DOI: 10.17117/na.2016.10.03.351

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.351.pdf>

Поступила (Received): 01.10.2016

Эдигаров В.Р., Алимбаева Б.Ш., Перков П.С. **Упрочнение поверхностных слоев деталей** **электрохимической обработкой с дополнительной** **деформацией поверхностного слоя**

Edigarov V.R., Alimbayeva B.Sh., Perkov P.S.
Hardening of blankets of details electrochemical
processing with additional deformation of a blanket

Рассмотрено влияние комбинированной электрохимической обработки с комплексным силовым воздействием на свойства упрочненного поверхностного слоя, изучено влияние на формируемый поверхностный слой в процессе ЭМО дополнительного ударного воздействия.

Динамическое силовое воздействие в процессе ЭМО обеспечивает достижение более высоких значений микротвердости поверхностного слоя

Ключевые слова: электрохимическая обработка, термо-деформационное воздействие, динамическое нагружение, зона деформации

Influence of the combined electrochemical processing with complex power impact on properties of the strengthened blanket is considered, influence on the formed blanket in the course of EMO of additional shock influence is studied. Dynamic power influence in the course of EMO provides achievement of higher values of microhardness of a blanket

Key words: electrochemical processing, thermo-deformation influence, dynamic loading, deformation zone

Эдигаров Вячеслав Робертович

Кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры

Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск

Edigarov Vyacheslav Robertovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Chief of Department

Omsk autoarmoured engineering institute, Omsk

Алимбаева Ботагоз Шайдуловна

Кандидат технических наук, доцент

Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск

Alimbayeva Botagoz Shaydulovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Omsk autoarmoured engineering institute, Omsk

Перков Павел Сергеевич

Аспирант

Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск

Perkov Pavel Sergeyevich

Graduate

Omsk autoarmoured engineering institute, Omsk

Большими потенциальными возможностями улучшения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин обладает электрохимическая обработка (ЭМО) [1,2,3,4].

Для ЭМО характерно тепловое воздействие, основным источником которого является прохождение через место контакта поверхности и рабочего

инструмента электрического тока большой силы (до 1500А) и малого напряжения (3-6 В), статическое приложение деформационного усилия, что создает суммарное постоянное по величине термо-деформационное воздействие на зону обработки.

Создание дополнительного деформирующего воздействия при производстве электромеханической обработки за счет динамической составляющей нагрузки, которая формируется в ударной системе и сообщается в зону деформации в виде, например, пролонгированного импульса позволяет увеличить глубину создаваемого упрочненного поверхностного слоя, его твердость, а также измельчить закалочные структуры в момент их формирования.

Возможные сочетания теплового и механического воздействий в ходе ЭМО, могут быть реализованы при использовании постоянного или переменного тока; статического или импульсного пластического деформирования; синхронного или асинхронного приложения ударных и электрических (тепловых) импульсов с запаздыванием или опережением рабочих импульсов относительно друг друга; варьированием числа (частоты) ударных импульсов за длительность одного электрического, с использованием волновых процессов, в т.ч. с пролонгацией ударного импульса и т.д.

Такие разновидности электромеханической обработки как электромеханическая обработка с динамическим силовым воздействием (ЭМОсДСВ), с импульсными ударными нагрузками (ЭМИО) [2,4] позволяют достичь наибольшей интенсивности температурно-силового воздействия на материал в процессе обработки. При ЭМО одновременно с пропусканием электрического тока через место контакта рабочего инструмента и обрабатываемой поверхности создаются ударные силовые импульсы, синхронные с импульсами электрического тока, при этом длительность и частота этих импульсов равна электрическим импульсам. Такое изменение технологии традиционной электромеханической обработки со статическим действием контактной нагрузки позволяет существенно повысить скорость тепловых и деформационных процессов и создать условия для увеличения количества энергии динамического воздействия, затрачиваемого на пластическое деформирование поверхностного слоя, его пролонгации.

Особенности влияния дополнительного ударного воздействия в процессе ЭМО исследовались на цилиндрических диаметром 50 мм изготовленных из стали марок 45 и 38ХС в нормализованном исходном состоянии, подвергнутых комбинированной электромеханической обработке с динамическим силовым воздействием (ЭМОсДСВ). Обработка проводилась в один проход. Выбор в качестве объекта исследования вышеуказанных сталей объясняется их широким использованием в машиностроении и в частности в узлах многоцелевых гусеничных машин, к которым предъявляются высокие требования по надежности, прочности и износостойкости.

В процессе «классической» ЭМО со статическим нагружением инструмента наибольшая толщина упрочненного слоя ($h \approx 1 - 3$ мм) достигается при плотности тока 1600 А/мм² и более, причем дальнейшее увеличение плотности тока не приводит к закономерному пропорциональному увеличению h , и более того ведет к снижению некоторых эксплуатационных характеристик поверхностного слоя, связанных, например, с образованием вторичной шероховатости поверхности.

Динамическое силовое воздействие в процессе ЭМО обеспечивает достижение более высоких значений h при значительно меньших плотностях тока.

В процессе проведения экспериментальных исследований силу удара $P_{\text{дин}}$ при ЭМО варьировали от 900 до 2500 Н в соответствии с результатами расчета по формуле (1).

Исследования микротвердости и металлографический анализ поверхностного слоя, полученного при ЭМОсДСВ в один проход, показали, что импульсное энергетическое воздействие на обрабатываемую поверхность и связанные с этим тепловые эффекты приводят к неоднородности свойств в поверхностных и приповерхностных слоях исследуемых сталей.

Рис. 1. Зависимость изменения микротвердости по глубине упрочненного поверхностного слоя для деталей обработанных ЭМО и ЭМОсДСВ, для стали 38ХС при одинаковых значениях V, I

На рис.1 показано распределение микротвердости по толщине упрочненного поверхностного слоя. Установлено, что микротвердость H_{μ} и толщина упрочненного слоя h в значительной степени зависят от режимов обработки – плотности тока j и силы статического и динамического нагружения (силы удара $P_{\text{дин}}$). В приповерхностных объемах для стали 38ХС $H_{\mu} = 6500 \dots 7500$ МПа, а значение h в некоторых случаях может достигать 0,3...0,8 мм, а при больших значениях плотности тока и до 1 мм.

Анализ микроструктуры сталей 45 и 38ХС после динамической электрометрической обработки с разными режимами упрочнения показал в поверхностных слоях наличие зоны так называемого «белого слоя». При этом в зависимости от сочетания деформационного и теплового воздействия на обрабатываемую поверхность «белый слой» может формироваться как на поверхности образца, так и в приповерхностной области, что объясняется образованием избыточной теплоты в зоне обработки которая не успевает отводиться в тело детали, и температура нагрева поверхностного слоя значительно превышает пороговое

значение. В результате возникновения большого количества теплоты происходит незначительный отпуск закаленной на «белый слой» стали. Кроме того, различные режимы импульсной обработки приводят к наличию или отсутствию полос сдвига в зоне упрочнения.

Экстремальные условия, создаваемые в зоне обработки при импульсном температурно-силовом воздействии в ходе ЭМОсДСВ, приводят к возникновению в материале термодинамически неравновесных структур, обусловленных сочетанием дисперсных метастабильных фаз, повышенной субструктурной и концентрационной неоднородностью, ростом несовершенств кристаллического строения. Подобные эффекты становятся причиной повышенной микротвердости «белого слоя», упрочненного ЭМОсДСВ.

Таким образом, изменение характера приложения усилия и пластического деформирования в процессе ЭМО приложение ударного воздействия на поверхность позволяет повысить интенсивность процесса высокотемпературной деформации и способствовать дополнительному упрочнению обрабатываемой поверхности. Сравнительный анализ зависимостей микротвердости по глубине упрочненного поверхностного слоя для деталей обработанных ЭМО и ЭМОсДСВ показывает средний прирост твердости равный 15...30 %, при одинаковых значениях технологических факторов упрочнения (силы тока и скорости обработки). При этом высокие скорости и температуры протекающих процессов способствуют фиксации указанных упрочненных структур на большей глубине поверхностного слоя, что невозможно достичь при традиционной электромеханической обработке со статическим прижатием инструмента к обрабатываемой поверхности. Анализ полученных результатов экспериментов показывает перспективность развития и совершенствования ЭМОсДСВ, исследуемый способ обработки обладает высокими потенциальными возможностями эффективного управления структурно-фазовыми превращениями при ЭМО благодаря воздействию на обрабатываемую поверхность импульсов заданной формы, амплитуды и продолжительности.

Список используемых источников:

1. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. 196 с.
2. Эдигаров, В.Р. Технологии и оборудование комбинированных способов электромеханической обработки. Омск: ОАБИИ, 2014. 280 с.
3. Патент 132751. Российская федерация, МПК В24В 39/04 (2006.01). Державка для комбинированной электромеханоимпульсной обработки. Эдигаров В.Р., Дегтярь В.В., Ушнурцев С.В., Новиков П.Д. [и др.]: заявитель и патентообладатель Эдигаров В.Р. № 2013105500/02; заявл. 08.02.2013; опубл. 27.09.2013, Бюл.№27.
4. Матлин М.М., Дудкина Н.Г., Дудкин А.Д. Особенности формирования упрочненного слоя при электромеханической обработке с динамическим силовым воздействием // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. № 6(30). С.38-41.