

О ВЛИЯНИИ НЕОДНОРОДНОСТИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕПОЧЕК- МИКРОЭЛЕКТРОДОВ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКЕ

Известно [1], что на формирование наносимых при электромагнитной наплавке (ЭМН) покрытий оказывают влияние стабильность градиента магнитной индукции и величин временных характеристик внешнего электромагнитного поля (ЭМП) в рабочем зазоре (РЗ) устройств ЭМН. Вместе с тем, в электромагнитных системах устройств ЭМН магнитный поток является пульсирующим, что не обеспечивает устойчивость цепочек-микроэлектродов из частиц ферромагнитного порошка (ФМП) в рабочем зазоре и требует синхронизации воздействия параметрами источника технологического тока (ИТТ) и электрического магнита [2].

Ранее проведенные исследования механизма формирования цепочек-микроэлектродов [3, 4] базировались на основные закономерности теории электромагнетизма и не учитывали влияние переменного характера ЭМП на проводники разрядного тока (цепочки-микроэлектроды) в РЗ. В результате получена формула для определения величины силы прижима $f_{ц}$ цепочки-микроэлектрода к обрабатываемой поверхности:

$$f_{ц} = \frac{4}{3} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta_i^2 b_i K B_{vi}^2}{\mu(L_i + \Delta_i)}, \quad (1)$$

где $B_{vi} = B_{mi} \cdot \cos \omega t$ – индукция внешнего переменного ЭМП на границе i -й частицы ФМП в рабочем зазоре, Тл; B_{mi} – амплитуда индукции ЭМП на границе i -й частицы ФМП в рабочем зазоре, Тл; ω – круговая частота электромагнитного поля, рад/с; t – время, с; n – количество частиц ФМП в цепочке-микроэлектроде; L_i – расстояние от границы i -й частицы до оси поверхности, м; Δ_i, b_i – размеры большой и малой осей эллипсоида, описывающего i -ю частицу ФМП, м; μ – магнитная проницаемость материала порошка, Гн/м; K – магнитная восприимчивость материала порошка.

Установлено, что гармонический характер изменения величины магнитной индукции B_{vi} , определяет периодическое воздействие силы прижима $f_{ц}$ на цепочки-микроэлектроды в рабочем зазоре устройства ЭМН. При оценке влияния неоднородности переменного внешнего магнитного поля в РЗ на устойчивость цепочек-микроэлектродов из частиц ФМП получена формула, учитывающая амплитудную и временную составляющие индукции с достаточной точностью

$$\frac{B_{3vi+1} - B_{3vi}}{B_{3v1}} = \frac{B_{3mi+1} - B_{3mi}}{B_{3mi}} + \frac{\varphi}{\operatorname{tg}\omega t}, \quad (2)$$

где B_{3vi} , B_{3vi+1} – индукция внешнего ЭМП в точках (x_i, y_i) и (x_{i+1}, y_{i+1}) цепочек-микроэлектродов, Тл; B_{3mi} , B_{3mi+1} – амплитуда индукции внешнего ЭМП в точках (x_i, y_i) и (x_{i+1}, y_{i+1}) цепочек-микроэлектродов, Тл; φ – сдвиг по фазе между векторами индукций B_{3vi} и B_{3vi+1} , рад.

Выполненная численная оценка неоднородности переменного внешнего электромагнитного поля в рабочем зазоре показала достаточное согласие с экспериментальными данными. Определено, что наибольшее влияние на силу прижима цепочки-микроэлектрода к обрабатываемой поверхности оказывают амплитудная (до 9 %) и фазовая (до 25 %) составляющие магнитной индукции.

Экспериментальное подтверждение влияния неоднородности переменного внешнего электромагнитного поля на механизм формирования цепочек-микроэлектродов и прохождения по ним электрических разрядов получено с помощью съемки высокоскоростной камерой модели СКС-1М в рабочем зазоре установки ЭМН модели ЭУ-5, осциллографических исследований синхронности следования импульсов напряжений источника питания электромагнита (U_{ki}) и ИТТ модели Invertec V270 T (U_{ii}), измерения величины магнитной индукции с помощью тесламетра Т-10/1 со специальными датчиками Холла. Анализ полученных результатов показал, что на частотах следования импульсов напряжения 12,5 и 50 Гц при индукции ЭМП в рабочем зазоре 0,35–0,9 Тл не обеспечивается устойчивое положение цепочек-микроэлектродов, что дестабилизирует формирование и развитие электрических разрядов. Установлено, что частота повторяемости участков импульсной неустойчивости процесса ЭМН в 2,2–2,85 раза меньше для ИТТ и электромагнита, питаемого напряжением частотой 12,5 Гц.

На основании теоретических и экспериментальных исследований предложено синхронизацию воздействий электрическими разрядами и внешним ЭМП в рабочем зазоре устройств ЭМН обеспечить посредством использования постоянного магнита вместо электрического. Установлено, что при $B_{vi} = 0,7$ Тл обеспечивается сплошность покрытий, равная 95,1 %.

Литература

1. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
2. Повышение качества покрытий при электромагнитной наплавке в постоянном магнитном поле / Л.М. Акулович, А.В. Миранович // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2008. – № 8. – С. 58–65.
3. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын и др. – Ми.: ФТИ НАНБ, 1997. – 416 с.
4. Упрочнение и восстановление изделий в электромагнитном поле / А.П. Ракомсин; под общ. ред. П.А. Витязя. – Мн.: Парадокс, 2000. – 201 с.

*Барандич К.С., Вислоух С.П., Антонюк В.С.,
Тимошенко О.В., Коваль В.В. НТУ України «Київський
політехнічний інститут», Київ, Україна*

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Втомне руйнування є причиною виходу з ладу більше 70 % деталей машин. Авторами [1–3] доведено, що надійність роботи технічних засобів залежить від стану поверхневого шару матеріалу деталей, оскільки руйнування деталі розпочинається з її поверхні, та умов експлуатації.

Технологічні режими виготовлення деталей призначаються відповідно до регламентованих конструктором точності розмірів, параметрів якості та, за необхідності, твердості поверхневого шару. Це обмежує можливості технологічного забезпечення втомних ха-