

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 621.791.927.55

ЕРОХИН МИХАИЛ НИКИТЬЕВИЧ, докт. техн. наук, академик РАН, профессор¹

E-mail: Er.mihn@mail.ru

ЧУПЯТОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент²

E-mail: nikolaj-ch@mail.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

² Тверской государственный технический университет, набережная Афанасия Никитина, 22, г. Тверь, 170026, Российская Федерация

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ КАРБИДОХРОМОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

В работе представлены результаты ускоренных стендовых испытаний гидрораспределителей Р80-3/1-222. Испытания проводились с целью сравнения надёжности и стабильности характеристик серийных пар «Золотник-корпус» с парами, содержащими в своём составе золотники, восстановленные и упрочнённые карбидохромовыми покрытиями из газовой фазы. Установлено, что наибольшей износостойкостью обладают пары с восстановленными или упрочнёнными карбидом хрома золотниками. Герметичность восстановленных и упрочнённых золотниковых пар после испытаний в 3 раза выше серийных. Утечки у восстановленных пар составили 8 см³/мин; у упрочнённых – 9 см³/мин, у серийных – 24 см³/мин. Износ модифицированных сопряжений в 1,7 раза меньше, чем у серийных пар. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что сопряжения с восстановленными и упрочнёнными золотниками обладают более высокими эксплуатационными свойствами, чем серийные. Этот факт свидетельствует о возможности применения технологии термического разложения гексакарбонила хрома для получения упрочняющих хромовых и карбидохромовых покрытий при реализации процессов восстановления и изготовления прецизионных деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: хромовые покрытия, CVD-метод, металлизация, гексакарбонил хрома, карбид хрома, карбидохромовые покрытия.

Представлен широкий объём информации [1–6 и др.] относительно использования процессов химического парофазного осаждения (CVD-процессов). Авторами выполнено теоретическое обоснование возможности получения указанным способом покрытий с необходимыми механическими, физическими и химическими свойствами. Исследованы различные виды CVD-покрытий и определены зависимости изменения их микротвёрдости, прочности сцепления, химического состава и скорости формирования от технологических режимов. Даны рекомендации относительно оптимальных материалов покрытия и технологических приёмов их получения, сделаны выводы о возможности при-

менения CVD-покрытий на основе карбида хрома для упрочнения прецизионных и быстро изнашивающихся деталей гидравлических систем. Однако на сегодняшний день нет опубликованных данных о результатах сравнительных испытаний серийных узлов гидропривода с узлами, содержащими в своём составе детали, модифицированные карбидом хрома из газовой фазы.

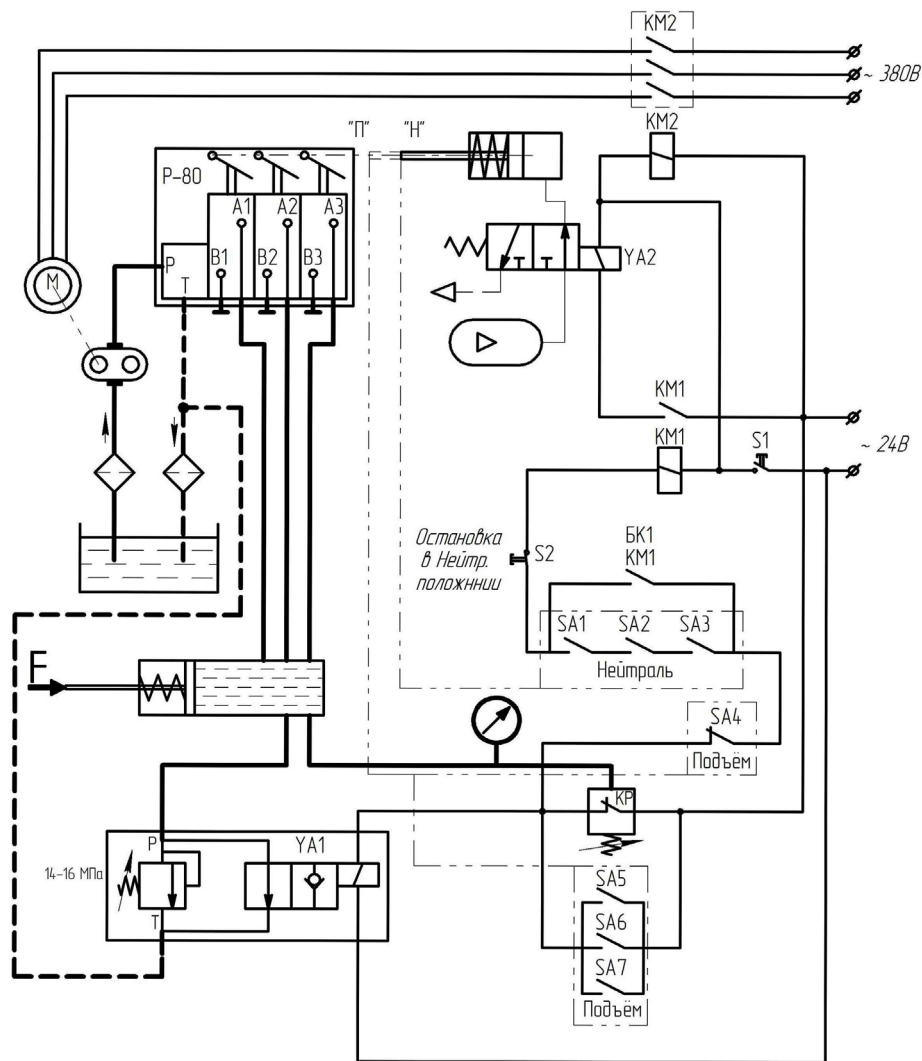
Цель исследования - проведение ускоренных стендовых испытаний гидрораспределителей Р80-3/1-222, содержащих в своей конструкции восстановленные, упрочнённые и серийные золотники, с целью оценки их надёжности и стабильности характеристик. Восстановление и упрочнение зо-

лотников проводилось с применением карбидохромовых покрытий, полученных термическим разложением гексакарбонила хрома (Cr(CO)₆).

Материалы и методы. Испытания проводились на гидромеханическом стенде, специально изготовленном в ООО «Промсервис» (Тверская область, г. Ржев). Объектами исследований выступали три вида золотников: восстановленные с применением CVD-метода МОС, упрочнённые с применением CVD-метода МОС и серийные. При этом восстановленные золотники имели на поверхностях поясков карбидохромовое покрытие с общей толщиной

150 мкм, упрочнённые имели покрытие в 30 мкм, а серийные были изготовлены по классической технологии. Данные золотники устанавливались в новые корпуса распределителей Р80-3/1-222 в соответствии с техническими требованиями [8–10]. Радиальный зазор в сопряжении составлял от 5...15 мкм, шероховатость поверхности поясков – R_a0,16 мкм.

Конструкция изготовленного стенда (рис. 1) позволяет проводить испытания в равных условиях для каждой из 3-х секций гидравлического распределителя. Работа стенда построена по следующему



Условные обозначения.

- — — — — Гидравлическая подающая линия.
- — — — — Гидравлическая сливная линия.
- — — — — Пневматическая подающая линия.
- — — — — Пневматическая выпускная линия.
- — — — — Электрическая линия.
- — — — — Механическая связь.

YA1 – Предохранительный клапан с электроуправляемым байпасом (нормально открыт).
 YA2 – Воздушный клапан (нормально закрыт). КР – Реле давления. Р-80 – гидрораспределитель.
 "П" и "Н" – Положение "Подъём" и "Нейтральное" распределителя соответственно.

Рис. 1. Схема испытательного стенда

принципу: включение золотников в режим «Подъём» и выдержка, при этом во время выдержки давление в системе повышается до срабатывания автовозврата и золотники переводятся в нейтральное положение; затем – включение в положение «Опускание» и выдержка (с подъёмом давления в системе и срабатыванием автовозврата). Далее цикл повторяется.

Ускоренного изнашивания сопряжений «Золотник-корпус» достигали добавлением в рабочую жидкость (масло М10Г₂ ГОСТ 8581-78) кварцевой пыли с дисперсностью 5...20 мкм – 70% и 30...40 мкм – 30%. Выбор абразива объясняется тем, что почвенная пыль состоит из частиц глинозёма и кварца и составляет основную долю естественных механических примесей в гидравлических системах тракторов [5].

Концентрация абразивного материала в масле составляла 1 г/л. Взвешенное состояние абразива достигалось постоянным перемешиванием рабочей жидкости.

Оценка технического состояния и износостойкости сопряжения «Золотник-корпус» производилась по утечке рабочей жидкости через зазор, а также измерением геометрических размеров деталей испытуемых сопряжений. Проверку утечек производили после завершения цикла испытаний (при температуре рабочей жидкости 50...60°С и давлении в нагнетательной полости 10 МПа).

Измерения отверстий корпуса и золотника выполняли перед начальной сборкой распределителя и после завершения полного цикла испытаний. Отверстия колодцев корпуса обмерялись с применением рычажного нутромера (цена деления 0,002 мм), размеры поясков золотника контролировались оптиметром с ценой деления 0,001 мм, при этом размер каждого из поясков определяли в двух плоскостях.

Результаты и обсуждение. Оценка износостойкости пар «Золотник-корпус» (для секций распределителя с упрочнёнными, восстановленными и серийными золотниками) проводилась по утечкам рабочей жидкости через зазор в сопряжении, суммарному износу деталей и визуальному осмотру рабочих поверхностей. При этом установлено, что восстановленные и упрочнённые золотники обладают более высокими эксплуатационными свойствами по отношению к серийным: значение утечек в сопряжениях с упрочнёнными карбидом хрома золотниками составило 8 см³/мин, в сопряжениях с восстановленными золотниками – 9 см³/мин, а в секциях с серийными деталями – 24 см³/мин (рис. 2).

Результаты анализа суммарного износа в сопряжениях не противоречат данным полученным при измерении утечек и подтверждают высокую износостойкость сопряжений с модифицированными золотниками: износ в парах с упрочнёнными и восстановленными золотниками составил 24 мкм, а в сопряжениях с серийными деталями – 40 мкм (рис. 3).

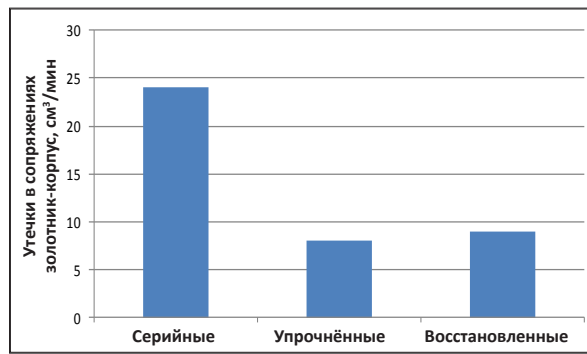


Рис. 2. Утечки рабочей жидкости в сопряжении «Золотник-корпус» после завершения ускоренных стендовых испытаний

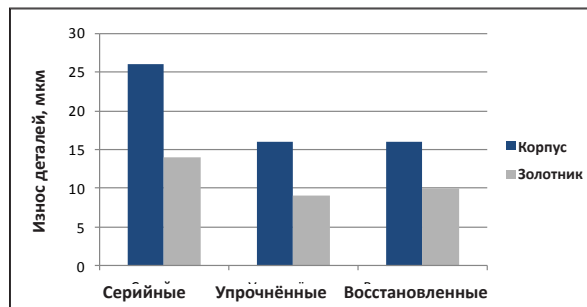


Рис. 3. Износы деталей золотниковых пар в результате стендовых испытаний

При визуальном осмотре рабочих поверхностей золотников установлено следующее:

1. Ни на одном из упрочнённых золотников нет признаков схватывания, а также следов нарушения сцепления покрытия с подложкой. Следы от воздействия абразивных частиц минимальны.

2. На восстановленных золотниках из дефектов наблюдаются лишь незначительные сколы покрытия на углах поясков. Обнаруженные дефекты настолько малы, что не могут оказать влияния на работоспособность сопряжения. Следы от воздействия абразивных частиц минимальны. Признаки схватывания и нарушения сцепления покрытия с подложкой отсутствуют.

3. Серийные золотники при испытаниях претерпели значительные изменения. Поверхности их поясков изрезаны множеством продольных борозд и царапин – следов воздействия абразивных частиц, что говорит о недостаточной поверхностной твердости.

Выводы

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы:

– сопряжения с восстановленными и упрочнёнными золотниками обладают более высокой устойчивостью к воздействию кварцевых абразивных частиц, чем сопряжения с серийными деталями;

– использование CVD-метода МОС для нанесения карбидохромовых покрытий на изношенные детали гидравлических систем сельскохозяйственной техники позволяет не только восстановить их геометрические размеры, но и повысить в 1,7 раза их износостойкость;

– наибольший практический интерес представляет внедрение технологического процесса нанесения тонких карбидохромовых покрытий на поверхности новых деталей при их производстве, и в этом случае можно добиться максимальной экономической эффективности за счёт минимального расхода химических реагентов на получение покрытий при максимальном повышении эксплуатационных качеств деталей.

Из сказанного выше следует, что технология получения хромовых и карбидохромовых покрытий термическим разложением гексакарбонила хрома представляет большой интерес и будет востребована при реализации процессов восстановления и изготовления прецизионных деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники. Она может быть также рекомендована для упрочнения и восстановления широкой номенклатуры прецизионных деталей топливной аппаратуры сельскохозяйственных, дорожно-строительных и лесозаготовительных машин.

Библиографический список

1. Козырев В.В. Металлоорганические соединения в машиностроении и ремонтном производстве: Монография. Тверь: Издательство Студия-С, 2003. 160 с.

2. Сыркин В.Г. Газофазная металлизация через карбонилы. М.: Металлургия, 1985. 248 с.

3. Hugh O. Pierson. Handbook of Chemical Vapor Deposition, 1999.

4. Разуваев Г.А., Грибов Б.Г., Домрачев Г.А. и др. Металлоорганические соединения в электронике. М.: Наука, 1972. 479 с.

5. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Чупятов Н.Н. Применение карбонильного хрома для получения упрочняющих покрытий на деталях сельскохозяйственной техники // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК». Минск: БГАТУ, 2014. Ч. 1. С. 275–278.

6. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Чупятов Н.Н. Способы модифицирования поверхностей трения деталей машин: Монография. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2014. 140 с.

7. The chemistry of metal CVD / ed. by Toivo Kodas and Mark Hampden-Smith. Weinheim; New York; Basel; Cambridge; Tokyo: VCH, 1994.

8. ТУ 23.1.286-79. Технические условия на распределители гидравлические типа Р80 ГОСТ 8754-80.

9. Черкун В.Е. Ремонт тракторных гидравлических систем. М.: Колос, 1984. 253 с.

10. Дидур В.А., Ефремов В.Я. Диагностика и обеспечение надёжности гидроприводов сельскохозяйственных машин. Киев: Техника, 1986. 128 с.

Статья поступила 29.04.2016

WEAR RESISTANCE OF HYDRAULIC SYSTEM PRECISION COMPONENTS RESTORED WITH CHROMIUM CARBIDE COATING

MIKHAIL N. EROKHIN, DSc (Eng), Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor¹

E-mail: Er.mihn@mail.ru

NICHOLAI N. CHUPYATOV, PhD (Eng), Associate Professor²

E-mail: nikolaj-ch@mail.ru

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str. 49, Moscow, 127550, Russian Federation

² Tver State Technical University, Afanasiy Nikitin emb., 22, Tver, 170026, Russian Federation

The paper features the results of accelerated bench tests of control valves R80-3/1-222. Tests were conducted to compare the reliability and stability characteristics of the commercial "slide-body" couples with those containing slides restored and reinforced with chromium carbide coatings from the gas phase. It has been found that the greatest wear resistance is offered by couplings with restored or hardened chromium carbide slides. The tightness of reduced and hardened slide couples after tests has proved to be 3 times higher as compared with the commercial ones. The restored couples have demonstrated leaks of 8 cm³/min; the reinforced ones – 9 cm³/min, while the commercial ones – 24 cm³/min. The wear of the modified couples has proved to be

1.7 times smaller than that of the commercial ones. Basing on the results the authors have concluded that couples with restored and reinforced slides feature higher performance characteristics than the commercial (serial) ones. This fact suggests the possibility of using the technology of chromium hexacarbonyl thermal decomposition for obtaining reinforcing chromium and chromium carbide coatings for restoring and manufacturing precision components of farm machinery hydraulic systems.

Key words: chrome coating, CVD-method, metal plating, chromium hexacarbonyl, chromium carbide, chromium carbide coatings.

References

1. Kozyrev V.V. Metalloorganicheskie soedineniya v mashinostroenii i remontnom proizvodstve: Monografiya [Organometallic compounds in engineering and repair production: Monograph]. Tver: Publisher Studio C, 2003. 160 p.
2. Syrkin V.G. Gazofaznaya metallizatsiya cherez karbonily [Gas-phase metallization with carbonyls]. M.: Metallurgiya [Metallurgy], 1985. 248 p.
3. Hugh O. Pierson. Handbook of Chemical Vapor Deposition, 1999.
4. Razuvayev G.A., Gribov B.G., Domrachev G.A. et al. Metalloorganicheskie soedineniya v elektronike [Organometallic compounds in electronics]. M.: Nauka, 1972. 479 p.
5. Erokhin M.N., Kazantsev S.P., Chupyatov N.N. Primenenie karbonil'nogo khroma dlya polucheniya uprochnyayushchikh pokrytiy na detalyakh sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Applying chromium carbonyl for hardening coating of agricultural machinery parts] // Proceedings of the International scientific-practical conference "Modern Problems of Applying New Machinery, Technologies, and Technical Service Organization in Agriculture". Minsk BSATU, 2014. Part 1. Pp. 275–278.
6. Erokhin M.N., Kazantsev S.P., Chupyatov N.N. Sposoby modifitsirovaniya poverkhnostey treniya detaley mashin: Monografiya [Methods of modifying friction surfaces of machine parts: Monograph]. M.: FSBEI HPE MSAU, 2014. 140 p.
7. The chemistry of metal CVD / ed. by Toivo Kodas and Mark Hampden-Smith. Weinheim; New York; Basel; Cambridge; Tokyo: VCH, 1994.
8. Technical Conditions - TU 23.1.286-79. Specification for hydraulic valves P80 GOST 8754-80.
9. Cherkun V.Ye. Remont traktornykh gidravlicheskiykh sistem [Repair of tractor hydraulic systems]. M.: Kolos, 1984. 253 p.
10. Didur V.A., Yefremov V.Yu. Diagnostika i obespechenie nadyozhnosti gidroprivodov sel'skokhozyaystvennykh mashin [Diagnostics and ensuring reliability of agricultural machinery hydraulic drives]. Kiev: Tekhnika [Engineering], 1986. 128 p.

Received on April 29, 2016

УДК 631.3-049.7:620.3

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: vbalabanov@timacad.ru

БОЙКОВ ВЛАДИСЛАВ ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент¹

E-mail: bvslava@mail.ru

БАЛАБАНОВА ТАТЬЯНА ВИКТОРОВНА²

E-mail: balabanovav88@gmail.com

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

² Российский государственный химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Миусская пл., 9, Москва А-47, 125047, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Представили концепцию технического обслуживания и ремонта двигателей автотракторной техники без их разборки (концепция безразборного сервиса). Проанализировали химические составы и условия применения основных ремонтно-восстановительных составов для безразборного сервиса, в том числе созданных с использованием нанотехнологий; разработали методику их триботехнических и эксплуата-