

что пользователь может в зависимости от поставленных перед операцией ЭИП задач, варьируя технологическими режимами обработки, с достаточно высокой точностью определить как величину съема металла на сторону, так и величину шероховатости поверхности после ЭИП. При этом пользователю предоставляется возможность вывода на экран фотоснимков поверхности после полирования, а также графических зависимостей изменения высотных параметров микропрофиля поверхности для заданных режимов ЭИП. Часть окон программы «Электроимпульсное полирование» представлено на рисунке 4.

В результате проведенных исследований установлено, что сглаживание шероховатости поверхности коррозионностойких сталей происходит в течение трех этапов. Определяющими факторами, влияющими на процесс сглаживания являются величина исходного микропрофиля, температура электролита и время обработки. Разработанная программа «Электроимпульсное полирование» позволяет в зависимости от режимов обработки с высокой достоверностью определять высотные параметры шероховатости поверхности и величину съема металла на сторону, что позволит более широко использовать метод ЭИП для обработки высокоточных деталей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Синькевич Ю.В. Электроимпульсное полирование деталей из коррозионностойких и углеродистых конструкционных сталей. Автореф. дис. канд. техн. наук. Мн.: БГПА, 1998. – 23 с. 2. H.Dagnall M.A. Exploring surface texture. – Great Britain.: Rank Taylor Hobson, 1980. – 170 p. 3. Синькевич Ю.В., Беляев Г.Я., Янковский И.Н., Войтех А.Ю. Исследование микропрофиля поверхности деталей из углеродистой конструкционной стали при электроимпульсном полировании // Машиностроение. – Мн., 2007. Вып. 22. – С. 12-18. 4. Синькевич Ю.В., Янковский И.Н. Обеспечение геометрических параметров качества поверхности электроимпульсным полированием // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2006. Вып. 32. – С. 200-206. 5. Грилихес С.Я. Электрохимическое и химическое полирование: Теория и практика. Влияние на свойства металлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 232 с.

УДК 621.791

*Мрочек Ж.А., Шадуя В.Л., Кожуро С.Л.*

### **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

При упрочнении и восстановлении поверхностей деталей машин электромагнитной наплавкой (ЭМН) [1] - последняя рассматривается как одна из промежуточных операций формообразования изделий с заданной формой, размерами и комплексом свойств. Обусловлено это тем, что поверхности после наплавки не обладают требуемыми параметрами, например, точностью размеров, шероховатостью поверхности и т.п., в связи с чем их подвергают механической обработке, особенности которой следующие:

- при обработке заготовки детали с покрытием возникает более сложное, чем при обработке компактного однородного материала, напряженно-деформационное состояние, связанное со структурой покрытий, а также возникновением термических напряжений вследствие разных коэффициентов термического расширения покрытия и основного материала;
- различные теплофизические свойства материалов покрытия и основы создают более сложную картину распространения тепловых потоков;
- строение слоя покрытия обуславливает трудность получения поверхностей высокого качества. Изнашивание инструмента в процессе обработки вызывает местные разрушения поверхности покрытия: вырывы частиц, появление царапин и прижигов.

При выборе метода и режима обработки покрытий, полученных ЭМН, важно оценить возможное влияние структуры на свойства материала покрытия и поверхности основы. Кроме того,

следует учитывать, что ЭМН обеспечивает получение толщины наплавленного слоя в пределах  $0,2 < h < 0,6$  мм. Поэтому размерная механическая обработка покрытий зависит от соотношения допусков на размеры заготовки, детали и покрытия соответственно  $\delta_{заг}$ ,  $\delta_{дет}$ ,  $\delta_{п}$ . Возможны три случая:  $\delta_{заг} > \delta_{дет}$  – при любых значениях  $\delta_{п}$  покрытие подвергают размерной обработке;  $\delta_{заг} = \delta_{дет}$  – покрытие подлежит размерной обработке;  $\delta_{заг} > \delta_{дет}$  – при  $\delta_{дет} - \delta_{заг} > \delta_{п}$  исключается размерная обработка покрытия, при  $\delta_{дет} - \delta_{заг} < \delta_{п}$  – покрытие подвергают размерной обработке.

Известно, что способность материала поддаваться резанию принято называть обрабатываемостью. Единой универсальной характеристики обрабатываемости нет. Металл или сплав, обладающий хорошей обрабатываемостью с точки зрения уровня целесообразных скоростей, не всегда может обеспечивать требуемую шероховатость поверхности, так как при этом возникают слишком большие силы резания и наоборот. Кроме того необходимо учитывать, что оценка обрабатываемости имеет всегда относительный характер. Например, допускаемая скорость зависит не только от свойств обрабатываемого материала, но и от качества режущего инструмента. Шероховатость обрабатываемой поверхности тесно связана с геометрическими параметрами инструмента и с условиями резания, при изменении которых можно получить самые различные результаты.

Поскольку при ЭМН в покрытии наблюдаются неоднородные структура и химический состав, а также возможны колебания твердости и внутренние напряжения, то представляет интерес оценка износостойкости покрытий из различных ферропорошков, нанесенных ЭМН и обработанных различными способами механической обработки [2].

Изучение износостойкости покрытий проводили с использованием машины для испытаний материалов на трение и износ 2070 СМТ-1 линейным методом по схеме вал-колодка. Основа образцов – сталь 45, колодку изготавливали из чугуна. Измерения образцов проводили оптическим длинномером. Для ускорения процесса изнашивания использовали масляно-абразивную смесь (масло И-20 с добавками 2 % карбида бора с размерами зерен 4...5 мкм). Такие условия наиболее близки к реальным условиям эксплуатации соединений типа вал-подшипник скольжения сельскохозяйственных, транспортных и других машин, которые выходят из строя из-за абразивного изнашивания. Образцы после наплавки и финишной механической обработки прирабатывались с колодкой. Режим испытаний: скорость скольжения 1,2 м/с, удельная нагрузка 3,0 Мпа. Исходная шероховатость обрабатываемой поверхности  $Ra=0,63$  мкм. Оценку износостойкости проводили по средней интенсивности изнашивания  $I=W/h$ , где  $W$  – линейный износ образца на диаметре, мкм;  $h=\pi DN \cdot 10^{-6}$  – путь трения за время испытаний, км;  $D$  – номинальный диаметр образца, мм;  $N$  – общее число оборотов, совершенных образцом. В качестве эталона принимали сталь 45, закаленную с нагрева ТВЧ на глубину 1,2...1,6 мм до твердости 52...54 HRC. Температуру фрикционного разогрева не измеряли. Представленные значения интенсивностей изнашивания, моментов и коэффициентов трения получены как средние из пяти измерений (табл.).

Таблица. Износостойкость покрытий при различных методах механической обработки

Материал порошка	Параметры		
	Интенсивность изнашивания, мкм/	Момент трения, Нм	
		с маслом	без смазки
<b>Шлифование</b>			
Fe-2 %V	3,6	0,99	1,58
C-300	2,2	0,79	1,06
P6M5K5	2,1	0,73	0,87
Ферробор ФБ-3	2,8	0,93	1,10
Сталь 45 (эталон)	4,1	0,84	1,26
<b>Полирование</b>			
Fe-2 %V	3,3	0,98	1,60
C-300	2,1	0,79	1,04
P6M5K5	2,0	0,72	0,90
Ферробор ФБ-3	2,7	0,90	1,12
Сталь 45 (эталон)	4,0	0,82	1,29
<b>Магнитно-абразивная обработка</b>			
Fe-2 %V	2,9	0,98	1,62
C-300	1,8	0,77	1,05
P6M5K5	1,8	0,72	0,90
Ферробор ФБ-3	2,4	0,91	1,14
Сталь 45 (эталон)	3,8	0,82	1,30

Известно, что работоспособность поверхностного слоя в значительной степени определяется последовательностью технологических операций. В этом случае наблюдается технологическое наследование свойств, позволяющее обеспечить наилучшие выходные показатели поверхности. Анализировали три способа обработки покрытия: чистовое шлифование, полирование и магнитно-абразивную обработку. Анализ результатов исследований показывает, что износостойкость по сравнению с полированием и шлифованием увеличивается соответственно на 5...15 %; момент и коэффициент трения практически не меняются. Очевидно, что повышение износостойкости после магнитно-абразивной обработки связано с более благоприятным микрорельефом обработанной поверхности, имеющим стохастический характер, в отличие от полированной и шлифованной, у которых отдельные риски расположены в направлении скорости резания, а также с формированием в ходе магнитно-абразивной обработки более благоприятного напряженного состояния в поверхностных слоях образцов для испытаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Забавский М.Т., Кожуро Л.М. и др. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле. – Мн. : Наука и техника, 1988. 2. Сагарда Л.А., Чеповецкий И.Х., Мишнаевский П.П. Алмазно-абразивная обработка деталей машин. – Киев: Техника, 1974. – 176 с.

УДК 621.793.001.57:621.777.42

*Мрочек Ж.А., Харченко В.В.*

### **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ПРЕССОВАНИЕМ**

*Белорусский Национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Для обеспечения получения качественной адгезии между материалами покрытия и основы и возможности изменения толщины наносимого покрытия разработана технология прессования [1]. Ее отличительная особенность от известных способов – это использование дополнительной радиальной подачи материала покрытия на поверхность основы вместо совместного с основным материалом ее соосного прессования.

Задача создания технологии получения покрытий прессованием, как и любой иной технологии, является задачей многопараметрической. С одной стороны ее решение включает рассмотрение технологических особенностей, связанных с конструкционными параметрами реализации процесса. Решение этой части задачи позволило установить, что наряду с качественной адгезией между материалами покрытия и основы и возможности изменения толщины наносимого покрытия в материале покрытия создаются деформации простого сдвига [1]. С другой стороны такое решение включает рассмотрение технологических особенностей, связанных с тепловым состоянием прессуемых материалов покрытия и основы. Эту задачу можно решать для каждой выбранной пары материалов покрытия и основы экспериментально [2], но можно, на основе имеющихся представлений и экспериментальных данных, разработать механизм, объясняющий принципы соединения материалов, и получить общие рекомендации, которые в значительной мере упрощают создание аналогичных технологий.

Известно, что для образования соединения кристаллических тел недостаточно их сближение на расстояние порядка параметра кристаллической решетки, а необходимо превышение определенного для каждого сочетания материалов энергетического порога [3]. Достижение такого порога может осуществляться за счет повышения температуры, пластического деформирования, приложения объемного дополнительного сжатия, предварительного наклепа и ионизирующего облучения.

Можно утверждать, учитывая необходимость достижения указанного порога при соединении материалов и возможность его достижения различными способами, что энергия соединяемых тел определяется такими ее составляющими, которые присущи макроскопическим (температура) и микроскопическим (энергия электрона) телам. Такие представления об энергии должны распро-