

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Институт прикладной физики АНМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова, Croitoru@phys.asm.md*

Восстановление и упрочнение деталей машин, работающих в жестких условиях, является сложная задача, для решения которой исследуют и разрабатывают различные энергосберегающие способы и их комбинации [1–4]. Особенно остро данная проблема стоит перед ремонтным производством, не располагающим, как правило, высокоточным сложным и дорогим технологическим оборудованием, используемым в машиностроении. Одним из направлений, позволяющих повысить эффективность предприятий технологического сервиса, является, на наш взгляд, применение для восстановления изношенных деталей современных технологий, обеспечивающих в несколько раз более высокую износостойкость в сравнении с серийными. Например, в практике ремонтного производства Молдовы широкое распространение получил способ гальванического осаждения железа в стационарных ваннах, характеризующийся достаточной производительностью, простотой применяемого оборудования и надежностью технологического процесса. Вместе с тем «чистые» железные покрытия не обеспечивают необходимую износостойкость деталей и не отвечают в полной мере тем нагрузкам, испытываемым современными агрегатами [5]. Более перспективны композиционные гальванические покрытия (КГП), сочетающие экономические преимущества способа с износостойкостью, превосходящей «чистое» железо в десятки раз [6–8]. Эта технология приемлема для средних и мелких предприятий и обеспечивает снижение стоимости ремонта агрегатов и повышение их ресурса, что весьма важно для организации технического сервиса в условиях рыночной экономики [4].

Целенаправленные прикладные исследования по нанесению КГП на различные изношенные детали, в частности на зеркало цилиндров поршневых двигателей, велись в Институте прикладной физики АНМ. КГП на основе железа осаждали из электролитов-суспензий (ЭС), состоящих из раствора электролита и частиц дисперсной фазы (ДФ). ДФ служили карбиды, нитриды, оксиды, полимеры, твердые смазочные материалы с размерами частиц от 0,1 до 100 мкм, которые обеспечивают возможность изменять свойства покрытий в широком диапазоне [7]. При этом воспользовались различными известными в литературе способами нанесения композиционных покрытий на детали машин: стационарным с использованием перемешивающих устройств [6, 7]; проточным [7, 9]; в центробежном поле [10]. Первые два из них имеют свои особенности, распространены в лабораторных исследованиях, но не нашли широкого применения в практике. У центробежного поля, создаваемого вращением электролизера с ЭС, в который помещены неподвижные анод и катод, есть ряд известных преимуществ перед стационарным и проточным способами нанесения КГП [10]. Однако его применение для цилиндров, у которых необходимо восстанавливать внутреннюю поверхность, представляется проблематичным.

Наносить покрытия на внутренние поверхности деталей более целесообразно с помощью центробежного гидродинамического поля (ЦПГ), создаваемого вращением анода в самом цилиндре, помещенном в стационарную ванну с электролитом-суспензией (рис. 1).

Центробежный гидродинамический способ принципиально отличается от стационарного и проточного электроосаждения, и прежде всего тем, что источником движения ЭС в межэлектродном пространстве является анод, изменение частоты вращения которого в широком диапазоне обеспечивает:

- возможность управлять доставкой ДФ в КГП и их составом, что позволяет получать покрытия с заданными свойствами;
- стабильную минимальную концентрацию в электролите ферроионов, так как частицы ДФ постоянно очищают поверхность анода в процессе его вращения от продуктов электрохимического растворения и образование Fe^{3+} сведено к нулю;

- выравнивание концентрационных изменений в электролите в радиальном направлении и стабильное содержание частиц ДФ ЭС во всем объеме межэлектродного пространства;
- высокую технологичность промышленной установки в рабочей линии, так как не требуется сложных установок с распределителями и трубопроводами, не создается опасность смешения растворов разных ванн, легко осуществляются монтаж и демонтаж деталей;
- отпадает необходимость использования в установках кислотостойких уплотняющих сальников, которые быстро выходят из строя в среде электролита и требуют частой замены, усложняющей эксплуатацию проточных установок;
- активное состояние поверхности электродов и стабильные токовые параметры электрохимической системы в течение всего периода осаждения КГП [11, 12].

К недостаткам данного способа следует отнести изменение рецептурного содержания ДФ в объеме рабочей ванны в процессе эксплуатации под влиянием седиментационных процессов, что требует дополнительных устройств для стабилизации электролита-суспензии.

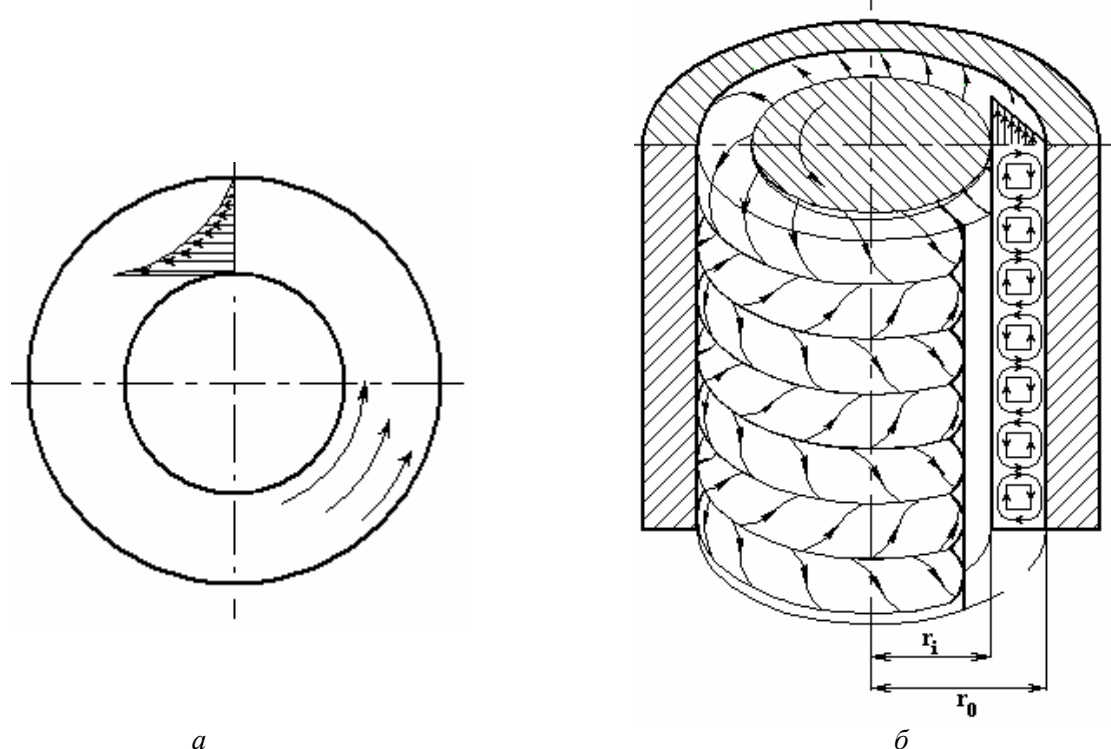


Рис. 1. Схемы формирования в межэлектродном пространстве электролитической ячейки радиальных (а) и вертикальных (осевых) (б) потоков ЭС

Вращение внутреннего цилиндра системы приводит электролит-суспензию в движение и возбуждает градиент скорости в радиальном направлении. Подобное движение возникает благодаря трению между поверхностью анода и суспензией, а степень ее интенсивности зависит от скорости вращения анода и вязкости ЭС:

$$\Delta P = F_{mp} / A = \eta dV / dr, \quad (1)$$

где ΔP – разность давлений между стационарным и мобильным слоями ЭС; A – поверхность контакта между радиальными слоями ЭС; η – динамическая вязкость ЭС, V – скорость движения ЭС в радиальных слоях; r – радиальная координата ($R_{ц} \geq r \geq R_a$, здесь $R_{ц}$ – радиус цилиндра, R_a – радиус анода).

Для решения задачи в первом приближении вместо уравнений Навье-Стокса используем закон сохранения энергии в форме уравнения Бернулли для эквипотенциального слоя во вращательном движении:

$$P + \rho V^2 / 2 = P_0, \quad (2)$$

где P_0 – давление ЭС в зоне катода; P – давление в произвольной точке; V – скорость ЭС в произвольной точке; ρ – плотность ЭС.

Учитывая, что $\Delta P = P_0 - P$, получаем

$$\eta dV / dr = \rho V^2 / 2.$$

Проинтегрировав это уравнение, получаем:

$$V = \frac{V_0}{1 - \frac{(r - R_a)V_0}{2\nu}}, \quad (3)$$

где R_a – радиус анода; ν – кинематическая вязкость жидкости; V_0 – скорость ЭС на поверхности анода.

Можно заметить, что при $r = R_a + \frac{2\nu}{V_0}$ модуль скорости увлечения меняет знак и, следова-

тельно, появляется движение электролита-суспензии в обратную сторону с образованием вихрей в кольцевом пространстве. Появление вихревого движения позволяет осуществить массоперенос от одного электрода к другому.

При увеличении частоты вращения анода V_0 значение $\frac{2\nu}{V_0}$ уменьшается, а радиальная координата r смещается в сторону анода. В результате усиливаются интенсивность ЦГП и активность электродных процессов. При больших значениях V_0 фактор $\frac{2\nu}{V_0}$ стремится к нулю, а координата r – к радиусу анода R_a ($r \rightarrow R_a$). При этом происходит стабилизация обратного вращения в зоне анодной поверхности с образованием тонкого вихревого потока. Масса ЭС в межэлектродном пространстве, расположенная за вихревым слоем, резко отстает от вращения анода.

Экспериментальные исследования показали, что в такой электрохимической системе ЦГП возникает при $Re > 1,3 \cdot 10^4$ (при частоте вращения анода $> 12 \text{ с}^{-1}$ для изученного лабораторного устройства) и характерным признаком его является турбулизация ЭС (в чистом электролите турбулентность возникает при меньшем Re). Было установлено, что при вращении анода с возрастанием частоты в пределах $0-40 \text{ с}^{-1}$ в межэлектродном пространстве (в соответствии с классической гидродинамикой) устанавливаются последовательно три режима течения суспензии: ламинарный с образованием концентрических потоков, ламинарный с образованием вихрей Тейлора и турбулентный [11]. Наибольший практический интерес представляет турбулентный режим, при котором течение сопровождается случайными флуктуациями скорости и давления, направленными от одного цилиндра к другому и приводящими к интенсивному перемешиванию. Особенно велика радиальная компонента скорости потоков, осуществляющая центробежный отброс электролита-суспензии к внутренней поверхности неподвижного цилиндра. Этот режим и получил название режим центробежного гидродинамического поля. Вместе с тем вращение анода с частотой выше 12 с^{-1} обеспечивает «двойную циркуляцию» электролита-суспензии – локальную и общую. Локальная циркуляция осуществляется вихревым движением ЭС (по окружности) в пространстве между катодом и анодом. Общая циркуляция характеризуется объединением межэлектродных вихрей в общий поток, идущий вверх по винтовой линии, что поддерживает обмен электролита между пространствами ванны и цилиндра (см. рис. 1).

Результаты исследования нанесения КГП железо-карборунд в центробежном гидродинамическом поле показали, что электродный процесс с интенсивным перемешиванием ЭС в ЦГП происходит с деполяризацией и способствует увеличению токовых режимов, при которых можно формировать качественные композиционные гальванические покрытия [12]. Получены математические модели взаимосвязи факторов электролиза в ЦГП, которые позволяют назначить оптимальные условия, обеспечивающие осаждение равномерных покрытий с заданным содержанием наполнителя. Установлено, что, изменяя только частоту вращения анода, можно получить покрытия с равномерным распределением ДФ в пределах от $0-30\%$ (об.) [13].

Лабораторные испытания износостойкости КГП в паре с хромированным контртелом при возвратно-поступательном движении дали возможность найти оптимальный состав (по размерам и содержанию ДФ) электролитического железа в $5-10$ раз (рис. 2). При этом содержание ДФ карборунда в образцах составляет $24-26\%$ (об.), а размеры частиц отвечают марке М14. Приработка композиций оптимального состава (размер частиц М14, содержание $24-26\%$ (об.)) завершается за $(12-14) \cdot 10^3$ двойных циклов при наименьшей суммарной шероховатости пары трения $\sum R_a = 0,58 \text{ мкм}$ [14].

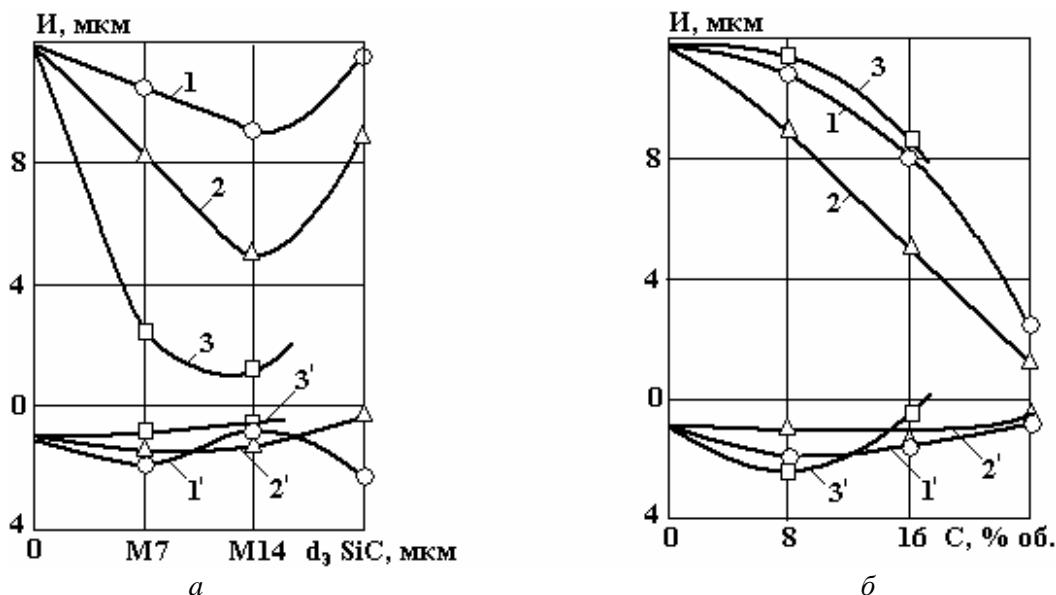


Рис. 2. Влияние размеров (а) и содержания (б) частиц дисперсной фазы SiC на линейный износ КПП (1, 2, 3) в контакте с хромированным контртелом (1', 2', 3') при возвратно-поступательном движении. Содержание SiC в КПП (а), %: 1 и 1' – 8...10; 2 и 2' – 16...18; 3 и 3' – 24...26. Размеры частиц SiC (б) соответствуют маркам: 1 и 1' – М7; 2 и 2' – М14; 3 и 3' – М20

Изучена обрабатываемость цилиндров восстановленных КПП хонингованием крупнозернистыми алмазными брусками. Их применение позволило значительно повысить производительность обработки и сократить операцию предварительного шлифования. Установлена взаимосвязь между показателем точности и факторами механической обработки, из которых наибольшее влияние оказывают давление брусков и частота вращения хона. Максимальное значение показателя точности достигается при: $P = 0,2$ МПа; $n = 4$ с⁻¹; $Z = 500/400$; $n_{дв.х} = 30$ дв.х/мин. Увеличение всех факторов алмазного хонингования (при достижении шероховатости $R_a > 3$ мкм) приводит к повышению производительности обработки и шероховатости поверхности КПП, а наибольшее влияние на эти параметры оказывают давление и зернистость брусков [15].

Найденные условия осаждения и финишной обработки качественных износостойких композиционных гальванических покрытий железо-карборунд позволили разработать технологический процесс восстановления и упрочнения цилиндров ДВС на примере цилиндров двигателей СМД-62 тракторов Т-150К, широко используемых в сельском хозяйстве Молдовы. Были разработаны промышленные ванны и установка, позволяющие наносить равномерные износостойкие КПП на детали; линия гальванического восстановления цилиндров; конкретизированы режимы вспомогательных операций; проверены и уточнены режимы нанесения и финишной обработки КПП в условиях производства.

Последовательность основных операций электроосаждения железных покрытий (обезжиривание, анодное травление, нанесение покрытий), режимы электрохимического обезжиривания и анодной обработки деталей для КПП сохраняются, чем обеспечивается принцип унификации технологий на высоком уровне. При этом сама технологическая линия позволяет осаждать на различные детали как «чистые» железные покрытия, так и КПП.

Разработке технологического процесса предшествовал анализ ремонтного фонда цилиндров СМД-62 и СМД-14, выполненный на основе статистической выборки из 100 деталей каждого наименования [16]. На данной основе рекомендовано введение размерных групп, мм: СМД-62 – 1) 0,02–0,39; 2) 0,4–0,75; СМД-14 – 1) 0,02–0,45; 2) 0,46–0,75; 3) 0,76–1, повышающих эффективность процессов [16].

С учетом характера износа цилиндров и требований к поверхности восстановления перед железнением зеркало цилиндров целесообразно предварительно шлифовать на внутришлифовальном станке СШ64Р7 (круг ПВ 100×50×38, 24АСМ2К8 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2434-83). Эта операция позволяет исправить геометрию цилиндра и положение его оси относительно торца, а также удалить деформированный и пропитанный маслом слой металла. Для улучшения сцепления покрытий с основой и повышения класса их чистоты выполняют предварительное хонингование цилиндров на станке

ЗМ83 с применением алмазных брусков АС32 с зернистостью 125/100.

Обезжиривание цилиндров из чугуна целесообразно проводить электрохимическим способом. В целях уменьшения наводороживания деталей процесс очистки ведется сначала на катоде (6–10 мин), а затем на аноде (1–3 мин). Цилиндры обезжиривают в стандартных растворах и на испытанных режимах с применением специального подвешного устройства, предназначенного только для этой операции. Использование пооперационных приспособлений позволяет исключить смешивание технологических растворов, сохранить стабильность их состава длительное время и повысить эксплуатационную надежность линии. Для защиты обработанных поверхностей от коррозии и обеспечения ритмичности работы линии детали нужно обезжиривать по мере освобождения установки. Интервал времени, отведенный на демонтаж цилиндра из подвешного устройства (после промывки в холодной воде) и монтаж его в промышленную установку (для анодной обработки) должен быть непродолжительным.

Выбор электролита и режимов анодной обработки зависит от материала детали. В практике ремонтного производства для изделий из стали и чугуна широко применяется 30%-ный раствор серной кислоты [5]. Этот электролит, простой для анализа и надежный в эксплуатации, обеспечивает высокую прочность сцепления покрытий с основой. Электрохимическое травление цилиндров из чугуна (специальный чугун, содержащий легирующие элементы) рекомендуется проводить при частоте вращения катода 1400–1600 об/мин и плотности тока $D_a = 4–6 \text{ кА/м}^2$ в течение $\tau = 35–50 \text{ с}$. Интенсивное ЦПП при травлении способствует выравниванию состава электролита и лучшему удалению продуктов анодного растворения. При перетравливании обработку повторяют, сокращая ее время до 2 мин и сочетая промывку с очисткой зеркала цилиндра щеткой от шлама [17].

Состав электролита-суспензии и условия электроосаждения композиций Fe-SiC на основе результатов исследований следующие: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 500 \dots 600 \text{ кг/м}^3$; SiC марки М14 – 90–110 кг/м^3 ; рН = 0,6–0,8; температура ЭС – 313–320 К; частота вращения анода – 800–1000 об/мин [16].

Электролит-суспензию готовят введением в раствор хлористого железа микропорошка карборунда марки М14. Проработанный раствор целесообразно отфильтровать и вводить в него дисперсную фазу при постоянном перемешивании. Микропорошок необходимо предварительно смочить небольшим количеством проработанного электролита и довести кислотность концентрированной суспензии до рН = 0,6–0,8. Приготовленная суспензия стабилизируется в течение 10...12 часов.

Процесс нанесения покрытий следует начинать с «выдержки детали без тока» ($\tau = 35–40 \text{ с}$) при частоте вращения анода 1400–1600 об/мин. Частицы дисперсной фазы в ЦПП высокой интенсивности удаляют с зеркала цилиндра оставшиеся продукты анодного растворения и оксиды железа. Выход на рабочий режим ($D_k = 30–35 \text{ А/дм}^2$) осуществляется постепенно и поэтапно (см. таблицу). Скорость вращения анода уменьшается до оптимальной при плотности катодного тока 10 А/дм^2 .

График выхода на рабочий режим электролиза

Этапы	Режим этапа		Скорость роста плотности катодного тока до следующего этапа, $\text{А/дм}^2 \cdot \text{мин}$	Конечная плотность катодного тока, А/дм^2
	Плотность катодного тока, А/дм^2	Время, мин		
I	2,5	5	0,5	5
II	5	5	1	10
III	10	10	1,5	30...35

Содержание ДФ в электролите-суспензии проверяют методом седиментации с использованием градуированных пробирок. Для этого после приготовления суспензии и стабилизации ее параметров при перемешивании берутся пробы на анализ. Впоследствии через каждые три-четыре смены эксплуатации ванны процедура отбора повторяется и корректируется содержание ДФ по формуле

$$a_2 = a_1 \cdot h_2 / h_1, \quad (4)$$

где a_1, a_2 – первоначальное и текущее содержание ДФ в ЭС, кг/м^3 ; h_1, h_2 – первоначальная и текущая высота столбика ДФ в пробирках после отстаивания в течение часа, мм.

Толщина композиционных покрытий Fe-SiC для цилиндров определяется по формуле

$$z = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3, \quad (5)$$

где Δ_1 – значение величины износа, мм; Δ_2 – припуск на механическую обработку (шлифование и хонингование) детали до нанесения покрытий, мм; Δ_3 – припуск на механическую обработку детали после нанесения покрытий, мм.

В целях рационального использования композиционного осадка, особенно при малых программах восстановления цилиндров, количество размерных групп можно увеличить. Однако, поскольку железные покрытия на чугунной основе при их низкой толщине могут отслаиваться, диапазон первых размерных групп для обоих цилиндров рекомендуется не уменьшать [17]. Поэтому минимальный размер цилиндров, поступающих на гальванический участок, не должен превышать: СМД-62 – 130,4 мм; СМД-14 – 120,5 мм. Вместе с тем, при нанесении железных композиций в ЦГП необходимо учитывать некоторые отмеченные ранее особенности этого процесса, что способствует осаждению на зеркало цилиндра качественных прочносцепленных осадков [18].

Повышение интенсивности перемешивания электролита неизбежно приводит к увеличению ухода из раствора летучей соляной кислоты, с помощью которой поддерживается технологически необходимый pH. Поэтому при разработке технологии целесообразно рекомендовать $\text{pH} = 0,6 - 0,8$ вместо принятого для стационарных условий $\text{pH} = 0,8 - 1$. Некоторое уменьшение кислотности электролита может привести к незначительному падению выхода по току железа, но обеспечит устойчивость раствора к появлению в нем гидроксидов железа, а для корректировки кислотности рекомендуется использовать соответствующую автоматическую аппаратуру. Для обеспечения постоянства рецептурного состава ЭС в промышленной установке должны быть предусмотрены стабилизирующие устройства. Лабораторный и производственный опыт показал, что покрытия железо-карборунд, осаждаемые в условиях оптимального ЦГП, получаются гладкими, равномерными и без дендритов. Их обработку целесообразно проводить на хонинговальном станке с применением крупнозернистых алмазных брусков без операции шлифования на внутришлифовальном станке. Цилиндр с покрытием размещают в пневматическом приспособлении хонинговального станка, которое вместе с хонинговальной головкой, шарнирно закрепленной в шпинделе станка, обеспечивает плавающее положение детали. Плавающая опорная технологическая база и дополнительное базирование цилиндра по поверхности инструмента позволяют производить одновременный съём металла со всей поверхности и сократить припуск на обработку до 0,1–0,15 мм. В то время как по старой технологии, требующей шлифования цилиндров с покрытиями, необходим припуск на обработку в 2–2,5 раза больше.

В первоначальный период в целях проверки прочности сцепления покрытия с чугунной основой обработку следует вести при более высоком давлении брусков с периодическим осмотром краев цилиндра. Затем задают условия оптимального режима, полученные в ходе экспериментов: скорость вращения хона – 4 с^{-1} ; давление брусков – 0,2 МПа; скорость возвратно-поступательного движения брусков с зернистостью 500/400 – 30 дв. ход/мин.

Общий процесс восстановления цилиндров КГП осуществляют по следующей технологической схеме: мойка; дефектовка и разделение деталей на размерные группы; шлифование; хонингование; монтаж цилиндра в подвесном устройстве; обезжиривание; промывка горячей водой; промывка холодной водой; демонтаж цилиндра с подвесного устройства; монтаж цилиндра в промышленную установку; анодная подготовка; промывка теплой водой; нанесение композиционных покрытий; промывка холодной водой; демонтаж цилиндра с промышленной установки; нейтрализация; промывка горячей водой; сушка; черновое хонингование; чистовое хонингование; контроль инструментальный; консервация и подача цилиндров на сборку.

Оборудование для восстановления цилиндров двигателей и гальваническая линия должны были обеспечить скорость роста осадков – 0,3–0,4 мм/час; микротвердость покрытий – не менее 500 кгс/мм²; ресурс восстановленных деталей – не менее 100% от новых при годовой программе 5000 деталей; универсальность. Поэтому для нанесения КГП на зеркало цилиндров разработали специальные одноместные переносные установки в лабораторном и промышленном вариантах (рис. 3, 4). Разработка технической документации и изготовление установок осуществлялись на Опытном заводе АН Молдовы с участием авторов. Конструкторские разработки велись с учетом особенностей процесса, описанных выше, и агрессивности электролитов. Все поверхности анода и цилиндра, не участвующие в электрохимических реакциях, изолировали кислотостойкими материалами. Наиболее перспективным материалом, обеспечивающим надёжную изоляцию поверхностей и имеющим достаточную механическую прочность, явилось органическое стекло. Из него же изготовили и другие детали, соприкасающиеся с электролитом. При разработке и изготовлении оборудования использовали также текстолит, пластикат листовой, полихлорвинил трубчатый, винипласт, эпоксидную смолу. Токоподводы установки были выполнены из медных материалов, поскольку их размещали в местах, герметически защищенных от попадания рабочих растворов.

Лабораторное устройство представляло собой два соосных цилиндра – восстанавливаемую деталь и вращающийся анод, помещенные в электролит-суспензию. Компоновка установки выполнена с верхним расположением базисных деталей и вспомогательных узлов, что позволило отделить их от электролита (см. рис. 3).

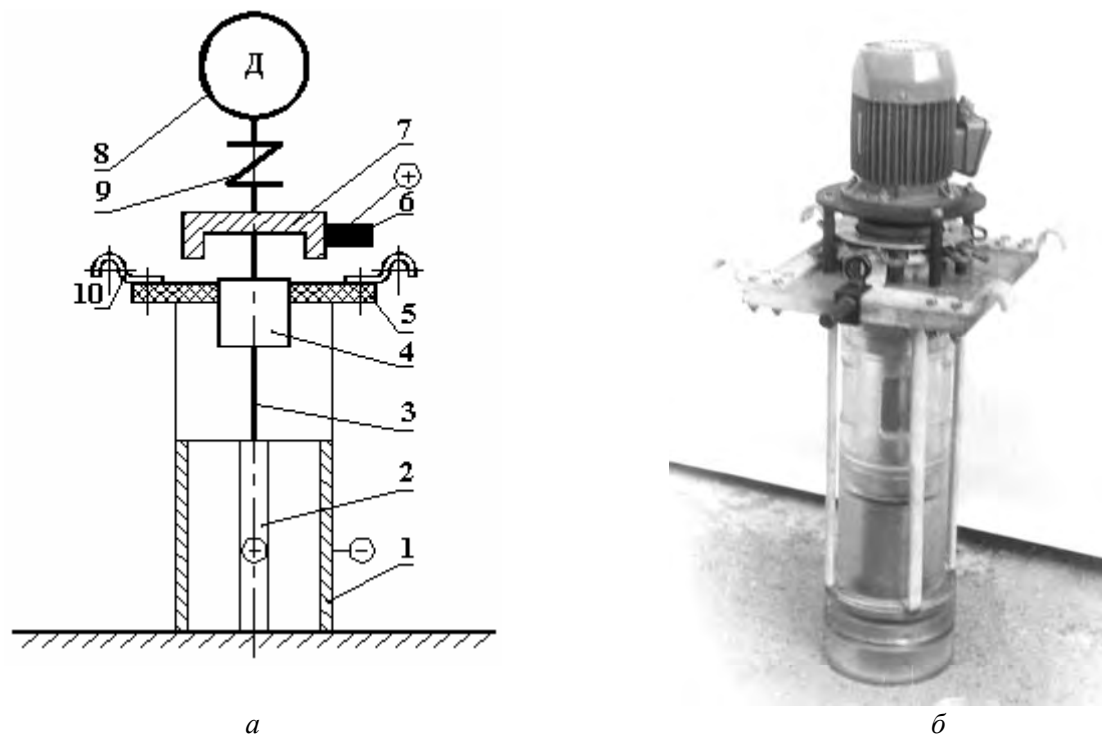


Рис. 3. Схема (а) и общий вид (б) промышленной установки: 1 – цилиндр; 2 – анод; 3 – вал; 4 – корпус; 5 – несущая траверса; 6 – графитовая щетка; 7 – коллектор; 8 – электродвигатель; 9 – муфта; 10 – токоподвод

Для обеспечения необходимой жесткости крепления всех узлов и их изоляции от электрического тока несущую траверсу 5 промышленной установки изготовили из конструкционного текстолита толщиной 30 мм (см. рис. 4). В центре ее, в сквозном отверстии, размещали механизм вращения установки, состоящий из корпуса 4 с двумя подшипниками 11 и вала 3. Параметры деталей и технология их изготовления обеспечивали минимальное биение анода. Диаметр вала выбрали с учетом возможности пропускания тока большой силы (450–500 А). На валу закрепляли анод 2 с помощью цилиндрической гайки 12, которая вместе с ним формирует общий цилиндр. Анод закрепляли на валу так, чтобы расстояние от его верхнего края до зеркала ванны было не менее 0,1–0,15 м. Средняя часть вала, от верхнего торца анода до корпуса подшипников, закрыта трубкой 13 из органического стекла, приклеенной к валу эпоксидной смолой. Надежность контакта обеспечивалась тонкими шайбами из мягкого металла, защищенными от электролита резиновыми прокладками. В целях уменьшения краевого эффекта аноды изготавливали на 2 мм короче цилиндра. К нижней стороне траверсы концентрично аноду крепится обойма 14 из органического стекла для восстанавливаемого цилиндра 1. Обойма снабжена окнами 15 для циркуляции электролита и двумя кольцевыми токоподводами 16 и 17, соединенными между собой латунными штангами 18, для передачи электрического тока. Нижний кольцевой токоподвод 17 с конической поверхностью жестко закреплён внутри нижней части обоймы. Внутренняя коническая поверхность токоподвода 17 служит для упора медной цанги 19, обеспечивающей плотный электрический контакт с цилиндром 1 по его наружному пояску. Цилиндр зажимается в обойме с помощью кольцевой гайки 20 из органического стекла через резиновые кольца и прокладки. Подобная схема катодного устройства обеспечивает прохождение тока и герметичность изоляции внешней поверхности детали 1, токоподвода 17 и цанги 19 от электролита.

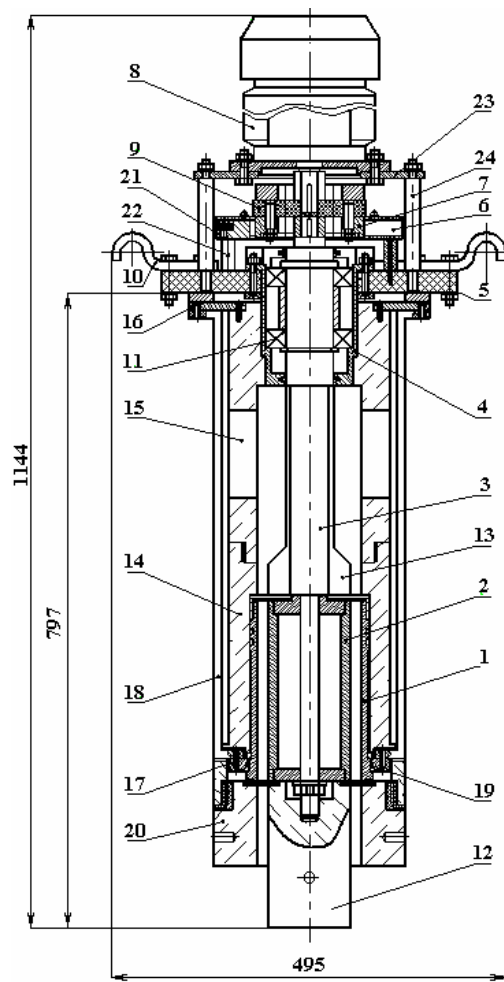


Рис. 4. Промышленная установка: 1 – цилиндр; 2 – анод; 3 – вал; 4 – корпус; 5 – несущая траверса; 6 – графитовая щетка; 7 – коллектор; 8 – электродвигатель; 9 – муфта; 10 – токоподвод; 11 – подшипник; 12 – цилиндрическая гайка; 13 – трубка; 14 – обойма; 15 – окна; 16 – верхний кольцевой токоподвод; 17 – нижний кольцевой токоподвод; 18 – латунная штанга; 19 – медная цанга; 20 – кольцевая гайка; 21 – щеткодержатель; 22 – текстолитовая ножка; 23 – металлическая плита; 24 – стойка

В верхней части траверсы установлен скользящий токосъемник (графитовая щетка 6 и коллектор 7) с электродвигателем 8. В целях создания простого токосъемника с компактными размерами было решено изготовить коллектор 7 фланцевого типа. Щеткодержатель 21 с графитовыми щетками 6 закреплен на текстолитовые ножки 22. Фланцевый электродвигатель постоянного тока 8 установлен на металлической плите 23, которая опирается на четыре стойки 24. Коллектор 7 закреплен жестко на валу 3 установки, а графитовые щетки 6, размещенные в радиальные канавки щеткодержателя 21, удерживаются в плавающем положении усилием пружин. Вал двигателя и вал установки соединены муфтой 9 из текстолита, защищающей электрохимическую систему от индукционных токов электродвигателя. С обеих сторон траверсы имеются по два полукруглых неподвижных токосъемника 10, которые служат одновременно и опорами во время электролиза. Правые токосъемники соединены с вращающимся анодом, а левые – с восстанавливаемым цилиндром. Для сборки установки цилиндр ставится на стол посадочным пояском вниз. На поясок надевается медная цанга до упора в буртик. Цилиндр вместе с цангой устанавливают в обойму и прижимают кольцевой гайкой до упора. Затем установка подается на технологическую линию для обработки. При этом она опирается на электродные штанги ванн. Усиление осевой компоненты скорости ЭС выполняется с помощью фторопластовых турбинок, установленных на концах анода.

Установка снабжена блоком управления электроприводом, состоящим из автотрансформатора АОСН-20-220-75 УХЛЧ (ГОСТ 15150-69), выпрямительного блока с диодами Д112-25-5, блок-реверса (два магнитных пускателя ПМЕ-211 и два реле времени ВЛ-56 УХЛЧ).

Гидродинамическое подобие между лабораторным устройством и промышленной установкой

обеспечивали сохранением величины межэлектродного зазора – 20–30 мм и числа Рейнольдса.

Одним из основных элементов оборудования в технологической линии восстановления цилиндров двигателей СМД-62, СМД-14 является стационарная ванна с электролитом-суспензией. Разработка ее конструкции велась с учетом возможности нанесения КГП и на другие детали машин. Ванна прямоугольной формы была снабжена устройствами для механической зачистки полукруглого днища и перемешивания суспензии, а также ускоренного подогрева ЭС перед началом работы (рис. 5).

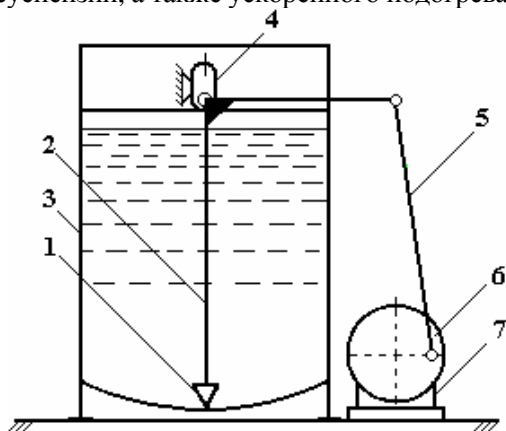


Рис. 5. Схема ванны с устройством для диспергирования микропорошков: 1 – зубчатый скребок; 2 – П-образная качающаяся рама; 3 – ванна с электролитом-суспензией; 4 – шарнир с продолговатым отверстием; 5 – шатун; 6 – диск; 7 – электродвигатель с редуктором

Рис. 6. Рабочая ванна с промышленными установками

Наличие шарнира с продолговатым отверстием позволяет П-образной качающейся раме смещаться вертикально в зависимости от толщины слоя порошков в средней части ванны, что предохраняет ее от перегрузок. Ванна была футерована винипластом марки ВН (ГОСТ 9639-71). В рабочей ванне устанавливались две промышленные установки для одновременного восстановления двух цилиндров (рис. 6).

Оборудование для нанесения КГП на цилиндры дизелей и технологическая линия восстановления деталей сельхозтехники были установлены на Александренском мотороремонтном заводе лабораторией гальванических покрытий ИПФ АНМ (рис. 6).

Линия включала ванны обезжиривания, промывки, анодной обработки, нанесения покрытий и нейтрализации (рис. 7). Конструкции ванн выполнялись в соответствии с ГОСТ 23738-85 «Ванны автооператорных линий для химической, электрохимической обработки поверхности и получения покрытий. Основные параметры и размеры». К ним предъявляется ряд важных требований: герметичность, отсутствие химического взаимодействия раствора с корпусом ванны, возможность обогрева, безопасность обслуживания и др.

Ванны изготовляли из листовой стали Ст.3 объемом 400 и 800 л прямоугольной формы. Внутренние стороны стенок и бортов ванн футеровали прокладочным пластиком марки ПП-КЭ (ГОСТ 6-19-503-79) толщиной 2 мм. Этот материал обладает хорошими механическими свойствами, высокой пластичностью и плотно прилегает к поверхности ванны при его сварке горячим воздухом. Сварку выполняли с помощью горелки для сварки пластмасс ГЭП-1А-67. Наружные поверхности ванн красили эмалью ХВ-785 (ГОСТ 7313-85) – для агрессивных паров, газов, жидкостей. Корпус ванн для холодной и горячей промывки изготовляли с боковым карманом для вытеснения в канализацию (далее в станцию водоочистки) верхних более грязных слоев воды. Ванны для электрохимического обезжиривания и горячей промывки после обезжиривания эксплуатировались без внутренней футеровки.

Выбор источников питания осуществлялся с учетом особенностей электрохимических процессов в каждой ванне, современных достижений в области строения выпрямительных агрегатов и возможности применения новых перспективных технологий: обеспечение широкого диапазона регулирования напряжения и тока; повышение точности стабилизации выходных параметров; обеспечение реверсивного импульсного режима работы; возможность дистанционного управления источником. Согласно изложенным требованиям для процессов травления и нанесения железных покрытий

больше подходят источники типа ТВИ1-1600/24Т-УХЛЧ, а для электрохимического обезжиривания ВАКР-1600-24УЧ. В целях защиты последних от агрессивных паров их установили в отдельном помещении, а пульт управления – около технологической линии. Ввиду необходимости управления ими дистанционно, а также для точного регулирования тока при выходе на режим, источники питания подключили через регулятор тока РТТ-25/0,5. Следует отметить, что источники питания типа ВАКР в процессе эксплуатации показали себя более надежными, чем ТВИ.

К потолку был прикреплен двухтавровый швеллер 16 овальной формы, по которому перемещался электрический тельфер 15 с подвесками или промышленной установкой. На участке проложили трубопроводы для подачи к ваннам воды и пара.

Помимо основного оборудования были разработаны и изготовлены:

- установка для приготовления и фильтрации электролита;
- верстак и стеллажи для сборки и разборки подвесок с деталями и хранения инструментов;
- подставки для промышленных установок;
- система водоочистки.

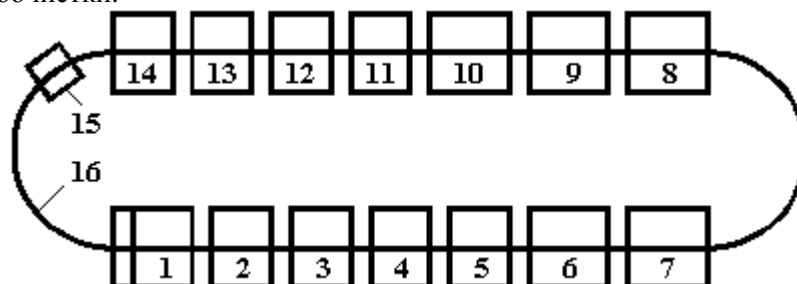


Рис. 7. Схема гальванической линии: 1 – 7 - ванны обезжиривания, горячей промывки, холодной промывки, травления, промывки при 40...50°С, железнения; 8, 9 – ванны нанесения композиционных покрытий; 10 – 14 – ванны фильтрации электролита, промывки после железнения, нейтрализации, промывки после нейтрализации, запасная; 15 – электрический тельфер; 16 – двухтавровый швеллер

Участок был укомплектован лабораторным оборудованием для контроля и анализа состава растворов и покрытий и дистилляции воды.

Технологические процессы успешно функционировали на Александренском МРЗ свыше пяти лет, до момента реформирования сельского хозяйства и приватизации предприятия для восстановления широкой номенклатуры деталей, включая цилиндры двигателей СМД-62 и СМД-14 (свыше 50 тыс. деталей).

Перефилирование предприятия в результате реформирования сельского хозяйства привело к утрате им ремонтной функции, участок восстановления резко сократил свою программу и номенклатуру восстанавливаемых гальваническим способом деталей.

Вместе с тем в связи с фактическим прекращением поступления в сельское хозяйство новой техники, разрушением ремонтной базы, старением и износом сельхозтехники, объективно растет необходимость в организации ее ремонта и восстановления деталей на новой экономической основе, учитывающей многоукладность народного хозяйства республики. На наш взгляд, потребность в восстановлении деталей могут удовлетворить два–три специализированных предприятия по ремонту сельхозтехники, которые необходимо возродить на базе работающих (Будештское РП, Бульбокское РП, Александренский МРЗ).

Вероятно, в новых условиях получит распространение агрегатный необезличенный капитальный ремонт тракторов и сельхозмашин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами /А.Г. Бойцов, В.Н. Машков, В.А. Смоленцев, Л.А. Хворостухин. М.: Машиностроение, 1991. 144 с.
2. Уманский В.Б., Костенко А.А., Худик Ю.Т. Упрочнение деталей металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1991. 176 с.
3. Плешко Е.Д. Лазерное упрочнение легированных железных покрытий // Электронная обработка материалов. 2007. № 4. С. 74–85.
4. Рекомендации по организации системы технического сервиса в агропромышленном комплексе /Научно-исследовательский конструкторско-технологический институт механизации и электрифи-

- кации АПК. Кишинев: «Агроинформреклама», 1995. 40 с.
5. Мелков М.П., Швецов А.Н., Мелкова И.М. Восстановление автомобильных деталей твердым железом. М.: Транспорт, 1982. 198 с.
 6. Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные материалы. М.: Химия, 1983. 304 с.
 7. Гурьянов Г.В. Электроосаждение износостойких композиций. Кишинев: Штиинца, 1985. 238 с.
 8. Антропов Л.И., Лебединский Ю.Н. Композиционные электрохимические покрытия и материалы. Киев: Техніка, 1986. 199 с.
 9. Астахов Г.А. Гидродинамические параметры формирования композиционных электрохимических покрытий // Восстановление деталей машин электрохимическим способом. Кишинев: Штиинца, 1984. С. 56–63.
 10. Хабибуллин И.Г. Исследование процесса образования и свойств композиционных электрохимических материалов на основе никеля. Автореф. дисс. канд. хим. наук. Казань, 1974. 20 с.
 11. Ньюмен Д. Электрохимические системы. М.: Мир, 1977. 463с.
 12. Кроитору Д.М., Гурьянов Г.В., Сидельникова С.П. О некоторых особенностях электролиза при железнении в центробежном гидродинамическом поле // Электронная обработка материалов. 1993. № 5. С. 29–32.
 13. Кроитору Д.М., Гурьянов Г.В., Ботошану Н.И. Влияние условий электролиза на состав и равномерность композиционных гальванических покрытий // Электронная обработка материалов. 1994. № 2. С. 52–57.
 14. Кроитору Д.М., Гурьянов Г.В., Аждер В.В., Чебан В.Ф., Поштару Г.И. Трибологические свойства композиционных гальванических покрытий железо-карборунд // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Republicii Moldova. Fizica şi tehnica. 1992. Nr.3. P. 89–95.
 15. Кроитору Д.М., Гурьянов Г.В. Механическая обработка композиционных гальванических покрытий железо-карборунд // Электронная обработка материалов. 1994. № 6. С. 57–62.
 16. Croitoru Dumitru. Recondiţionarea cilindrilor de motoare diesel cu acoperiri galvanice de compoziţie fier-carborund on comp hidrodinamic centrifug. Дис. канд. техн. наук. Chişinău, 2005. 123с.
 17. Гологан В.Ф. Технологическое обеспечение оптимальных эксплуатационных характеристик восстановленных автотракторных деталей электролитическим железом. Автореф. дисс. докт. техн. наук. Кишинев, 1990.
 18. А.С.1468983 СССР, МКИ С25D 17/00. Устройство для нанесения композиционных гальванических покрытий / Кроитору Д.М., Борцой Ф.В. и Гурьянов Г.В. Опубл.30.03.89. Бюл. №12.

Поступила 16.06.08

Summary

The technology of restoration and strengthening of the cylinders of reciprocating motors by iron-carborundum composite electroplates in the hydrodynamic field is developed. We performed the mathematical description of soliquid hydrodynamics in the electrochemical system, which consists of two coaxial cylinders - restorable component and revolving anode (creating centrifugal hydrodynamic field). We give the characteristics of the method of the technological process for plating the compositions Fe-SiC, the optimum parameters of wearing capacity and mechanical processing. The equipment for the galvanic section production of the electric precipitation of composite coatings is presented.
