

УДК 621.793.79

Восстановление золотников гидравлического распределителя Bosch Rexroth электроискровой обработкой композитным электродом с углеродными нанотрубками

Денисов Вячеслав Александрович¹

va.denisov@mail.ru

Евсюков Алексей Алексеевич^{2(*)}

zoidbergdec10@gmail.com

¹ ФБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема выхода из строя гидравлических распределителей Bosch Rexroth. Предложена технология восстановления золотников гидравлического распределителя электроискровой обработкой. Предложена методика изготовления композитного электрода для электроискровой обработки. Рассмотрены свойства электроискровых покрытий, полученных электроискровой обработкой композитным электродом с углеродными нанотрубками. Показано, что при добавлении углеродных 0,2 % углеродных нанотрубок в бронзу БрО10С10 износостойкость покрытий увеличивается в 2 раза, а износостойкость ответного тела в 10 раз. Сделаны выводы, что технологию электроискровой обработки композитным электродом с углеродными нанотрубками можно применять для восстановления золотников гидравлических распределителей Bosch Rexroth.

Ключевые слова: гидравлический распределитель, золотник, электроискровая обработка, углеродные нанотрубки

Restoration of hydraulic distributor spools by electric spark treatment with a composite electrode with carbon nanotubes

Denisov Vyacheslav Aleksandrovich¹

va.denisov@mail.ru

Evsyukov Alexey Alekseevich^{2(*)}

zoidbergdec10@gmail.com

¹ FBNU FNATS VIM, Moscow, Russia² BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The problem of hydraulic distributor failure is considered. The technology of hydraulic distributor Bosch Rexroth spool restoration by electric spark machining is proposed. The technique of composite electrode manufacturing for electric spark machining is proposed. The properties of electric spark coatings obtained by electric spark machining with a composite electrode with carbon nanotubes are considered. It is shown that with the addition of 0.2 % carbon nanotubes to BrO10S10 bronze, the wear resistance of the coatings increases by 2 times, and the wear resistance of the counter body by 12 times. It is concluded that the technology of electric spark machining with a composite electrode with carbon nanotubes can be used to restore hydraulic distributor Bosch Rexroth spools.

Keywords: hydraulic distributor, spool, electric spark machining, carbon nanotubes

Введение. В настоящее время в автодорожном и строительном хозяйствах, агропромышленном комплексе России широко используется автотракторная техника зарубежного производства, доля которой составляет более 60 %.

Одними из высокотехнологичных элементов гидросистем, широко применяемых на автотракторной зарубежной технике, являются секционные гидравлические распределители немецкой фирмы Bosch Rexroth, отличающиеся от отечественных более сложным, с точки зрения конструктивных элементов, механизмом внутреннего управления потоком жидкости, влияющего на плавность работы и применяемыми материалами для изготовления деталей, влияющими на износостойкость золотниковых пар.

Согласно технической документации гидравлических распределителей Bosh Rexroth за критерии оценки их работоспособности принимается плотность золотниковых пар в положении золотника «нейтраль» и утечки, определяющие КПД в положении золотника «подъем» [1]. Также установлено, что на ресурс гидравлического распределителя влияет износостойкость пары «золотник — корпус». Потеря работоспособности гидравлического распределителя по критерию плотности золотниковых пар происходит из-за износа V пояса секции (корпуса) — 4 пояса золотника и износа VII пояса секции (корпуса) — 5 пояса золотника. Образование зазоров в этих сопряжениях приводит к просадке рабочего органа.

Основными механизмами, по которым происходит износ сопряжения «золотник — корпус» являются заедание, абразивный износ и фреттинг-коррозия. Заедание происходит из-за твердых частиц в рабочей жидкости, размер которых меньше зазора между золотником и корпусом. Вследствие взаимодействия твердых частиц происходит изнашивание золотника и образование конусности, что нарушает цилиндричность и приводит к радиальному смещению золотника. При нарушении цилиндричности пары и при наличии начального эксцентриситета осей золотника и гильзы появляется радиальная неуравновешенная сила, стремящаяся сместить золотник к гильзе, тем самым вызывая недопустимое увеличение сил трения в паре и в итоге заедание золотника в корпусе [2]. Фреттинг-коррозия происходит из-за колебаний золотника относительно корпуса с малой амплитудой при неподвижном положении. В таких условиях в точках подвижного контакта происходит непрерывное разрушение поверхностного слоя деталей [3]. Частицы разрушенного материала быстро окисляются, их твердость увеличивается, что приводит к повышению интенсивности изнашивания.

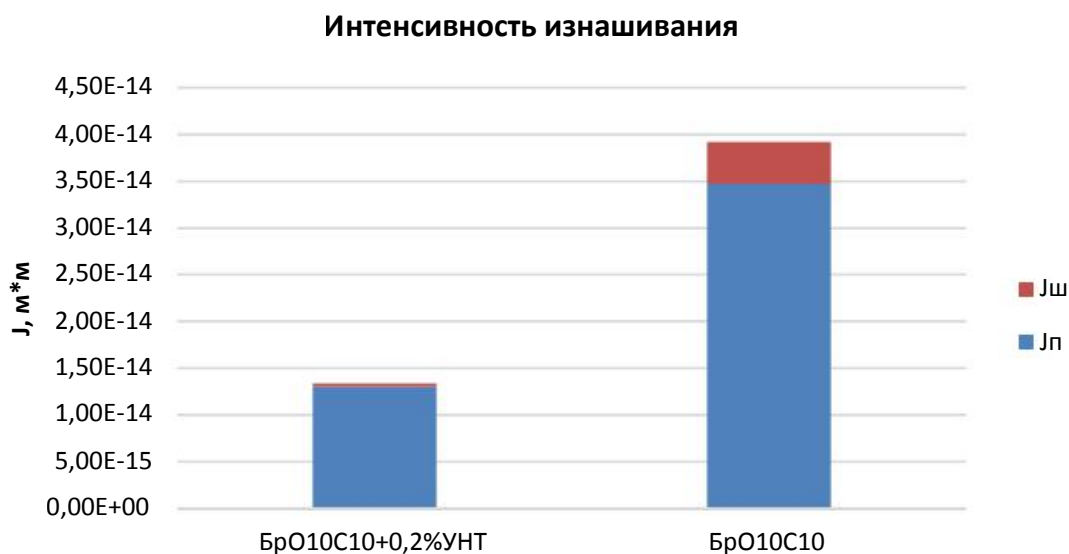
Перспективным методом восстановления золотников является электроискровая обработка, поскольку позволяет наносить покрытия малой толщины из любого токопроводящего материала, тем самым контролируя свойства покрытий. Поиск технологии восстановления изношенных золотников является актуальным. Важно при восстановлении обеспечить условия трения, при которых интенсивность изнашивания будет снижаться. Перспективным решением является нанесение покрытия из композитного электрода с включениями, которые уменьшают коэффициент трения. Среди различных армирующих

материалов недавно появившийся материал, углеродные нанотрубки, обладает многими благоприятными свойствами, такими как высокая теплопроводность, низкий коэффициент теплового расширения, высокая демпфирующая способность и хорошие самосмазывающиеся свойства [4]. Композиты с металлической матрицей, содержащие углеродные нанотрубки, обладают самосмазывающимися свойствами, поскольку графит действует как твердая смазка [5]. В связи с этим твердая смазка в качестве армирования способствует снижению коэффициента трения композита и улучшению трибологических свойств самосмазывающегося материала.

Целью данной работы является исследование триботехнических характеристик покрытий, нанесенных композитным электродом с углеродными нанотрубками и анализ возможности применения данной технологии для восстановления золотников гидравлического распределителя Bosh Rexroth.

Материалы и методы. Композитный электрод изготовлен методом искрового плазменного спекания из бронзы БрО10С10. Перед этим порошок бронзы был смешан с 0,2 % массовой доли порошком углеродных нанотрубок, 3 мл изопропилового спирта и перемешан с помощью планетарной мельницы. Из данного электрода было нанесено покрытие на образец 40 x 30 мм из стали 40Х. Также на еще один образец нанесено покрытие без содержания углеродных нанотрубок. Триботехнические испытания проводились по схеме возвратно-поступательного движения на трибометре TRB-S-DE в условиях граничного трения с путем трения 5000 м в соответствии с ГОСТ 30480–97. Испытания проводились 4 часа, после чего фиксировали среднюю поперечную площадь дорожки износа и площадь пятна износа на инденторе. По полученным данным вычислялся объемный износ и интенсивность изнашивания.

Результаты. На рисунке представлены результаты триботехнических испытаний электроискровых покрытий.



Интенсивность изнашивания электроискровых покрытий из электродов БрО10С10 и БрО10С10+0,2%УНТ

По результатам испытаний при добавлении 0,2 % углеродных нанотрубок в композитный электрод из бронзы БрО10С10 интенсивность изнашивания покрытия уменьшилась в 2 раза и составила $1,3 \cdot 10^{-14}$ м·м. Интенсивность изнашивания индентора уменьшилась в 12 раз и составил $3,6 \cdot 10^{-16}$ м·м. Суммарная интенсивность изнашивания уменьшилась в 3 раза.

Обсуждение полученных результатов. Результаты исследований подтверждают, что добавление углеродных нанотрубок в состав композитного электрода способствует увеличению износостойкости электроискровых покрытий. Согласно работе [4] углеродные нанотрубки способствуют возникновению эффекта самосмазывания, который проявляется в образовании тонкой графитной пленки, уменьшающей износ трибосопряжения.

Заключение. Применение композитного электрода с углеродными нанотрубками при восстановлении золотников гидравлических распределителей BoshRexroth позволит не только восстановить первоначальные размеры детали, но и повысить износостойкость трибосопряжения «золотник — корпус».

Список источников

- [1] Бурумкулов Ф.Х., Величко С.А., Мартынов А.В. Исследование механизма потери работоспособности гидравлических распределителей гидросистем тракторов. *Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем. Всерос. науч.-техн. конф.: матер.* Саранск, Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарёва, 2009, с. 25–31.
- [2] Гареев А.М., Попельнюк И.А. Исследование механизма заедания золотниковых пар Авиационных гидроприводов. *Вестник Самарского Государственного Аэрокосмического Университета им. Академика С.П. Королева*, 2015, № 2, с. 59–69.
- [3] Трубицин С.В., Островский М.С. Исследование фреттингостойкости прецизионных пар трения горных машин с использованием метода вибротриботестера. *Научный вестник Московского государственного горного университета*, 2010, № 3, с. 17–20.
- [4] Dorri-Moghadam A., Schultz B.F., Ferguson J., Omrani E., Rohatgi P.K., Gupta N. Functional metal matrix composites: self-lubricating, self-healing, and nanocomposites-an outlook. *JOM*, 2014, vol. 66 (6), pp. 872–881.
- [5] Liu X.-B., Liu H.-Q., Liu Y.-F., He X.-M., Sun C.-F., Wang M.-D. Effects of temperature and normal load on tribological behavior of nickel-based high temperature self-lubricating wear-resistant composite coating. *Compos Part B Eng.*, 2013, vol. 53, pp. 347–354.