

Н.Г. Афендиков /к.т.н./, А.В. Шендрик
 ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОПРИВОДОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ЗА СЧЕТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

В работе приведены данные анализа на загрязнение проб рабочей жидкости гидросистем проходческих комбайнов. Представлены результаты замеров износа внутренних поверхностей гидроприводов перемещения в вертикальной, горизонтальной плоскостях и домкратов подъема питателя. Даны результаты опытной электромеханической обработки внутренних поверхностей домкратов на заводе «Спецреммаш».

Ключевые слова: загрязнение рабочей жидкости, износ внутренних поверхностей гидродомкратов, электромеханическая обработка.

Постановка проблемы

В проходческих комбайнах избирательного действия со стреловидными исполнительными органами перемещение разрушающих коронок в плоскости забоя происходит за счет линейных гидроприводов, включающих большое число гидродомкратов. На заводах-изготовителях гидродомкраты, как правило, изготавливаются из нормализованной стали 30ХГСА, и твердость их рабочих поверхностей не превышает значений 230...270 НВ. Ни на заводах-изготовителях, ни на ремонтных предприятиях при восстановлении гидродомкратов внутренние поверхности не термообработываются и не упрочняются. Известно [1], что твердость поверхностей, при прочих равных условиях, влияет на стойкость материалов при абразивном изнашивании.

Следует отметить, что гидродомкраты перемещения исполнительных органов в вертикальной и горизонтальной плоскостях совершают до 300 движений за один цикл заходки, при этом количество изменений движений за сутки может достигать до 1500-2000. Скорости перемещения исполнительных органов довольно высокие и достигают 0,15 м/с при значительных (до 10^2 кН) суммарных нагрузках на исполнительном органе в направлении его движения.

Большие нагрузки, высокие скорости движения и попавшие в зазоры пар трения гидроприводов абразивные частицы обуславливают абразивный износ внутренних поверхностей гидроцилиндров, имеющих небольшие значения твердости. Абразивные частицы обычно попадают в рабочие полости машины из воздуха. Из абразивных частиц, перемещаемых воздухом, наибольшее изнашивающее действие оказывают частицы колчедана и других крепких пород и включений, имеющие высокую твердость. Их размер может

составлять 30 мкм и более, и они могут находиться во взвешенном состоянии в воздухе. Воздушные фильтры (сапуны) маслобаков проходческих комбайнов задерживают крупные частицы абразивной пыли, а мелкие попадают в емкость рабочей жидкости, а затем абразивные частицы вместе с рабочей жидкостью поступают в пары трения. Кроме этого, абразивные частицы могут поступать из литейных полостей узлов и деталей комбайнов, а также появляются в рабочей жидкости как продукты разрушения металлических поверхностей механизмов гидравлической системы комбайна. Все эти частицы участвуют в абразивном износе. Абразивный износ заключается в разрушении внутренних поверхностей гидроцилиндров твердыми зернами абразива при микрорезании трущихся поверхностей и при их пластической деформации. А также твердые зерна могут впрессовываться в более мягкую поверхность пары трения, скользить или перекатываться вдоль внутренней поверхности цилиндра, пластически деформируя и изнашивая ее. Кроме абразивного износа, в гидравлических системах проходческих комбайнов присутствует также и гидроабразивный износ. При гидроабразивном износе носителями абразивных частиц являются рабочие жидкости гидросистемы. Поток рабочей жидкости при движении с большой скоростью ударно воздействует абразивными частицами на элементы гидросистемы проходческого комбайна и при этом изнашивает их. В связи с очень большой запыленностью воздуха в проходческих забоях абразивный и гидроабразивный износы являются доминирующими для проходческих машин и оборудования. Поэтому для повышения износостойкости гидродомкратов необходимо повышать твердость их внутренних поверхностей.

Анализ последних исследований и публикаций

Вопросам упрочнения и восстановления изношенных поверхностей деталей посвящено большое число научно-исследовательских работ. Так, например, в работе [2] рассмотрены вопросы восстановления деталей за счет алмазной обработки материалов. В работах [3,4] восстановление рабочих поверхностей деталей предлагается за счет их лазерной обработки. В [5-9] предложены прогрессивные импульсные технологии, способ электроконтактной и комбинированной фрикционно-электрической обработки стальных поверхностей материалов, абразивно-изношенных сопрягаемых поверхностей деталей. Одним из наиболее перспективных, на наш взгляд, способов упрочнения и восстановления внутренних поверхностей гидроцилиндров гидроприводов является технология электромеханической обработки [9], разработанная в Ульяновском сельскохозяйственном институте. Сущность этой обработки состоит в том, что через деформирующий элемент, например, накатной ролик, пропускают ток большой силы и низкого напряжения, в результате чего в зоне контакта ролика с поверхностью детали образуется локальный разогрев до температуры, соответствующей фазовому переходу в металлах. За счет высоких скоростей нагрева и охлаждения контактной зоны, в условиях приложения деформирующего усилия, в поверхностном слое образуются высокопрочные и износостойкие поверхности, снижение шероховатости поверхности и появление остаточных напряжений сжатия, что повышает основные эксплуатационные свойства деталей машин. В работе [10] приведены результаты научно-исследовательских работ по дальнейшему усовершенствованию способа электромеханической обработки материалов.

Цель (задачи) исследования

Целью данного исследования является проведение экспериментальных работ по повышению твердости и износостойкости внутренних поверхностей гидроцилиндров перемещения исполнительного органа в вертикальной и горизонтальной плоскости КСП-32.16.00.000, КСП-32.19.04.000 и гидродомкратов подъема питателя КСП-32.31.00.000 за счет электромеханической обработки при восстановлении на ремонтном предприятии. В задачи исследований входит проведение замеров износа внутренних поверхностей гидродомкратов, взятие и анализ проб на загрязнение рабочей жидкости гидросистем проходческих комбайнов КСП-32, эксплуатируемых

на различных шахтах (в различных горно-геологических условиях). При анализе рабочей жидкости устанавливаются размер, литографический состав и твердость породных включений.

Основной материал исследования

В табл. 1 приведены данные состояния рабочей жидкости гидросистемы проходческих комбайнов. Пробы рабочей жидкости (масло ИГП 72) взяты в подземных условиях шахт. Анализы проб рабочей жидкости выполнены в лаборатории Института физики горных процессов.

Результаты анализов качества рабочей жидкости, проведенные на заводе «Спецреммаш», показали, что рабочие жидкости содержат до 1,5 % породных, металлических и окалинных примесей. Максимальные размеры включений достигают 75 мкм. Установлено, что породные включения содержат частицы колчедана, пирита, кварца, кремния, песчаника, песчанистого сланца и угля. Некоторые частицы являются абразивами очень высокой твердости, значительно (в несколько раз) превышающей твердость внутренней поверхности цилиндров, что приводит к интенсивному повреждению и износу их внутренних поверхностей. Изношенные внутренние поверхности цилиндров, в свою очередь, за счет возникшей шероховатости приводят к разрушению направляющих втулок, чистителей, колец и манжет. Это обуславливает увеличение зазоров между цилиндрами и поршнями домкратов, повышение утечек и приводит к выходу их из эксплуатации. На рис. 1 приведен образец изношенной манжеты.

Из сказанного следует, что проблема обеспечения надежности работы гидрооборудования проходческих комбайнов, в т.ч. внутренних рабочих поверхностей цилиндров перемещения исполнительных органов, является важной задачей. В табл. 2 приведены результаты дефектирования гидроприводов перемещения исполнительного органа в вертикальной плоскости комбайна (КСП-32.16.00.000), гидроприводов перемещения исполнительного органа в горизонтальной плоскости (КСП-32.19.04.000) и гидроприводов подъема питателя (КСП-32.31.00.000).

Замер шероховатости износа производился при помощи профилометра ПЧ-2, приведенного на рис. 2.

Из анализа данных, приведенных в табл. 2, следует, что износ внутренних поверхностей цилиндров по длине составил от 280 мм до 630 мм, износ диаметров значительный и достигает 0,7 мм – для гидродомкратов КСП-32.31.00.000, 1,2 мм – для гидродомкратов КСП-32.19.04.000 и 1,6 мм – для гидродомкратов КСП-32.31.00.000.

Табл. 1. Результаты анализа проб рабочей жидкости гидросистемы проходческих комбайнов

№ п/п	Наименование предприятия	Тип комбайна	Содержание породных включений (%)	Содержание металлических включений (%)
1	Шахта «Ждановская»	КСП-32	1,4	0,2
2	Шахта им. Засядько	КСП-32	0,9	0,1
3	Шахта «Россия»	КСП-32	1,2	0

Табл. 2. Результаты дефектирования гидродомкратов комбайна типа КСП-32

Наименование предприятия	Заводской номер чертежа домкрата	Длина изношенной части домкрата, мм	Максимальный износ диаметра, мм	Максимальная глубина рисок, мкм
Шахта «Ждановская»	КСП-32.16.00.000	550	0,4	120
	КСП-32.19.04.000	630	0,7	100
	КСП-32.31.00.000	370	1,2	150
Шахта им. Засядько	КСП-32.16.00.000	650	1,1	170
	КСП-32.19.04.000	430	0,7	130
	КСП-32.31.00.000	330	1,6	100
Шахта «Россия»	КСП-32.16.00.000	540	0,5	100
	КСП-32.19.04.000	460	1,2	150
	КСП-32.31.00.000	280	0,7	110

Максимальная глубина рисок изменяется в пределах 100...170 мкм для гидроприводов КСП-32.16.00.000. Максимальная глубина рисок 100...150 мкм – для гидроприводов КСП-32.19.04.000. Максимальная глубина рисок 100...110 мкм – для гидродомкратов КСП-32.31.00.000.

Для восстановления, упрочнения и повышения твердости внутренних поверхностей гидродомкратов проходческих комбайнов на заводе «Спецреммаш» проводился эксперимент по электромеханической обработке поверхностей на установке, приведенной на рис. 3.

Установка базируется на токарно-винторезном станке типа 1М63. В задней бабке устанавливается раскатная головка. Последовательность обработки внутренней поверхности цилиндра состоит в следующем: гидроцилиндр устанавливается и закрепляется в патроне передней бабки токарного станка. Соосность гидроцилиндра и раскатной головки при обработке обеспечивается неподвижным роликовым люнетом типа 1М63Б.66.000.

Электромеханическая обработка (упрочнение) [9,10] основана на использовании термического и силового воздействия на внутренние поверхности гидроцилиндров. В результате значительно изменяются физико-механические свойства поверхностного слоя, повышается микротвердость и износостойкость. Сущность обработки состоит в том, что через деформирующий элемент, например раскатный ролик, пропускают ток большой силы (100...1200 ампер) и низкого напряжения (1...8 вольт). В результате этого в зоне контакта ролика с поверхностью детали, из-за высокого электрического сопротивления зоны контакта,

происходит сильный нагрев контактирующих неровностей (гребешков) обрабатываемой поверхности, и под силовым воздействием инструмента они деформируются и сглаживаются, а поверхностный слой упрочняется (закаливается) за счет быстрого отвода тепла в основную массу материала и скоростного охлаждения от эмульсии. При этом разогрев до температур фазовых превращений ($t=850-950\text{ }^{\circ}\text{C}$) приводит к упрочнению поверхностного слоя металла.

Электромеханическое упрочнение характеризуется следующими особенностями:

- термическое и деформационное действие на плоскость материала выполняется одновременно;

- нагрев поверхностного слоя происходит от 2-х источников: внешнего источника из-за теплоты трения и деструкции при накатке; внутреннего источника из-за термической энергии, возникающей при прохождении электрического тока;

- длительность нагрева и паузы зависит от размера поверхности контакта и быстроты обкатки, является довольно кратковременной и измеряется сотыми, а иногда тысячными долями секунды;

- большая скорость остывания определяется интенсивностью отвода тепловой энергии из тонкого поверхностного слоя в массив холодной детали и подачей охлаждающей жидкости;

- внешний слой детали может подвергаться многократному термическому действию, при нескольких проходах раскатки.

Большими достоинствами этого способа являются отсутствие нагрева и термообработки основной массы металла детали. Упрочнению



Рис. 1. Образец изношенной манжеты

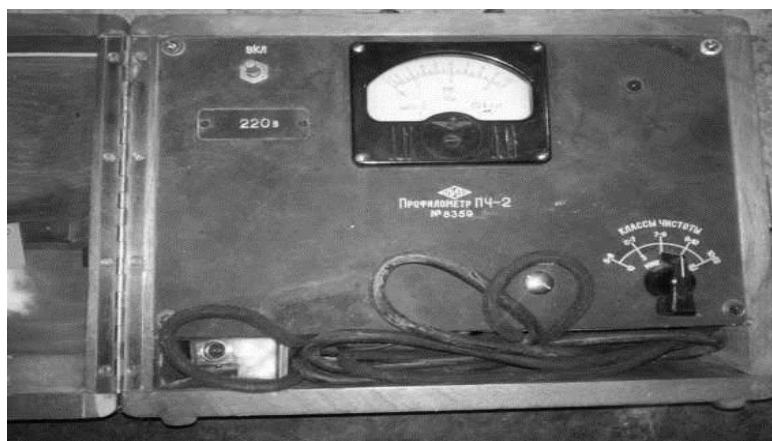


Рис.2. Профилометр ПЧ-2

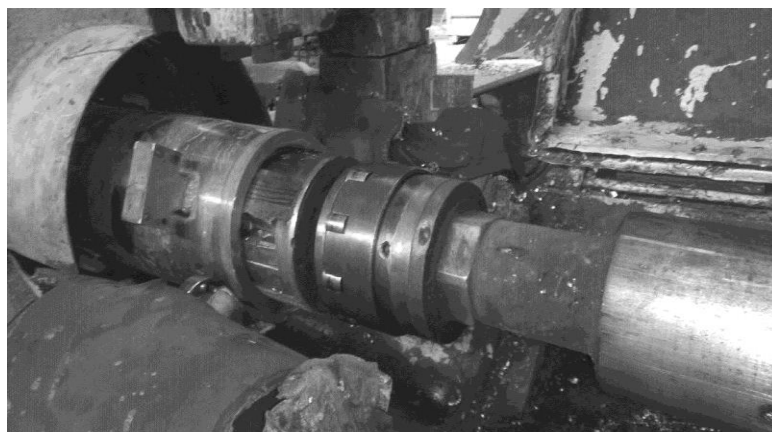


Рис. 3. Экспериментальная установка для электромеханической обработки внутренней поверхности цилиндров



Рис. 4. Раскатная головка для электромеханического упрочнения внутренней поверхности цилиндров

Табл. 3. Результаты замера твердости, микротвердости и шероховатости внутренних поверхностей цилиндров

№ п/п	Номер чертежа цилиндра	Твердость по Роквеллу, HRC	Микротвердость по Виккерсу, HV	Шероховатость, Ra, мкм
1	КСП-32. 16.00.000	55,3	645	0,1...0,32
2	КСП-32. 19.04.000	58,6	730	0,1...0,32
3	КСП-32. 31.00.000	61,5	816	0,1...0,32

подвергается только поверхностный слой, при этом основная масса металла остается «мягкой» и вязкой, что повышает безопасность эксплуатации при динамических режимах нагружения деталей.

В качестве источника технологического тока использовался однофазный трансформатор. Раскатная головка, представленная на рис. 4, подключается к вторичной обмотке трансформатора, ее корпус изолированно установлен в задней бабке токарного станка. Ролики диаметром 20 мм раскатной головки выполнены из материала ШХ15.

При экспериментальных исследованиях испытывались образцы гидроцилиндров с различной степенью изношенности. Цилиндры с низкой изношенностью, до 0,25 мм, подвергались электромеханической обработке без предварительной расточки. Гидроцилиндры с большей степенью изношенности растачивались до ремонтных размеров +0,5 (первый ремонтный вариант размера внутреннего диаметра цилиндра) и +1,0 мм (второй ремонтный вариант размера диаметра). Внутренние поверхности гидроцилиндров после электромеханической обработки исследовались на твердость по Роквеллу (HRC), микротвердость – по Виккерсу (HV), а также определялась шероховатость поверхности Ra.

В табл. 3 приведены результаты замеров твердости, микротвердости и шероховатости внутренних поверхностей цилиндров различного назначения.

Из данных, приведенных в табл. 3, следует, что для гидроцилиндров КСП-32. 16.00.000, КСП-32.19.04.000 и КСП-32.31.00.000 твердость по Роквеллу изменяется в пределах 55...62 HRC, микротвердость по Виккерсу изменяется в пределах 645...816 HV, а шероховатость изменяется в пределах Ra 0,1...0,32 мкм. Значения этих данных свидетельствуют о высоких показателях технических параметров с упрочненными внутренними поверхностями гидроприводов, а метод электромеханической их обработки и упрочнения является эффективным при ремонтном восстановлении и при изготовлении новых гидроцилиндров.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что для повышения надежности гидродомкратов перемещения исполнительных органов избирательного действия в плоскости пласта целесообразно использовать метод электромеханического упрочнения внутренней поверхности гидроцилиндров, изготовленных из стали 30ХГСА, для получения высокой поверхностной твердости – до 55...62 HRC, микротвердости 645...816 HV и наименьшей шероховатости поверхности Ra=0,01...0,32 мкм.

Список литературы

1. Ржевская, С.В. *Материаловедение: Учебник*, 4-е изд. – М.: Логос, 2004. – 413 с.
2. *Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник*. Под ред. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391с.
3. Ким, В.А. *Лазерное упрочнение инструментальной стали SKD61 / В.А. Ким, А.В. Усатый, Ш.А. Каримов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015. – № 1 (121). – С.15-21.*
4. Жилиев, В. А. *Повышение эксплуатационных свойств деталей из коррозионно-стойких упрочняемых сталей лазерной обработкой: автореферат дис. ...канд. техн. наук: 05.03.01 / Жилиев Владимир Анатольевич. – Волгоград, 2005. – 25 с.*
5. Баранов, М.И. *Прогрессивные импульсные технологии обработки материалов: история, физические основы и технические возможности / М.И. Баранов // Электротехника і Електромеханіка. – 2009. – № 1. – С. 42-52.*
6. Козлов, В.Г. *Новый способ электроконтактной обработки // Современные проблемы науки и образования: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21903>*
7. Машков, Ю.К. *Комбинированное фрикционно-электрическое модифицирование стальных поверхностей трения / Ю.К. Машков [и др.] // Трение и износ. – 2006. – Т. 27, №. 3. – С. 89-92.*
8. *Experimental analysis of ductile damage of metals under tensile stresses / М.А. Zapara [et*

al.] // IV международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов», Москва, 25-28 октября 2011 г. / Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, 2011. – С. 62-64.

9. Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление

деталей электромеханической обработкой. – Л.: Машиностроение, 1977. – 183 с.

10. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация / В.П. Багмутов [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2003. – 318 с.

N.G. Afendikov /Cand.Sci. (Eng.)/, A.V. Shendrik
Donetsk National Technical University (Donetsk)

IMPROVING THE RELIABILITY OF A CUTTER-LOADER HYDRAULIC DRIVE DUE TO ELECTROMECHANICAL MACHINING OF INTERNAL SURFACES OF HYDRAULIC CYLINDERS

Background. In the cutter-loaders of selective action, there is a large number of hydraulic jacks that operate with significant loads, high speeds and long travel time (the operation time of the hydraulic jacks coincide with the operation time of cutter-loaders). Cutter-loaders operate in dusty environments of a breakage face. Abrasive dust and the products of wear of the hydraulic components fall into the working fluid and the friction pairs. Thus there is intensive abrasive and hydro abrasive wear of working surfaces of the cylinders. In this regard, improving the reliability of the jacks is an important technical problem.

Materials and/or methods. To determine wear on internal surfaces of the jacks and contamination of the working fluid measurements and samples were taken for oil analysis in mines with varying conditions. Deterioration of internal surfaces of hydraulic jacks along the length was 280...630 mm, diameter wear reaches 0.7...1.6 mm for hydraulic jacks: KSP-32.19.04.000; KSP-32.31.00.000; KSP-32.16.00.000. The maximum depth of the grooves varied in the range of 100...170 mkm for the hydraulic jacks KSP-32.16.00.000. The maximum depth of the grooves was 100...150 mkm for the hydraulic jacks KSP-32.19.04.000. The maximum depth of the grooves was 100...110 mkm for the hydraulic jacks KSP-32.31.00.000. This secondary roughness leads to a sharp deterioration of rubber and plastic parts that affects the durability of the jacks.

Results. To restore and increase the hardness of internal surfaces of hydraulic jacks for cutter-loaders the mechanical treatment of surfaces in a test rig of the plant “Spetsremmash” was carried out. The cylinders up to 0.25 mm wear subjected to electromechanical treatment without pre-boring. Hydro-cylinders with greater deterioration bored to the size +0.5 (first repair size) and +1.0 mm (second repair size). The surface of hydro-cylinders after the electromechanical treatment investigated on hardness, microhardness, and roughness. For cylinders KSP-32.16.00.000, for cylinders KSP-32.19.04.000, and for hydro-cylinders KSP-32.31.00.000 Rockwell hardness varies within 55...62 HRC, Vickers microhardness varies within 645...816 HV, and the roughness Ra varies within 0.1...0.32 mkm.

Conclusion. The results of the studies testify to the high-performance parameters of hydraulic cylinders with hardened surfaces, and the method of electromechanical treatment and hardening is effective for the repair restoration and in the manufacture of new hydraulic cylinders.

Keywords: contamination of the working fluid, wear on the internal surfaces of hydraulic jacks, electromechanical treatment.

Сведения об авторах

Н.Г. Афендиков

Телефон: +380 (71) 376-13-46

Эл. почта: an77tn@gmail.com

А.В. Шендрик

Телефон: +380 (71) 311-09-88

Эл. почта: gormash@i.ua

Статья поступила 26.12.2017 г.

© Н.Г. Афендиков, А.В. Шендрик, 2017

Рецензент д.т.н., проф. В.П. Кондрахин