УДК 62-352

Л.В. Козырева[1], В.В. Козырев[2], Н.Н. Чупятов[2], Н.А. Филиппова[1]
([1]Тверской государственный технический университет, [2]Тверская государственная сельскохозяйственная академия"; e-mail: larisa.v.k.176@mail.ru)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Разработан способ восстановления деталей гидравлических систем сельскохозяйственных, дорожно-строительных и лесозаготовительных машин с применением CVD-метода металлоорганических соединений по замкнутому циклу на основе принципов ресурсосбережения и автоматизации.

Ключевые слова: CVD-метод, металлоорганические соединения, автоматизация, ресурсосбережение.

L.V. Kozyreva, V.V. Kozyrev, N.N. Chupyatov, N.A. Filippova

THE RESTORATION OF DETAILS OF HYDRAULIC SYSTEMS WITH CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL SECURITY

A method for the recovery of details of hydraulic systems of agricultural, road construction and logging machines using CVD-method organometallic compounds is carried out in a closed cycle on the basis of resource saving and automation.

Key words: chemical vapor deposition (CVD), organometallic compounds, automation, resource saving.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 ноября 2014 г.

Надёжность современных самоходных сельскохозяйственных, дорожно-строительных и лесозаготовительных машин во многом определяется безотказной работой гидравлических систем. В процессе эксплуатации преждевременный отказ сопрягаемых деталей масляных насосов, гидравлических распределителей, гидроцилиндров происходит при наработке менее 50 % от ресурса, установленного заводом-изготовителем. Основная часть отказов является результатом различных видов изнашивания дорогостоящих прецизионных пар. Это объясняется особыми условиями работы таких деталей в сопряжениях, в том числе высокими скоростями скольжения при больших количествах рабочих циклов, знакопеременными нагрузками при значительных давлениях рабочих жидкостей [1].

В настоящее время на ремонтных предприятиях восстановление рабочих поверхностей деталей гидравлических систем производится доводкой, шлифованием до выведения износа, а при значительных износах – наращиванием поясков гальваническими способами с последующим шлифованием. В соответствии с наносимым металлом различают следующие технологические процессы получения гальванических покрытий: хромирование, железнение, химическое никелирование, электролитическое натирание, электролизное борирование и другие.

Общим недостатком гальванических способов металлизации является то, что с целью улучшения структурных свойств и качества получаемых покрытий применяется более 100 видов соединений, обладающих высокой химической активностью, значительное количество которых переходит в твердые, жидкие и газообразные отходы. Ежегодно потери хрома со сточными водами составляют 14 *тыс тонн*, никеля, меди и цинка по 5 *тыс тонн*, кадмия – около 1 *тыс тонн*. Поэтому в местах дислокации предприятий с гальваническими производствами предельно допустимые концентрации этих металлов в окружающей среде могут быть превышены [2, 3].

Наряду с усовершенствованием технологических процессов получения гальванических покрытий за счёт снижения агрессивности электролитов, создания оборотных систем водообеспечения производств, разработки способов утилизации отходов и совершенствования систем газоочистки в настоящее время принято направление на использование новых способов получения покрытий на основе принципов ресурсосбережения, малоотходности и автоматизации. К таким способам, применимым для восстановления деталей гидравлических систем, можно отнести *CVD*-метод (***CVD – Chemical Vapor Deposition***, то есть "***химическое парофазное осаждение***") ***металлоорганических соединений (МОС)***.

Сущность *CVD*-метода МОС заключается в том, что исходное соединение, находящееся в жидком или твердом состоянии, переводится в газообразное путем испарения или сублимации. Полученная газовая смесь подается в реакционную камеру и при контакте с подложкой осаждается на её поверхности, нагретой до температуры разложения металлоорганического соединения. Осаждение покрытий может проводиться как в вакууме, так и в среде транспортирующих газов.

Особенностью *CVD*-метода МОС является механизм образования покрытий. При этом металлизируемая поверхность подложки находится в окружении газовой смеси, включающей в себя пары металлоорганического соединения, молекулы которого постоянно перемещаются во всех направлениях в объёме реакционной камеры, что позволяет им приближаться и вступать в контакт со всеми частями подложки.

Если сравнить *CVD*-метод с другими методами получения металлических покрытий такими, как гальваническое осаждение, диффузионная металлизация, газопламенное и плазменное напыление, лазерная и газопорошковая наплавка, то можно отметить следующие преимущества *CVD*-метода:

- высокая скорость металлизации, до 10 *мкм/мин*;
- высокая плотность покрытий;
- возможность равномерного "омывания" подложки парами МОС, что позволяет осуществлять металлизацию поверхностей сложной конфигурации;

- микротвёрдость покрытий до 9000 *МПа*;
- прочность сцепления покрытия с материалом подложки до 260 *МПа*;
- температурные интервалы ведения процесса от 70 до 800 °*С*;
- возможность металлизации металлов и неметаллических материалов (керамики, пластмасс, резины и др.);
- возможность автоматизации процесса;
-возможность проведения процесса по замкнутому циклу [3].

Разработан способ восстановления и упрочнения подшипников скольжения масляных насосов НШ-50У, изготовленных из алюминиевого сплава АК9М2 ГОСТ 1583-93 с применением *CVD*-метода тетракарбонила никеля – $Ni(CO)_4$.

Нанесение покрытий на подшипники скольжения насосов НШ-50У осуществлялось с применением экспериментальной установки, созданной в лаборатории высоких технологий научного центра Российской Федерации Государственного научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений (ГНЦ РФ ГНИИХТЭОС), г. Москва. Общий вид и технологическая схема установки представлены на рис. 1 и 2.

Рис. 1. Общий вид установки для получения покрытий *CVD*-методом металлоорганических соединений

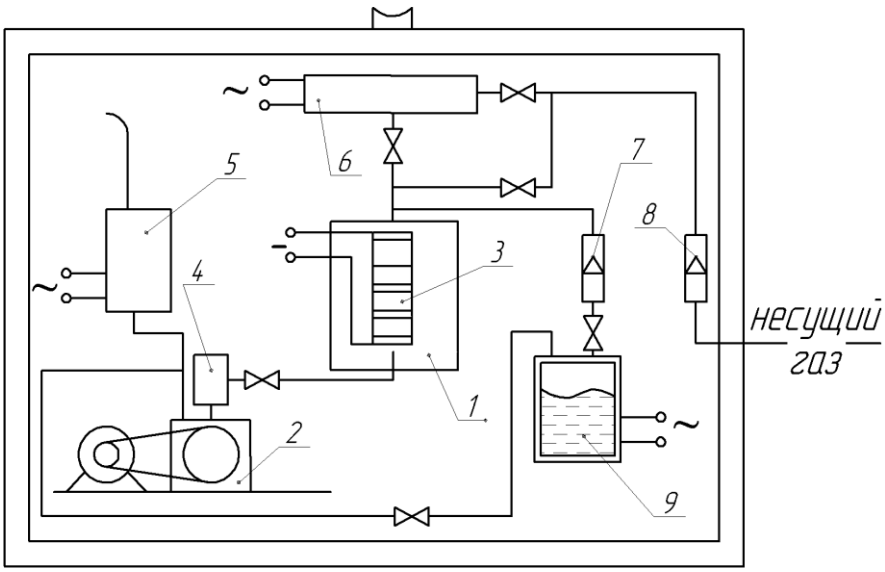

Рис. 2. Схема установки для получения покрытий *CVD*-методом:
1 – реактор; 2 – вакуумный насос; 3 – нагреватель с деталями; 4 – фильтр;
5 – печь дожига; 6 – сублиматор с МОС; 7, 8 – расходомер; 9 – ёмкость с жидким МОС

В данной установке реализован способ осаждения металла путём термического разложения металлоорганических соединений на нагретой подложке при использовании в качестве МОС тетракарбонила никеля [1].

Выбор тетракарбонила никеля в качестве исходного реагента металлизации объясняется широкой практикой его применения на предприятиях цветной металлургии, так как он является промежуточным продуктом при получении никеля. Тетракарбонил никеля – это универсальный реагент для получения металлических покрытий, обладает оптимальными физико-химическими характеристиками: жидким агрегатным состоянием и низкой температурой разложения, что технологически более предпочтительно в *CVD*-методе, так как снижаются энергозатраты на процесс перевода исходного реагента в газовую фазу и его разложение. Однако тетракарбонил никеля в газообразном состоянии, согласно ГН 2.2.5.1313-03, является чрезвычайно опасными соединением, максимально разовая концентрация которого в воздухе рабочей зоны составляет 0,003 *мг/м*^{3}.

Снижение риска негативных последствий от использования токсиканта в технологическом процессе достигается полной автоматизацией работ. При этом перевод в газообразное состояние $Ni(CO)_4$ происходит только в условиях полной герметичности испарителя и реактора, что исключает непосредственный контакт работающего персонала с реагентом. Металлизация осуществляется по замкнутому циклу и невступившие в реакцию соединения (не более 5 %) возвращаются в реактор, где происходит повторное разложение газовой смеси. Установка металлизации оснащена печью дожига, которая включается при проведении экспериментальных исследований, когда появляется риск образования опасных соединений в реакторе. Под воздействием высоких температур токсиканты полностью разлагаются до безопасных продуктов [1, 4].

Для реализации принципа ресурсосбережения при нанесении покрытий на внутренние поверхности подшипников скольжения применялся специально изготовленный нагреватель, исключающий образование покрытий на остальных поверхностях. Защита наружных поверхностей от нанесения покрытий обеспечивалось током МОС исключительно внутри нагревателя. Подача реагента в нагреватель осуществлялась с одной стороны, а отбор не прореагировавших компонентов вакуум-насосом – с другой.

Применением данного устройства для металлизации внутренних поверхностей втулок достигнуто сокращение расхода реагента в 4,7…5,3 раза в зависимости от конструкции серийной детали за счёт исключения образования покрытия на внутренних стенках реакционной камеры и наружных поверхностях деталей [5].

Эксплуатационными испытаниями насосов с подшипниками, восстановленными *CVD*-методом металлоорганических соединений, подтверждена эффективность разработанного технологического процесса: после наработки 2000 моточасов объёмная подача насосов с восстановленными *CVD*-методом подшипниками оказалась на 15,6 % выше, чем у насосов с серийными сборочными единицами.

Таким образом, применение *CVD*-метода металлоорганических соединений для металлизации деталей позволяет получать покрытия с заданными свойствами при высоких скоростях осаждения в широком диапазоне температурных режимов. Процесс экологически чистый, легко поддается автоматизации. Разработанный технологический процесс восстановления деталей гидравлических систем осуществлен с учётом требований экологической безопасности на основе принципов ресурсо- и энергосбережения. Процесс реализуется по замкнутому циклу, исключающему поступление загрязняющих веществ в окружающую среду.

Литература

1. ***Ерохин М.Н., Чупятов Н.Н***. Повышение износостойкости прецизионных деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 3. С. 7-10.

2. ***Виноградов С.С.*** Экология гальванических производств и очистка производственных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2010. № 2. С. 20-31.

3. ***Козырев В.В.*** Металлоорганические соединения в машиностроении и ремонтном производстве: монография. Тверь: изд-во "Студия-С", 2003. 160 с.

4. ***Козырева Л.В.*** Химическое газофазное осаждение металлоорганических соединений в машиностроении и ремонтном производстве // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 27-29.

5. ***Козырева Л.В. Чупятов Н.Н.*** Устройство для нанесения металлических покрытий на внутренние поверхности подшипников скольжения CVD-методом металлоорганических соединений // Патент на изобретение от 20 июля 2012 г. № 2456373.