр}$. На рис.2 представлена типовая зависимость изменения удельной массы катода и анода от величины приведенной энергии при обдуве поверхности легирования и без него.

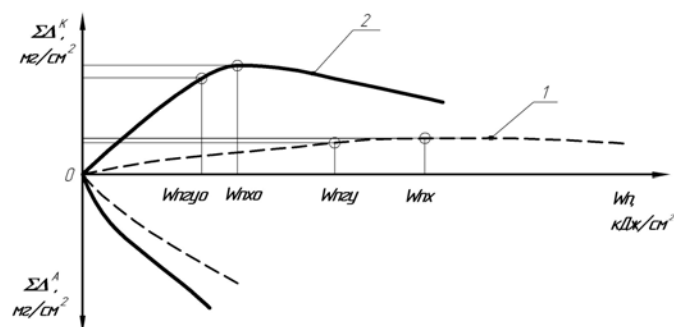


Рис.2. Зависимости изменения удельной массы катода и анода от величины приведенной энергии $W_{пр}$. 1- без обдува поверхности, 2- с обдувом поверхности. $W_{пр(о)}$ - граница окончания процесса ЭИЛ с обдувом и без, $W_{прх(о)}$ – порог хрупкого разрушения с обдувом и без.

Таблица 2

Результаты измерения параметров поверхностного слоя процесса ЭИЛ при обработке образцов из стали 5ХГМ соответствующими электродами.

Материал электрода	Характеристики границы окончания процесса ЭИЛ						Характеристики порога разрушения	
	$\sum \Delta_{пр}^k$ мг/см ²		$K = \sum \Delta^k / \sum \Delta^a$		$W_{прх}$ кДж/см ²		$\sum \Delta_{max}^k$ мг/см ²	
	С обд у-вом	Без обд у-ва	С обд у-вом	Без обду-ва	С обд у-вом	Без обду-ва	С обдувом	Без обдува
Cr	13,2	5,0	0,61	0,44	4,1	10,8	15,2	6,4
ВК8	12,5	8,2	0,67	0,47	9,0	18,3	13,2	10,0
T15K6	13,0	8,0	0,68	0,45	9,5	11,5	15,2	10,0
11X15H25M6AG2	15,2	14,0	0,71	0,51	15,0	28,5	16,3	15,0
W-Cr-Co	16,0	14,2	0,72	0,54	13,0	25,5	18,0	15,5
W-Ni-Cr	15,8	13,2	0,73	0,52	12,9	26,2	19,2	16,8

Положительный эффект увеличения скорости массопереноса дал обдув зоны легирования воздухом 0,15 МПа с использованием бытового. Показатель $W_{пр}$ уменьшился в 1,2 – 2,3 раза, а $\sum \Delta_{пр}^k$ увеличилась в 1,08 – 1,7 раза. Так как при обдуве температура

и влажность потока воздуха соответствовали техническим нормам производственных помещений, в которых производилось легирование без обдува, можно сделать вывод, что данные результаты получены за счет удаления из зоны легирования твердой фазы. Давление обдува может быть ограничено минимальной величиной 0,15 МПа.

Список литературы

- [1] Мулин Ю. И. Синтез электродных материалов из концентратов минерального сырья методом алюминотермии для обработки деталей автомобилей / Ю.И. Мулин, О.В. Казанников, Е. С. Коваленко // Проблемы транспорта Дальнего Востока: материалы восьмой международной научно-практической конференции (Владивосток 30 сентября – 2 октября 2009 г.) / Владивосток: ДВО Российской академии транспорта, с 141 – 142.
- [2] Патент №2428279 (51) МПК В22F 3/00. Способ получения композиционных материалов W-Cr-Co и W-Ni-Cr из вольфрамосодержащего минерального сырья/ Ю.И. Мулин, В.Д. Власенко, О.В. Казанников, Е. С. Коваленко, А.С. Мулин - №2010112183/02; заявлено 29.03.2010; опубликовано 10.09.2011, Бюл.№25 – 1 с.
- [3] Мулин Ю. И. Электроискровое легирование рабочих поверхностей инструментов и деталей машин электродными материалами, полученными из минерального сырья / Ю. И. Мулин, А. Д. Верхотуров. – Владивосток :Дальнаука, 1999. – 110 с.
- [4] Kazannikov O.V. Electric discharge machining process as a method to increase working life and wear resistance of wood cutting saw blades / Ju. I Mulin, O.V. Kazannikov // Modern materials and technologies 2011: International XIth Russian – Chinese Symposium. Proceedings. – Khabarovsk: Pacific National University – 2011 - p 327 – 332.