

УДК 621.793

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Акулович Л.М., Миранович А.В., Новиков М.И. (БГАТУ),
Счастный Д.В. (РУП «Завод «Минскагропроммаш»)

В статье рассматриваются технологические методы упрочнения и восстановления деталей автотракторной техники в электрическом и магнитном полях.

Для повышения износостойкости посадочных поверхностей деталей автотракторной техники и рабочих органов землеобрабатывающих машин применяют методы упрочнения, использующие высокоинтенсивные источники энергии (плазменная, индукционная, лазерная наплавки и др.). К ним относится и наплавка в электрическом и магнитном полях [1].

Известны различные технологические схемы упрочнения и восстановления деталей машин нанесением покрытий в электромагнитном поле [1, 2]. Схема наплавки ферропорошка, распределенного в смазочно-охлаждающей жидкости, в электрическом и магнитном полях приведена для деталей типа тела вращения на рисунке 1 а, на плоские поверхности - на рисунке 1 б. Оба варианта имеют свои преимущества и недостатки. Так, использование первой схемы приводит к уменьшению коэффициента использования ферропорошка (0,70 – 0,78), так как при нанесении покрытий происходит выброс частиц из рабочей зоны [2]. При этом значительно уменьшается тепловая нагрузка на полюсный наконечник, благодаря чему облегчаются условия (устойчивость, стабильность процесса наплавки) и ресурс работы. В случае использования второй схемы нанесение покрытий происходит недостаточно стабильно в результате неравномерной подачи ферропорошка. Однако данная технологическая схема упрочнения позволяет осуществлять наплавку торцевых и боковых поверхностей изделий одновременно.

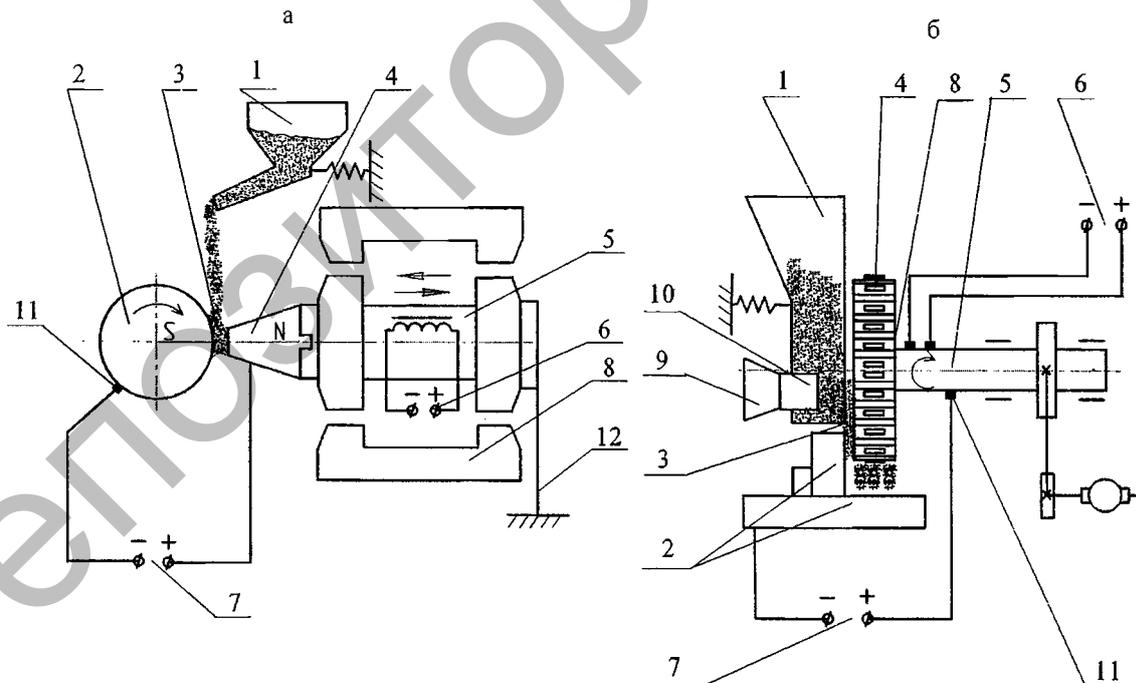


Рисунок 1 – Схемы наплавки ферропорошка в комбинированном электромагнитном поле в составе смазочно-охлаждающей жидкости на детали типа тела вращения (а) и на плоские поверхности деталей (б): 1 – бункер-дозатор; 2 – изделие; 3 – ферропорошок; 4 – полюсный наконечник; 5 – сердечник; 6 – источник питания электромагнита; 7 – источник технологического тока; 8 – электромагнитная катушка; 9 – кран; 10 – спрейер; 11 – скользящий контакт; 12 – пружина плоская

Известно [2, 3], что формирование покрытий на поверхности изделий происходит в рабочей зоне – пространстве, ограниченном полюсными наконечниками и деталью, в котором образуется многоэлектродная система из частиц ферропорошка в результате воздействия на них комбинированного электромагнитного поля. Рабочая зона установок образуется магнитной системой, представляющей собой совокупность источников электрического и магнитного полей с магнитопроводами. При этом формирование комбинированного электромагнитного поля в рабочем зазоре обеспечивается сочетанием контура наплавки и внешнего электромагнитного поля.

Так, электромагнитное поле контура наплавки создается разрядным током, проходящим по цепочкам-электродам из частиц ферромагнитного порошка в рабочем зазоре и током, протекающим по основному металлу изделия. Направления силовых линий в обоих случаях совпадают, согласно принципу суперпозиции, и индукция электромагнитного поля наплавочного контура составляет

$$B_H = B_{\text{ц}} + B_M,$$

где $B_{\text{ц}}$, B_M – индукция электромагнитного поля, создаваемого соответственно током, проходящим по цепочкам-электродам и током, протекающим по основному металлу, Тл.

Согласно закону Био-Саварра индукция электромагнитного поля проводника с током определяется по формуле

$$B = \mu \frac{I}{2\pi\ell},$$

где I – ток наплавки, А; ℓ – расстояние от проводника с током (сердечника с полюсным наконечником) до изделия, м; μ – магнитная проницаемость среды, Гн/м.

Индукция электромагнитного поля наплавочного контура на расстоянии от поверхности изделия в этом случае описывается следующей зависимостью:

$$B_H = \mu\mu_0 \left(\frac{I}{2\pi\ell_{\text{ц}}} + \frac{I}{2\pi\ell_M} \right), \quad (1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; $\ell_{\text{ц}}$ – расстояние рассматриваемой точки от цепочек-микроэлектродов, по которым проходит ток наплавки, м; ℓ_M – расстояние рассматриваемой точки по отношению к составляющей тока, протекающего по основному металлу изделия, м.

Согласно (1), индукция электромагнитного поля наплавочного контура увеличивается при повышении тока наплавки и приближении к поверхности изделия проводника с током, т.е. полюсного наконечника.

Как известно, распределение индукции в рабочем зазоре по торцу полюсного наконечника зависит от источника внешнего магнитного поля (переменного, импульсного или постоянного). В установках в основном используются электромагниты на выпрямленном или переменном (пульсирующем) токе, которые позволяют получать периодически изменяющуюся во времени величину магнитной индукции

$$B_{\text{э}} = B_m \sin \omega t, \quad (2)$$

где $B_{\text{э}}$, B_m – мгновенное и максимальные величины магнитной индукции в рабочем зазоре, Тл; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота, Гц; t – время, с.

Бесступенчатое регулирование магнитного поля осуществляют за счет изменения величины тока в электромагнитной катушке. При этом индукция поля, создаваемого электромагнитом в рабочем зазоре определяется по зависимости [1, 3]

$$B_{\text{э}} = \frac{I\omega \mu_{\text{ст}} \mu_0}{\mu_{\text{ст}} \delta + \ell_{\text{ср}}},$$

где I – сила тока электромагнитной катушки, А; ω_n – число витков катушки; $\mu_{ст}$ – относительная магнитная проницаемость стали, Гн/м; δ – рабочий зазор, м; ℓ_{cp} – длина средней магнитной линии, равная суммарной длине участков стали магнитопровода, м.

Установлено [4], что для эффективных электромагнитных воздействий на расплав капель ферропорошка и, соответственно, обеспечения благоприятных условий формирования покрытий на изделиях необходимо получение равномерного распределения градиента индукции и стабильной величины временных характеристик магнитного поля в рабочем зазоре. При этом в процессе упрочнения управляющим воздействием в рабочей зоне является внешнее электромагнитное поле, которое при взаимодействии с электрическим полем тока наплавки создает силы, определяющие движение капель расплава ферропорошка и расплавленного металла изделия в микролунке. Так, электромагнитные силы воздействуют на легкодеформируемые жидкие и газообразные частицы ферропорошка, изменяя их геометрические формы и движение в рабочем зазоре, определяют производительность процесса наплавки и качество формируемого покрытия.

Анализ параметров зависимости (2), при их взаимодействии показывает, что величина магнитной индукции оказывает влияние на интенсивность образования цепочек-электродов и их электрическую проводимость. Переменный характер магнитной индукции на границах участков с различным магнитным сопротивлением способствует хаотичному распределению ферропорошка в рабочем зазоре. В результате градиент магнитной индукции $\text{grad} \vec{B}$ на отдельных участках рабочего зазора изменяется с частотой образования разрядных цепочек из частиц ферропорошка. При таких условиях магнитная сила F_M , удерживающая цепочки-электроды в рабочей зоне, будет неодинакова для частиц ферропорошка.

Известно [4], что на электрическое поле контура наплавки действуют внешние управляемые продольные и поперечные магнитные поля (рисунок 2). При этом продольное магнитное поле удерживает цепочки-электроды ферропорошка в рабочем зазоре, придает им требуемую жесткость и устойчивость. Поперечное магнитное поле обеспечивает вращательное движение капель расплава ферропорошка с заданным эксцентриситетом вдоль магнитных силовых линий. Так, при совпадении поперечного и электрического полей создается избыточное магнитное давление и происходит отклонение дуговых разрядов в сторону более слабого поля [3, 4].

Наиболее эффективным направлением устранения выше указанных недостатков является использование комбинированных внешних магнитных полей, которые при взаимодействии с током наплавки создают электромагнитные силы, позволяющие управлять качеством наплаваемых покрытий. Для исключения колебаний цепочек-микроэлектродов ферропорошка в рабочем зазоре предложено применять системы с постоянными магнитами. Это технологическое решение позволяет отказаться от источника питания с переменными или импульсными электрическими магнитами, упростить конструкцию установки для нанесения покрытий, исключить необходимость в герметизации катушек от попадания смазочно-охлаждающей жидкости, уменьшить габаритные размеры и массу.

В результате принятых технологических решений изготовлено устройство для упрочнения плоских поверхностей в комбинированном электромагнитном поле [5]. Используемая в устройстве конструкция магнитной системы в виде двух магнитов Е-образной формы, расположенных перпендикулярно друг к другу, создает оптимальную конфигурацию магнитных потоков, которая обеспечивает требуемую величину индукции в рабочем зазоре и приближает распределение магнитного поля по длине рабочих торцев полюсных наконечников (центрального и боковых) к однородному.

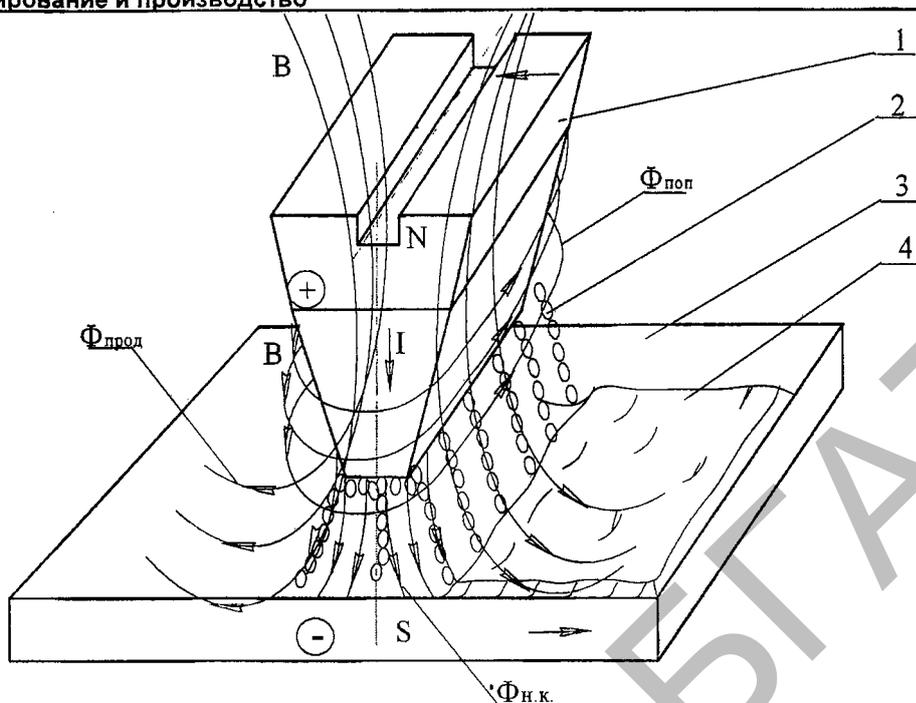


Рисунок 2 – Схема рабочей зоны при упрочнении плоских поверхностей:

1 – полюсный наконечник; 2 – цепочки-электроды из ферропорошка; 3 – упрочняемая поверхность изделия; 4 – покрытие; $\Phi_{\text{прод}}$, $\Phi_{\text{поп}}$, $\Phi_{\text{н.к.}}$ – направление силовых линий продольного магнитного поля, поперечного магнитного поля, магнитного поля наплавочного электрического контура соответственно

С целью проверки эффективности разработанной магнитной системы по обеспечению стабильности и устойчивости процесса наплавки проведены сравнительные испытания, результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительных испытаний

Показатели	Магнитная система	
	с электрическими магнитами	с постоянными магнитами
Величина индукции, Тл	0,6 – 1,2	0,4 – 0,8
Величина напряжения, В	36,0	–
Расход порошка, г/(с·мм ²)·10 ⁻³	2,9	2,55
Расход СОЖ, дм ³ /(с·мм ²)·10 ⁻³	0,5	0,4
Плотность тока, А/мм ²	2,2	1,8
Коэффициент использования порошка	0,6 – 0,8	0,7 – 0,9
Производительность, мг	220 – 240	260 – 270
Потребляемая мощность, кВт	5,1	3,5
Габаритные размеры, мм	215x180x250	130x190x110
Масса, кг	20	7,5

Устройство применяется для упрочнения в комбинированном электромагнитном поле дисков сошника сеялки СЗП – 3,6А, а также восстановления и упрочнения посадочных мест под подшипники качения и скольжения валов коробки перемены передач трактора К – 701 и автомобилей КаМАЗ – 5320. Разработанная технология восстановления и упрочнения посадочных поверхностей деталей автотракторной техники и рабочих органов землеобрабатывающих машин внедрена в условиях производства ОАО «Вилейская райагропромтехника» и РУП «Завод Минскагропромаш». Годовой экономический эффект на предприятиях составил 4,5 и 7,2 млн. рублей соответственно.

Список литературы

1. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / Ящерицын П. И., Кожуро Л. М., Ракомсин А. П. и др. – Мн.: Изд-во ФТИ, 1997. – 416 с.
2. Василевский И. Н., Кожуро Л. М., Миранович А. В., Тризна В. В. Повышение эксплуатационных свойств деталей машин наплавкой паст в электромагнитном поле // Агропанорама. – Мн., 2003. – № 4. – С. 11 – 12.
3. Иродов И. Е. Основные законы электромагнетизма: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.
4. Теория сварочных процессов / Волченко В. Н., Ямпольский В. М., Винокуров В. А. и др.; Под ред. В. В. Фролова – М.: Высш. шк., 1988. – 559 с.
5. Пат. №1378. МКИ С23С26/00. Устройство для нанесения металлических покрытий / Витязь П. А., Ильющенко А. Ф., Кожуро Л.М., Миранович А. В. – u20030410; Заявл. 22.09.03; Опубл. 30.06.04 Бюл. №30. – 2 с.

УДК 631.171

**ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ ПО МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПУ**

Кузьмицкий А.В., Трофимчук С.С. (БГАТУ), Гаргарина О.С. (БГСХА)

В статье рассматриваются преимущества и перспективы внедрения обработки почвы по модульному принципу.

В настоящее время в нашей стране возрастает значение научнообоснованного ведения сельскохозяйственного производства и рационального использования почвенных, водных, энергетических, биологических, финансовых и трудовых, ресурсов. Эффективное использование земельных ресурсов предопределяет возможность устойчивого развития сельского хозяйства и, соответственно, уровень продовольственной безопасности.

Оптимальные условия для жизнедеятельности растений складываются из оптимальной структуры почвы, содержание гумуса, азота, фосфора, калия и микроэлементов, наличия дождевых червей, оптимального водного режима, состояния эродированности почвы, фотосинтетически активной радиации, а также действия субъективного фактора – устойчивости различных культур к болезням и вредителям. В основе формирования любой технологии лежит понимание системы взаимосвязи между элементами земледелия и факторами внешней среды. Различные системы обработки почвы и посева можно рассматривать в непрерывной последовательности от традиционной с использованием плуга до нулевой с прямым посевом.

Переходы между отдельными системами, как правило, плавные, т.к. отдельные рабочие операции могут каждый раз по-новому комбинироваться друг с другом. Многочисленные полевые опыты, проведенные в последние годы, показали, что урожайность в большей части не зависит от интенсивности обработки почвы. Однако обязательны адаптированные севообороты, в которых регулярно сменяются стебельчатые и листовые культуры или озимые и яровые. Проблемы возникают при чередовании зерновых с зерновыми. В этой ситуации из-за высокого инфекционного давления и серьезных проблем с сорняками от обработки почвы многое зависит. Проанализируем кратко преимущества и недостатки различных систем обработки почвы и посева.

Традиционная система земледелия с использованием плуга, который полностью переворачивает почву и сильно ее рыхлит, вызывает разрушение структуры, кроме того при соприкосновении с воздухом почвенный углерод преобразуется в углекислый газ и улетучивается, в результате этого почва становится менее плодородной. Это также происходит вследствие удаления соломы или ее сжигания и заделки растительных остатков глубоко в почву, а также гибели агрономически полезной макро – и мезофауны почвы,