

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОСАЖДЕНИЕМ ЖЕЛЕЗА НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

Владимир Константинович Астанин¹
Юрий Александрович Стекольников²
Наталья Юрьевна Стекольников²
Елена Владимировна Кондрашова¹

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

² Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина

Проанализированы способы восстановления изношенных деталей гальваническими покрытиями. Объект исследования – изношенные детали сельскохозяйственных машин. Предмет исследования – процесс осаждения железа на переменном асимметричном токе. Исследованы физико-химические свойства покрытий железом в зависимости от величины асимметричного переменного тока, доказана возможность получения покрытия с нарастающей твердостью по толщине осадка. Показано, что железнение на асимметричном переменном токе позволяет избежать насыщения щелочью приэлектродного пространства, включения гидрата закиси железа в формируемую кристаллическую структуру осадка, что значительно снижает внутренние напряжения на границе «осадок – металл», тем самым увеличивая сцепление покрытия железом с поверхностью восстанавливаемой детали. Установлено, что регулирование твердости осадков железа за счет изменения соотношения катодно-анодных амплитуд асимметричного тока позволяет производить их упрочнение и получать надежное сцепление с основой восстанавливаемой в размер детали на сталях низких марок, высоколегированных сталях, чугунах, а также наращивать большие толщины осадков с высокой скоростью осаждения и регулируемой микротвердостью, обеспечивает высокую производительность и простоту технологического процесса восстановления ремонтируемых деталей сельскохозяйственной техники. Выявлено, что при различных величинах катодно-анодного отношения структура осадков железа различна. Асимметричный переменный ток приводит к получению электролитических осадков железа с регулируемой толщиной, твердостью и высокими скоростями осаждения. Изучена одна из характеристик механических свойств гальванических осадков – износостойкость, исследована зависимость износа образцов от величины катодно-анодного отношения при нагрузках в 100 и 150 кгс и гравиметрически определен выход по току железа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: покрытия железом, сульфатно-хлоридный электролит, микротвердость, износ, выход по току.

REPAIR OF UNITS AND PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY BY IRON PRECIPITATION ON ALTERNATING CURRENT

Vladimir K. Astanin¹
Yuriy A. Stekolnikov²
Nataliya Yu. Stekolnikova²
Elena V. Kondrashova¹

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

² Bunin Yelets State University

The authors have analyzed the ways of restoration of worn-out parts with electroplated coatings. The object of research included worn-out parts of agricultural vehicles. The subject of research was the process of precipitation of iron on alternating asymmetric current. The authors have studied the physical and chemical properties of iron coatings depending on the value of asymmetric alternating current and proved the possibility of obtaining a coating with hardness increasing with precipitate thickness. It was shown that ironing on asymmetric alternating current allows avoiding alkali saturation of the near-electrode space and inclusion of ferrous hydroxide into the forming crystal structure of precipitate, which considerably reduces internal tension on the «precipitate – metal» boundary, thereby increasing the adherence of iron coating with the surface of the spare part being repaired. It was established that regulation of hardness of iron precipitates by changing the ratio of cathodic and anodic amplitudes of asymmetric current allows hardening them to obtain a reliable adherence to the base of the part being repaired by size on low-alloy steels, high-alloy steels and cast iron and increase the thickness of precipitates with a high speed of precipitation and adjustable microhardness; it also ensures a high efficiency and simplicity of the technological process of restoration of worn-out parts of agricultural machinery. It was found that at various values of the cathodic

and anodic ratio the structure of iron precipitate is different. Asymmetric alternating current leads to obtaining electrolytic iron precipitates with adjustable thickness, hardness and high speeds of precipitation. The authors have studied one of the characteristics of mechanical properties of galvanic precipitates, which is wear resistance. The authors have also studied the dependence of wear of samples on the value of the cathodic and anodic ratio at loads of 100 and 150 kgF and determined the iron current efficiency gravimetrically.

KEY WORDS: iron coatings, sulfate-chloride electrolyte, microhardness, wear, current efficiency.

Введение

Гальванические покрытия используются для восстановления в размер изношенных деталей такими способами, как хромирование, никелирование, железнение.

Никелированием восстанавливают детали с микронным износом и такие, для работы которых не требуется высокая твердость. Хромирование применяют при восстановлении деталей при износах до 300 мкм на диаметр. В последнее время процессы железнения проводили на постоянных токовых режимах в подогретых ваннах, и было необходимо точно соблюдать технологическую дисциплину, что осложняло технологию процессов осаждения. Отметим, что железнение на постоянном токе не обеспечивало надежности сцепления осадков с основой металла, особенно на высоколегированной стали и чугунах.

Цель исследования – анализ способов восстановления изношенных деталей гальваническими покрытиями.

Объект исследования – изношенные детали сельскохозяйственных машин.

Предмет исследования – процесс осаждения железа на переменном асимметричном токе.

Использование асимметричного переменного тока позволяет избавиться от указанных недостатков и дает возможность регулировать твердость осадков, обеспечивая их упрочнение. Детали, изготовленные из сырых сталей низких марок, затем подвергают железнению твердыми слоями, в результате отпадает необходимость закалки, что приводит к упрощению процесса, а в некоторых случаях это единственно возможный способ восстановления, например, при ремонтах шаровых пальцев рулевых управлений автотранспорта, когда термообработки противопоказаны.

При железнении на переменных асимметричных токах в катодные полупериоды осажается металл, а в анодных – он частично растворяется, так как в анодные полупериоды амплитуды токов всегда меньше токов катодных полупериодов. Раздельная регулировка катодных и анодных составляющих токов позволяет задавать режим электролиза, используя катодно-анодное отношение $\beta = D_k/D_a$, где D_k и D_a – плотность тока соответственно катодного и анодного полупериода.

Железнение на постоянных токовых режимах приводит к защелачиванию прикатодного пространства из-за появления гидрата закиси железа $Fe(OH)_2$, которое при совместном осаждении с железом, затрудняя его нормальную кристаллизацию, вызывает деформацию кристаллических решеток и способствует появлению в осадках больших внутренних напряжений, что приводит к ослаблению сцепления осадка с восстанавливаемыми деталями и сопровождается его отслаиванием в процессе последующей механической обработки и эксплуатации.

Процесс электрокристаллизации на асимметричном переменном токе отличается тем, что снижается количество гидратов закиси железа, маловероятны процессы пассивации катодов, что приводит к минимизации внутренних напряжений на границах «осадок – металл» и позволяет добиться высокой сцепляемости с деталью. Постепенное повышение величины катодно-анодного отношения в процессе железнения приведет к тому, что внутренние напряжения в осадке будут развиваться постепенно. Это позволяет добиться надежного сцепления осадка железа с любыми марками сталей и даже с чугунами, что невозможно при ведении электролиза на постоянном токе. Железнение вели в электролите: сернокислое железо (400 г/л); концентрированная серная кислота (1 мл/л), KJ (4 г/л), HCl до pH = 0,8-1,0.

Исследованиями установлена зависимость скоростей осаждения от величины β (рис. 1, а).

Увеличение показателя асимметрии до 10 единиц приводит к росту скорости осаждения, а свыше она не изменяется, оставаясь постоянной. Найдено, что твердость осадков железа, полученных на асимметричном переменном токе, возрастает в диапазоне значений β от 2 до 10, а затем до 25 остается постоянной (рис. 1, б).

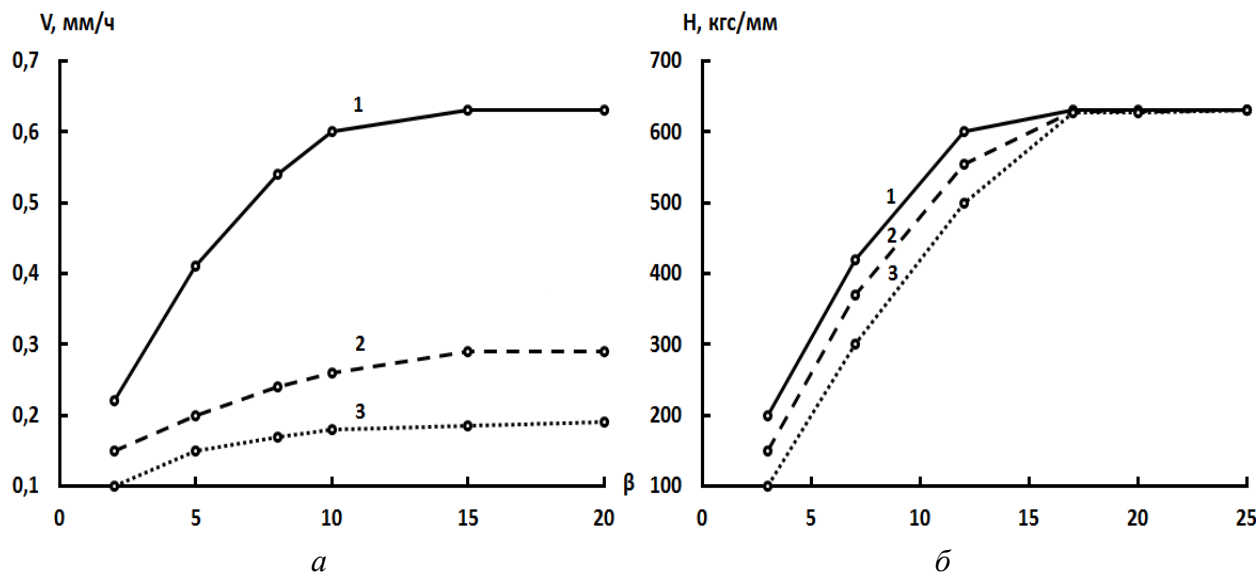


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения V (а) и микротвердости осадков H (б) железа от величин катодно-анодных отношений и плотностей токов катодных полупериодов, A/dm^2 : 1 – 30; 2 – 20; 3 – 10

Количественно значения микротвердости возрастают от 225 до 630 кгс/мм² или 22-62 HRC. С ростом β этот показатель вначале растет и прекращает расти при $\beta \geq 8$, после достижения максимального значения остается постоянным при всех указанных величинах плотностей токов катодных полупериодов.

Установлено, что на различных величинах β структуры осадков железа различны: при $\beta = 2$ они обладают гладкой матовой поверхностью; при $\beta = 4$ – начинают блестеть, а при $\beta = 6$ поверхности осадков имеют выраженный блеск, образуются беспористые столбчатые структуры [3, 6, 7, 8, 10].

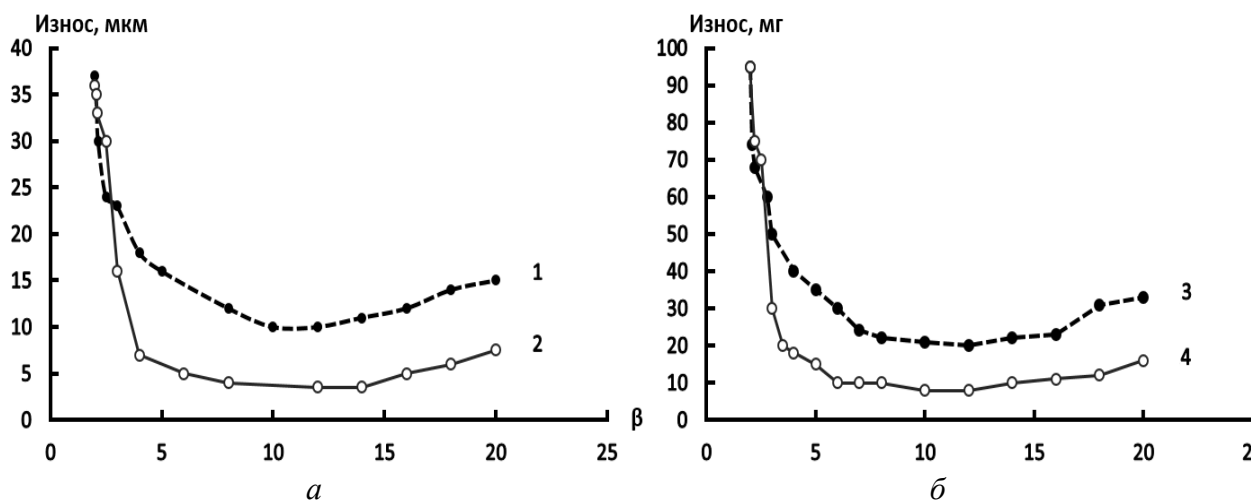


Рис. 2. Зависимость размерного (а) и весового (б) износа осадков железа от величин катодно-анодных отношений: 1, 3 – при 150 кгс; 2, 4 – при 100 кгс

Важная характеристика механических свойств гальванического осадка - износостойкость. Изучены зависимости износов образцов от величин β при 100-150 кгс на твердомерах ПМТ-3. Износы измеряли в микрометрах и миллиграммах при наличии смазки маслом ДС-11 (рис. 2). Найдено, что износостойкость сложным образом изменяется с величиной β , падая в интервале 2-6, до 15 остается постоянной, а свыше несколько возрастает.

Исследования выходов по току железа на асимметричном переменном токе (рис. 3) показали, что с ростом β выход железа увеличивается с 50% ($\beta = 2$) до 80% (при $\beta \geq 4$) и далее не изменяется, оставаясь постоянным [2, 5].

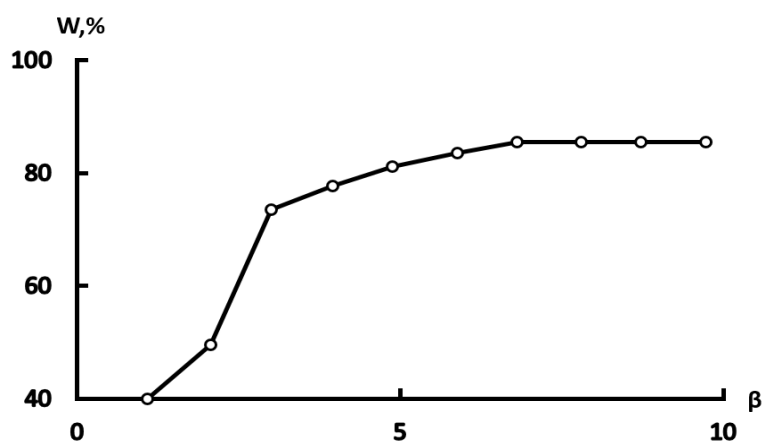


Рис. 3. Выход по току W железа в зависимости от величин катодно-анодных отношений

В работе применялись аноды из малоуглеродистой нелегированной стали [9].

Использование холодного железнения на асимметричном переменном токе позволяет восстановить изношенные детали сельскохозяйственных машин и другого оборудования, а также их упрочнить. Детали, изготавливаемые из сырых сталей низких марок, подвергаются железнению твердым слоем, под этим и понимается технология упрочнения. В этих случаях отпадает необходимость закалки, что позволяет значительно упростить процесс, а в некоторых случаях является единственным выходом из положения, когда термообработки противопоказаны, например при ремонте шаровых пальцев рулевого управления автотранспорта.

Процессы железнения или нанесения покрытий железоникелевыми сплавами применяются при необходимости восстановления деталей сложных конфигураций с большими износами. Этим способом восстанавливают наружную и внутреннюю поверхность посадочных мест в картерах КПП или раздаточной коробке автомобилей и другой техники.

Таким образом, железнение с использованием асимметричного переменного тока позволяет получать гальванические осадки железа регулируемой толщины, твердости, на высоких скоростях осаждения, как и в [1, 3, 4, 7].

Изучено влияние асимметричного переменного тока на физико-механические свойства покрытий железом, доказана возможность получения покрытия с нарастающей твердостью по толщине осадка.

Показано, что железнение на асимметричном переменном токе позволяет избежать защелачивания приэлектродного пространства, включения гидрата закиси железа в формируемую кристаллическую структуру осадка, что значительно снижает внутренние напряжения на границе «осадок – металл», тем самым увеличивая сцепление формируемых осадков железа с поверхностью основы восстанавливаемой детали.

Библиографический список

1. Афоничев Д.Н. Повышение эффективности использования систем технического диагностирования в сельском хозяйстве / Д.Н. Афоничев, И.И. Аксенов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 4 (47). – С. 109-114.
2. Гордиенко В.О. Электроосаждение хромовых покрытий из сульфатно-карбамидных электролитов на основе Cr(III) / В.О. Гордиенко // Физ.-хим. мех. матер. – 2010. – № 5. – С. 71-75.
3. Пат. 2192509 Российская Федерация, МПК C25 D 3/56. Способ электролитического осаждения сплава железо-вольфрам / В.И. Серебровский, Л.Н. Серебровская, В.В. Серебровский, Н.В. Коняев, А.Н. Батищев; заявитель и патентообладатель: Курская гос. с.-х. акад. им. проф. И.И. Иванова. – № 2001100264/02; заявл. 04.01.2001; опублик. 10.11.2002, Бюл. № 16. – 4 с.
4. Повышение производительности электроосаждения гальванических покрытий при восстановлении деталей / В.М. Юдин, В.В. Серебровский, Р.И. Сафронов, Ю.П. Гнездилова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 8. – С. 225-226.
5. Постников В.С. К вопросу о зернограничной релаксации напряжений в чистых металлах / В.С. Постников, И.М. Шаршаков, Э.М. Маслеников // Релаксационные явления в металлах и сплавах : труды IV Всесоюзной конф. – Москва : Металлургиздат, 1963. – С. 165-170.
6. Сафонов В.В. Нанокпозиционное гальваническое хромирование / В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, В.С. Семочкин // Гальванический механик. – 2010. – № 1. – С. 40-42.
7. Серебровский В.В. Особенности осаждения железных гальванических покрытий на переменном асимметричном токе / В.В. Серебровский // Аграрная наука. – 2008. – № 2 – С. 29-30.
8. Фаличева А.И. Экологические проблемы гальванического производства и альтернативные покрытия / А.И. Фаличева, Н.И. Глянцев, Ю.А. Стекольников // Техника машиностроения. – 1999. – № 6. – С. 45-51.
9. Фаличева А.И. Экологические проблемы хромирования и альтернативного покрытия / А.И. Фаличева, Ю.А. Стекольников, Н.И. Глянцев // Вестник Тамбовского государственного университета. – 1999. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 256-257.
10. Чупахин А.В. Определение технического состояния объектов по результатам измерения косвенных структурных параметров при проведении предремонтного диагностирования / А.В. Чупахин, В.С. Чупахин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – Вып. 1 (36). – С. 125-127.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Владимир Константинович Астанин – доктор технических наук, зав. кафедрой технического сервиса и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-79-04, E-mail: astanin_vk@mail.ru.

Юрий Александрович Стекольников – кандидат химических наук, профессор кафедры химии и биологии, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Российская Федерация, г. Елец, E-mail: chemic57@mail.ru.

Наталья Юрьевна Стекольниковна – аспирант кафедры химии и биологии, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Российская Федерация, г. Елец, E-mail: chemic57@mail.ru.

Елена Владимировна Кондрашова – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-79-04, E-mail: rivelenasoul@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 22.02.2016

Дата принятия к печати 26.04.2016

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliation

Vladimir K. Astanin – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technical Servicing and Manufacturing Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-79-04, E-mail: astanin_vk@mail.ru.

Yuriy A. Stekolnikov – Candidate of Chemical Sciences, Professor, the Dept. of Chemistry and Biology, Bunin Yelets State University, Russian Federation, Yelets, E-mail: chemic55@yandex.ru.

Nataliya Yu. Stekolnikova – Post-graduate Student, the Dept. of Chemistry and Biology, Bunin Yelets State University, Russian Federation, Yelets, E-mail: chemic55@yandex.ru.

Elena V. Kondrashova – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technical Servicing and Manufacturing Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-79-04, E-mail: rivelenasoul@mail.ru.

Date of receipt 22.02.2016

Date of admittance 26.04.2016