

Отсюда получим $X_1 = 0,194 \text{ м/с}$

$$X_2 = 0,45 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$$

При этих значениях X_1 и X_2 функция отклика имеет минимум. Максимальное значение микротвердости будет при значениях X_1 и X_2 лежащих на границе области, а именно: $X_1 = V = 0,02 \text{ м/с}$, $X_2 = q = 5,0 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$ для сплава ВК-8 и $X_1 = 0,018 \text{ м/с}$ и $X_2 = 3,0 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$ для твердого сплава Т15К6.

Таким образом, методом статистического планирования полного факторного эксперимента получены следующие оптимальные режимы лазерной упрочняющей обработки твердосплавного инструмента.

Для твердого сплава ВК-8:

$$V = 0,02 \text{ м/с}, q = 5,0 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$$

При этом обеспечивается микротвердость порядка $H = 18500 - 19000 \text{ Мпа}$.

Для твердого сплава Т 15К6:

$$V = 0,018 \text{ м/с}, q = 3,0 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$$

При этом обеспечивается микротвердость

$H = 18500-19000 \text{ Мпа}$.

УДК 621.923.7

Шелег В.К., Войтех А.Ю., Беляев Г.Я., Синькевич Ю.В., Янковский И.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ ПОЛИРОВАНИИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Интенсивно развивающееся приборо- и машиностроение, постоянное повышение требований к качеству поверхности деталей, а также необходимость изготовления конкурентно способной продукции требуют применения высокоэффективных и высокопроизводительных методов обработки поверхности деталей. К таким методам относится электроимпульсное полирование (ЭИП), позволяющее достигать определенной топографии поверхности и обладающее рядом преимуществ по сравнению с другими методами финишной обработки поверхности [1].

Одной из основных геометрических характеристик качества поверхности, оказывающей значительное влияние на эксплуатационные показатели детали, является шероховатость поверхности. В настоящее время параметры шероховатости поверхности стандартизированы в международном масштабе. Их условно можно разделить на три группы [2]: высотные параметры, параметры расположения и смешанные параметры. Наиболее широкое распространение при проектировании и изготовлении деталей машин получили высотные параметры шероховатости: среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии – Ra , высота неровностей микропрофиля по десяти точкам – Rz и наибольшая высота неровностей – $Rmax$.

В результате проведенных ранее исследований [3, 4] было установлено влияние режимов ЭИП на сглаживание шероховатости поверхности углеродистых конструкционных сталей. Анализ механизма ЭИП и имеющихся экспериментальных данных позволяет предположить, что основными факторами, влияющими на сглаживание и формирование микропрофиля поверхности коррозионностойких сталей, являются высота исходного микропрофиля, время обработки, химический состав и температура электролита. Целью настоящей работы было установление взаимосвязи режимов ЭИП с высотными параметрами шероховатости поверхности коррозионностойких сталей.

Для определения влияния времени обработки, концентрации и температуры электролита на изменение высотных параметров шероховатости поверхности был проведен комплексный эксперимент. В качестве объекта исследований была выбрана коррозионностойкая сталь 20Х13. ЭИП подвергались плоские образцы с размерами 40х20х3 мм. Исходная шероховатость образцов обеспечивалась шлифованием на плоскошлифовальном станке до уровня $Ra=1,4...0,53 \text{ мкм}$, который обычно задается в производственных условиях перед операцией полирования. При проведении

экспериментов время обработки выдерживалось с точностью ± 1 с, температура электролита изменялась в диапазоне $65 \dots 85$ °С с шагом 5 °С и поддерживалась с помощью термостата СЖМЛ – 19/2,5 – И1 с точностью ± 1 °С, колебание напряжения не превышало ± 5 В. По стандартной методике на профилографе-профилометре Talysurf-6 фирмы Taylor-Hobson (Англия) снимались профилограммы поверхности образцов и измерялись высотные параметры микропрофиля Ra , Rz и $Rmax$.

На первом этапе было исследовано влияние концентрации электролита на изменение высотных параметров шероховатости. В качестве критерия при оценке эффективности сглаживания было выбрано относительное сглаживание, которое рассчитывалось по формуле [5]:

$$\Delta Ra = \frac{Ra^{нач} - Ra^{кон}}{Ra^{нач}} \cdot 100\%,$$

где $Ra^{нач}$ – среднее арифметическое отклонение профиля исходной (необработанной) поверхности образца, мкм; $Ra^{кон}$ – среднее арифметическое отклонение профиля полированной в течение заданного времени поверхности образца, мкм.

На рисунке 1 представлено относительное сглаживание поверхности стали 20Х13 в зависимости от концентрации электролита и величины исходного микропрофиля.

Видно, что для различных значений $Ra^{нач}$ зависимости носят ярко выраженный экстремальный характер, а максимальное относительное сглаживание в обоих случаях достигается при 6 % концентрации электролита, которая нами использовалась при проведении последующих экспериментов.

На рисунке 2 приведено относительное сглаживание поверхности в зависимости от исходной шероховатости, времени обработки и температуры электролита.

На следующем этапе было исследовано влияние времени обработки и температуры электролита на изменение высотных параметров шероховатости поверхности. Полученные зависимости параметров Ra , Rz и $Rmax$ имеют одинаковый характер. На рисунке 3 представлено изменение параметра Ra при различной исходной шероховатости поверхности.

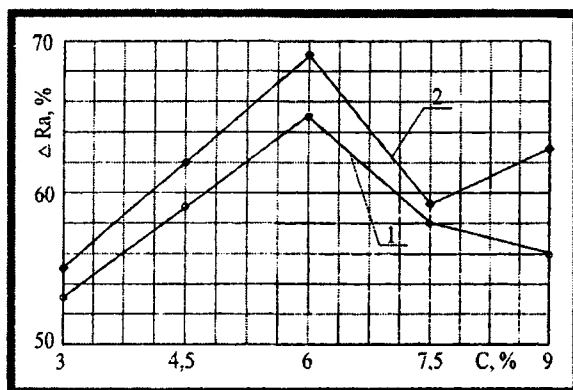


Рисунок 1 – Относительное сглаживание поверхности в зависимости от концентрации электролита $(NH_4)_2SO_4$, (время обработки 4 мин, $T_{эл} = 80$ °С)

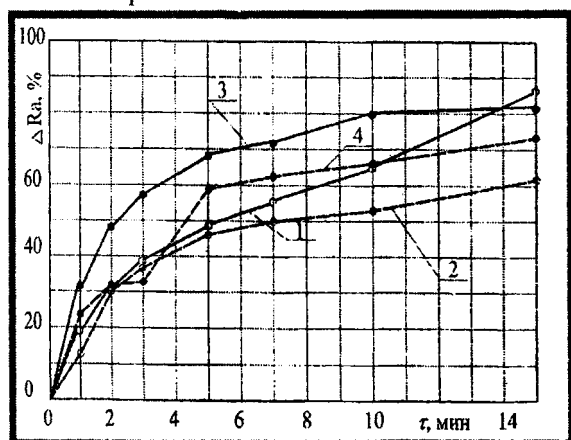


Рисунок 2 – Относительное сглаживание поверхности

1 – $Ra^{нач} = 1,1$ мкм, $T^{эл} = 65$ °С;

2 – $Ra^{нач} = 1,4$ мкм, $T^{эл} = 85$ °С;

3 – $Ra^{нач} = 0,53$ мкм, $T^{эл} = 65$ °С;

4 – $Ra^{нач} = 0,5$ мкм, $T^{эл} = 85$ °С

Из представленных результатов видно, что при одинаковой продолжительности ЭИП коррозионностойкой стали существенное влияние на сглаживание шероховатости поверхности оказывает величина исходного микропрофиля и температура электролита – чем больше величина исходного микропрофиля, тем заметнее влияние температуры электролита на сглаживание шероховатости поверхности.

Анализ зависимостей, представленных на рисунках 2, 3, показывает, что процесс ЭИП коррозионностойких сталей в зависимости от продолжительности обработки условно можно разделить на три периода:

1. Период интенсивного сглаживания продолжительностью до 2 мин. Он характеризуется резким снижением параметров Ra , Rz и $Rmax$.

2. Рабочий период (время обработки от 2 до 10...15 мин). Он характеризуется постепенным, прогнозируемым снижением шероховатости поверхности. К концу периода параметры Ra , Rz и

R_{max} достигают минимальных значений.

3. Период постоянной шероховатости (время обработки свыше 15 мин). Это период, в течение которого в основном происходит изменение линейных размеров детали, изменение же перечисленных параметров микропрофиля незначительно, а минимально достигаемый уровень шероховатости ограничивается микроструктурой обрабатываемого материала.

Математическая обработка полученных результатов показала, что изменение высотных параметров шероховатости R_a , R_z и R_{max} на участке до 15 мин для коррозионностойких сталей носит экспоненциальный характер. Математическую модель описания данных параметров можно представить в следующем виде

$$P_{кон} = P_{нач} \cdot e^{-\tau k},$$

где $P_{кон}$ – конечное значение исследуемого параметра (R_a или R_z , R_{max}), мкм;

$P_{нач}$ – исходное значение исследуемого параметра, мкм; τ – время обработки, мин; k – коэффициент, зависящий от температуры электролита.

Данная модель позволяет с высокой достоверностью прогнозировать изменение высотных параметров R_a , R_z или R_{max} в зависимости от режимов обработки, а также решать обратную задачу – зная $P_{кон}$ и $P_{нач}$, определять оптимальное время обработки по формуле

$$\tau = -\frac{1}{k} \cdot \ln \frac{P_{кон}}{P_{нач}}$$

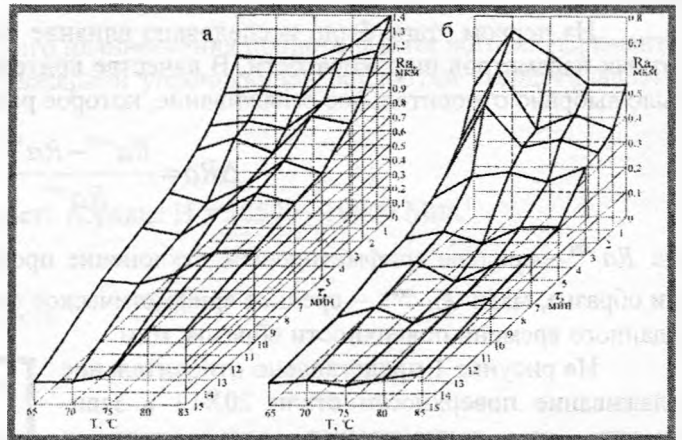


Рисунок 3 – Изменение параметра R_a при ЭИП

стали 20Х13: а – $R_a^{нач} = 1,1...1,4$ мкм;

б – $R_a^{нач} = 0,53...0,73$ мкм

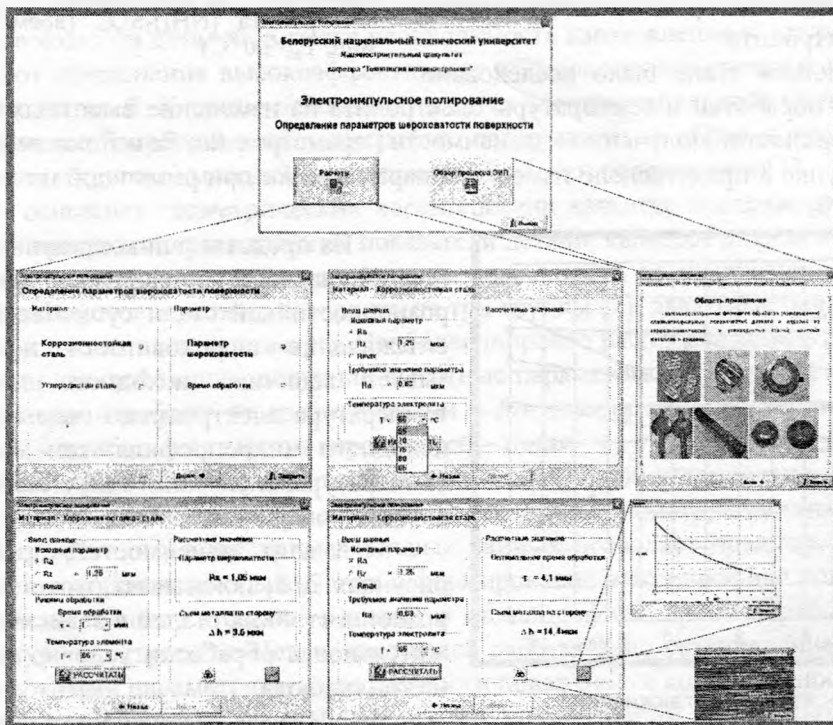


Рисунок 4 – Рабочие окна программы «Электроимпульсное полирование»

На основании полученных данных и результатов ранее проведенных исследований был впервые разработан алгоритм расчета высотных параметров микропрофиля при ЭИП с заранее известной величиной съема металла на сторону, на основании которого на языке Delphi написана программа «Электроимпульсное полирование». Основной особенностью программы является то,

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,