

центра стандартизации и Литовского энергетического института (г. Каунас). Данная система позволяет автоматически проводить расчет результатов калибровки с распечаткой протоколов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б.Р. Статическая радиотехника.— М.: Сов. Радио, 1974, т.1, — 344с.
2. Крамер Г.В. Математические методы статистики.,- М.: Ин. Лит., — 1948. —278с.

УДК 621.723

Л. М. Кожуро , Ж. А. Мрочек, А. В. Миранович

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ

*Белорусский национальный технический университет,  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Актуальной задачей ремонтного производства является повышение надежности и срока службы деталей машин и механизмов, снижение затрат на их восстановление и ремонт. Решение этой задачи обеспечивается созданием новых и совершенствованием существующих технологических способов, позволяющих получать требуемые эксплуатационные свойства рабочих поверхностей деталей.

Одним из направлений интенсификации процессов восстановления и упрочнения является использование различных способов наплавки, основанных на применении энергии электродуговых разрядов, обеспечивающих формирование покрытий наибольшей толщины при малых расходах наплавочных материалов.

Эффективным и простым способом нанесения износостойких покрытий является электромагнитная наплавка (ЭМН), позволяющая реализовать в едином технологическом цикле восстановление геометрических размеров и увеличение долговечности поверхностей деталей [1].

Известно [2], что в качестве устройств для поддержания магнитного поля в рабочем зазоре, реализующих ЭМН, в основном использовались магниты на выпрямленном или переменном (пульсирующем) токе, которые позволяли получать периодически изменяющуюся во времени величину магнитной индукции

$$B = B_m \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $B$ ,  $B_m$  — мгновенное и максимальное значения магнитной индукции в рабочем зазоре, Тл;  $\omega = 2\pi f$  — круговая частота, Гц;  $t$  — время, с.

Установлено [1], что в рабочей зоне при ЭМН присутствует градиент магнитной индукции  $\text{grad } \vec{B}$ , который определяется неравномерностью распределения магнитного потока. При этом суммарная сила, действующая на зерна порошка со стороны более удаленных зерен в направлении вектора  $\text{grad } \vec{B}$ , определяется зависимостью

$$F_M = \frac{4}{3} \sum_{i=1}^n \frac{\mu \alpha_i^2 b_i K H_i}{R_i + \delta}, \quad (2)$$

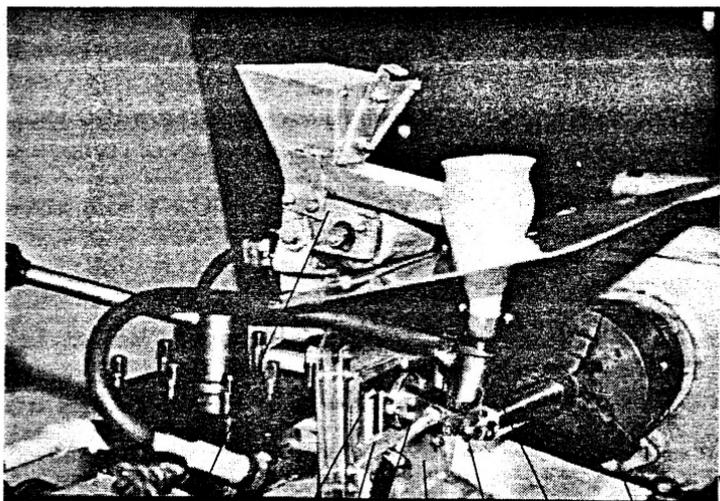
где  $n$  — число зерен в цепочке;  $R_i$  — расстояние от границы  $i$ -го зерна до оси упрочняемой поверхности, м;  $\alpha_i$ ,  $b_i$  — размеры большой и малой осей эллипсоида, м;  $\mu$  — магнитная проницаемость материала ферропорошка, Гн/м;  $K$  — магнитная восприимчивость материала ферропорошка, Гн/м;  $H_i$  — напряженность магнитного поля у верхней границы зерна, А/м;  $\delta$  — величина рабочего зазора, м.

Анализ параметров зависимости (2), при их взаимодействии показывает, что величина магнитной индукции оказывает влияние на интенсивность образования цепочек из зерен ферропорошка и их электрическую проводимость. Переменный характер магнитной индукции на границах участков с различным магнитным сопротивлением способствует хаотичному распределению ферромагнитного порошка в рабочем зазоре. В результате чего градиент магнитной индукции на отдельных участках рабочего зазора изменяется с частотой образования разрядных цепочек из зерен ферропорошка. При таких условиях магнитная сила, удерживающая цепочки-микроэлектроды в рабочей зоне, будет неодинакова для зерен ферромагнитного порошка. Таким образом, изменение магнитной индукции во времени позволяет получать неравномерное по толщине покрытие.

С целью устранения указанного недостатка и повышения эффективности ЭМН, разработано и изготовлено устройство для нанесения покрытий (рис. 1), у которого для поддержания постоянного магнитного поля в рабочем зазоре используется магнитотвердый материал ЮНДК 24 (ГОСТ 9575). Применяемая конструкция магнита создает такую конфигурацию магнитных потоков, которая обеспечивает требуемую величину магнитной индукции в рабочем зазоре.

Величина магнитной индукции в рабочем зазоре регулируется от 0,4 до 0,8 Тл изменением расстояния между магнитом и заготовкой. При этом величина рабочего зазора остается постоянной. В этом случае магнитное поле по длине рабочего торца полюсного наконечника приближается к однородному и плоскопараллельному. Это обстоятельство обеспечивает более плотное и равномерное формирование разрядных цепочек из зерен ферропорошка вдоль магнитных силовых линий в рабочем за-

зоре и создает постоянную во времени величину магнитного сопротивления в последнем. В рабочей зоне происходит более частое формирование разрядных цепочек (стабилизация режима короткого замыкания), позволяя получить устойчивый процесс наплавки и равномерное распределение капель расплава материала ферропорошка по обрабатываемой поверхности заготовки. Тепловая энергия, передаваемая полусному наконечнику, отводится охлаждающей жидкостью, проходящей через него. Этим обеспечивается стабильный температурный режим, необходимый для продолжительной и нормальной работы постоянных магнитов.



1 2 3 4 5 6 7 8 9

С целью проверки эффективности работы установки с использованием постоянных магнитов по обеспечению стабильности и устойчивости ЭМН были проведены сравнительные испытания. Последние предусматривали наплавку ферропорошка Fe-2%V на оптимальных режимах [2, 3] на две партии образцов по 50 штук в каждой на установках с электрическими и постоянными магнитами. Производительность ЭМН определяли методом взвешивания массы заготовки до и после наплавки с точностью до 0,001 г. Установлено, что разброс значений производительности ЭМН для электрических магнитов находился в пределах 203...221 мг, а для постоянных магнитов – 254...263 мг. Для каждой партии образцов была определена дисперсия параметра производительности процесса ЭМН. Анализ результатов испытаний показал, что дисперсии партий с параметром производи-

тельности процесса ЭМН для электрических и постоянных магнитов составили соответственно 18 % и 11 %.

Таким образом, проведенные сравнительные испытания показали, что использование постоянных магнитов в магнитной системе установки, реализующей процесс ЭМН, позволяет повысить производительность наплавки до 25 %, обеспечить устойчивость и стабильность процесса, а также получить равномерное по толщине покрытие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П. И., Кожуро Л. М., Ракомсин А. П. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. – Мн.: Изд-во ФТИ, 1997. – 416 с. 2. Кожуро Л. М., Чемисов Б. П. Обработка деталей машин в магнитном поле. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 232 с. 3. Кожуро Л. М., Миранович А. В., Тризна В. В. Моделирование процесса восстановления деталей машин с применением гибкого производственного модуля на постоянных магнитах // Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин: Материалы 3 респ. науч.-техн. конф., Мн., 13-15 ноября 2002 г / Минсельхозпрод РБ, БГАТУ. – Мн., 2002. – С. 82-84.

УДК 621-752.8

В. В. Кудин, Э. И. Астахов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОИЗОЛИРОВАННОГО ФУНДАМЕНТА МАШИНЫ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОМ ВИБРОВОЗМУЩЕНИИ

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Очень часто новое прогрессивное оборудование устанавливают в существующих прессовых или механических цехах с высоким уровнем вибраций. В таких случаях возникают задачи виброзащиты устанавливаемого оборудования от повышенных вибраций их рабочих площадок. Наиболее распространенным и эффективным (при широкополосной полигармонической вибрации) методом виброзащиты оборудования является виброизоляция [1], заключающаяся в размещении между источником и защищаемым объектом упругих элементов - виброизоляторов. В таких случаях в технике для виброзащиты оборудования используются виброизолированные фундаменты [2], которые представляют монолитную (чаще железобетонную) плиту с жестко закрепленным на ней защищаемым оборудованием и изолированную от виб-