

ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОРШНЕЙ И ЗОЛОТНИКОВ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА ГСТ-112

*П.А. Ионов, канд. техн. наук (ФГБНУ ГОСНИТИ, тел. 8-8342-254439,
e-mail: resurs-ime@yandex.ru)*

*А.В. Столяров, канд. техн. наук, А.М. Земсков, аспирант
(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва)*

Аннотация. В работе представлены результаты поиска рациональных технологических режимов электроискровой обработки поршней и золотников объемного гидропривода ГСТ-112.

Ключевые слова: электроискровая обработка, микротвердость, энергия импульса, частота подачи импульса, математическая модель, покрытие, технологические режимы.

Практика эксплуатации объемных гидроприводов ГСТ-112 показывает, что из-за загрязнения, перегрева рабочей жидкости, нарушения правил эксплуатации происходит интенсивный износ деталей в различных соединениях и отказ гидропривода.

Анализ литературных источников [1] и собственные исследования [2,3] показали, что одними из основных ресурсолимитирующих соединений ГСТ-112, являются: поршень–отверстие втулки блока цилиндров; золотник–отверстие корпуса клапанной коробки.

Опыт восстановления деталей гидроагрегатов в лаборатории №11 ФГБНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии и научно-исследовательской лаборатории МГУ им. Н.П. Огарева показал, что наиболее эффективным способом технологического воздействия на рабочие поверхности поршня и золотника является электроискровая обработка (ЭИО), которая позволяет в механизированном режиме наносить слои покрытия, компенсирующие износ.

По результатам микрометричных исследований деталей объемного гидропривода ГСТ-112, необходимая толщина слоя покрытия для восстановления соединений поршень–отверстие втулки блока цилиндров; золотник–отверстие корпуса клапанной коробки составляет не менее 250 мкм.

Применение ЭИО позволяет формировать покрытия с мелкодисперсной структурой, размеры кристаллитов которых в несколько раз меньше, чем матричного материала, тем самым изменяя физико-механические свойства рабочих поверхностей восстанавливаемых деталей в ресурсолимитирующих соединениях ГСТ-112.

Одной из наиболее сложных задач при практическом использовании метода ЭИО является поиск технологических режимов и электродных материалов, которые позволят сформировать на рабочих поверхностях поршней и золотников слой покрытия необходимой толщины.

Толщина сформированного покрытия h при ЭИО зависит от многих переменных, которые носят как качественный, так и количественный характер. Функцию h можно представить в виде [4]:

$$h = f(W_u, f_u, t_{об}, d_{эл}, S, m, M_d, M_{эл}, V_{эл}, V_d, V_s, t_{раз} \dots) \quad (1)$$

где W_u – энергия импульса тока, Дж; f_u – частота подачи импульса тока, Гц; $t_{об}$ – время обработки, мин; $d_{эл}$ – диаметр электрода, мм; S – площадь обрабатываемой поверхности, см²; m – число проходов электрода; M_d и $M_{эл}$ – соответственно, материал детали и электрода; V_d , $V_{эл}$, V_s – соответственно, скорости вращения детали, электрода и продольного перемещения электрода, мм/мин; $t_{раз}$ – длительность импульса тока.

Проведенные предварительные эксперименты и данные ряда авторов [4] показали, что часть факторов формулы (1) оказывают несущественное влияние на толщину формируемого покрытия. Такие факторы принимались постоянными: частота вращения электрода $V_{эл}$ равная 3500 об/мин; диаметр электрода $d_{эл}$, равный 3,8 мм, и частота вращения образцов V_d , равная 4 об/мин. Наибольшее влияние оказывают энергия импульса W_u (Дж), частота подачи импульса f_u (Гц) и скорость продольного перемещения электрода V_s (мм/мин). Для определения диапазонов изменения значений значимых факторов проводили однофакторные пассивные эксперименты процесса электроискровой обработки.

Электроискровую обработку образцов проводили на экспериментальной установке в механизированном режиме. Установка состоит из следующих основных элементов: токарно-винторезного станка, с установленным мотор-редуктором, предназначенного для вращения ходового винта продольного перемещения независимо от вала шпинделя станка; двух частотных преобразователей для бесступенчатой регулировки скорости продольного перемещения электрода и скорости вращения детали; генератора «ALIER-31», для создания рабочих импульсов; обрабатывающей головки «ВИ-1» для коммутации генератора с вращающимся электродом. В качестве образцов использовались кольца диаметром 23 мм и шириной 15 мм с шероховатостью $R_a = 0,08$ мкм из материала поршней и золотников ГСТ-112 (сталь 50ХФА).

Анализ работ предыдущих исследователей [1, 4] показал, что наиболее перспективными материалами электродов при восстановлении поршней и золотников являются электроды из стали. Предварительные исследования показали, что толщина и твердость формируемых покрытий зависят от содержания углерода в материале электрода. При ЭИО электродами из низкоуглеродистых сталей сформированные покрытия отличаются большой толщиной, но низкой твердостью, покрытия сформированные электродами из высокоуглеродистых сталей, наоборот, меньшей толщиной, но высокой твердостью. Поэтому при проведении собственных исследований применялись электроды с различным содержанием углерода: низкоуглеродистая сталь Св-08, среднеуглеродистая - 30Г и высокоуглеродистая - У10.

Эксперименты заключались в определении толщины покрытия при различных диапазонах варьирования факторов: для энергии импульса – в диапазоне от 0,036 до 3,15 Дж; для частоты подачи импульса - от 20 до 100 Гц и для скорости продольного перемещения электрода - от 0,25 до 1,9 мм/мин. Значение толщины сформированных покрытий определяли для площади опорной поверхности не менее 80% с помощью профилографа-профилометра английской фирмы «Тэйлор Хобсон».

На рис. 1 представлены результаты определения уровней варьирования энергией импульса при постоянных значениях частоты подачи импульса и скорости продольного перемещения электрода.

Результаты однофакторных пассивных экспериментов позволили определить нижние и верхние уровни варьирования факторов для многофакторного активного эксперимента, при которых толщина сформированного покрытия электродами: У10, 30Г и Св-08 не менее 250 мкм и площадь опорной поверхности не менее 80%.

Уровни варьирования факторов приведены в таблицах 1 - 3.

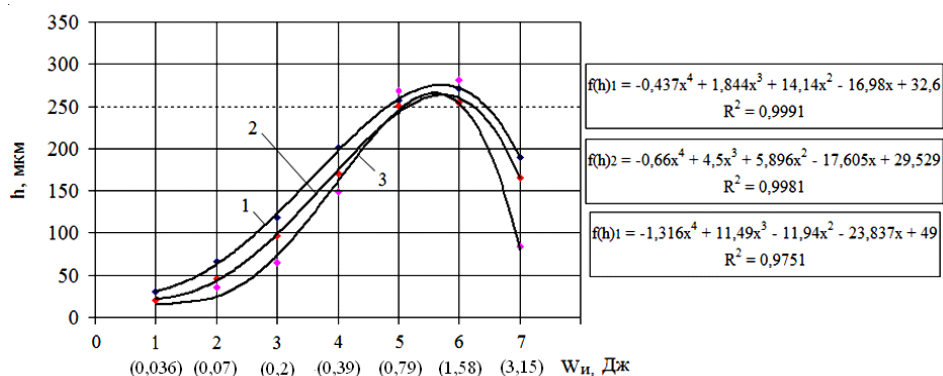


Рис. 1. Функции изменения толщины формируемого покрытия с площадью опорной поверхности 80% от энергии импульса:
 1, 2, 3 – кривые измерения толщины формируемого покрытия для электродов У10, 30Г, Св-08 соответственно. Материал основы сталь – 50ХФА

Для определения степени влияния каждого отдельного фактора на толщину формируемого покрытия на рабочей поверхности поршня и золотника ГСТ-112 проводились многофакторные активные эксперименты по плану 2^3 в соответствии с методикой, представленной в работе [8].

Таблица 1

УРОВНИ ВАРЬИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ЭИО ЭЛЕКТРОДОМ У10

Уровень	Факторы процесса					
	$X_1 - V_s$, мм/мин		$X_2 - W_n$, Дж		$X_3 - f_n$, Гц	
Верхний	0,55	-0,598	2,37	0,863	100	4,605
Нижний	0,25	-1,386	0,65	-0,431	60	4,094
Основной	0,4	-0,916	1,51	0,412	80	4,382
Интервал варьирования	0,15	-1,897	0,86	-0,151	20	2,996
Кодовое обозначение	X_1	$\ln X_1$	X_2	$\ln X_2$	X_3	$\ln X_3$

Таблица 2

УРОВНИ ВАРЬИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ЭИО ЭЛЕКТРОДОМ 30Г

Уровень	Факторы процесса					
	$X_1 - V_s$, мм/мин		$X_2 - W_n$, Дж		$X_3 - f_n$, Гц	
Верхний	0,57	-0,562	1,97	0,678	100	4,605
Нижний	0,25	-1,386	0,79	-0,236	57	4,043
Основной	0,41	-0,892	1,38	0,322	78,5	4,363
Интервал варьирования	0,16	-1,833	0,59	-0,528	21,5	3,068
Кодовое обозначение	X_1	$\ln X_1$	X_2	$\ln X_2$	X_3	$\ln X_3$

Таблица 3

УРОВНИ ВАРЬИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ЭИО ЭЛЕКТРОДОМ СВ-08

Уровень	Факторы процесса					
	$X_1 - V_s$, мм/мин		$X_2 - W_n$, Дж		$X_3 - f_n$, Гц	
Верхний	0,6	-0,511	1,58	0,457	100	4,605
Нижний	0,25	-1,386	0,79	-0,236	40	3,689
Основной	0,43	-0,844	1,19	0,174	70	4,249
Интервал варьирования	0,18	-1,715	0,4	-0,916	30	3,401
Кодовое обозначение	X_1	$\ln X_1$	X_2	$\ln X_2$	X_3	$\ln X_3$

где $X_1 - V_s$ – скорость перемещения электрода, мм/мин; $X_2 - W_n$ – энергия импульса, Дж; $X_3 - f_n$ – частота подачи импульса, Гц.

В результате многофакторных активных экспериментов были получены математические модели связи толщины сформированного покрытия на рабочих поверхностях поршня и золотника с факторами процесса ЭИО для различных электродов:

$$h_{y10} = 42,1 \cdot V_S^{0,075 \ln f_H - 0,394} \cdot W_H^{0,372 - 0,075 \ln f_H} \cdot f_H^{0,376} \quad (3)$$

$$h_{30Г} = 56,12 \cdot V_S^{0,093 \ln f_H - 0,462} \cdot W_H^{0,398 - 0,0779 \ln f_H} \cdot f_H^{0,3202} \quad (4)$$

$$h_{C6-08} = 170,9 \cdot V_S^{0,114 - 0,06 \ln W_H - 0,041 \ln f_H} \cdot W_H^{0,474 - 0,089 \ln f_H} \cdot f_H^{0,063} \quad (5)$$

Анализ результатов эксперимента показывает, что по степени влияния технологические режимы ЭИО расположились в следующем порядке: частота подачи импульса, скорость перемещения электрода, энергия импульса.

Проверка адекватности математических моделей показала, что относительное отклонение расчетных и экспериментальных значений толщины формируемого металлопокрытия электродом составляет: для верхнего уровня не более 1,48%; для нижнего уровня не более 2,1%.

Таким образом, математические модели (3), (4), (5) с высокой точностью описывают связь толщины формируемого покрытия на рабочей поверхности поршня и золотника с технологическими режимами ЭИО.

Оптимизация полученных математических моделей методом крутого восхождения позволила определить рациональные технологические режимы, при которых достигается необходимая толщина сформированного покрытия на рабочих поверхностях поршня и золотника ГСТ-112.

Таковыми режимами являются:

- для ЭИО электродом – У10: скорость перемещения электрода

$V_S = 0,319$ мм/мин; энергия импульса $W_H = 1,9744$ Дж, частота подачи импульса $f_H = 90,8$ Гц;

- для ЭИО электродом – 30Г: скорость перемещения электрода

$V_S = 0,3635$ мм/мин; энергия импульса $W_H = 1,5505$ Дж, частота подачи импульса $f_H = 84,7$ Гц;

- для ЭИО электродом – Св-08: скорость перемещения электрода

$V_S = 0,3706$ мм/мин; энергия импульса $W_H = 1,322$ Дж, частота подачи импульса $f_H = 79,9$ Гц.

Проведенные исследования позволили определить рациональные технологические режимы при механизированной ЭИО рабочей поверхности поршня и золотника ГСТ-112 различными электродами, при которых достигается толщина сформированных покрытий 250 мкм и площадь опорной поверхности не менее 80%.

Окончательный выбор материала электрода и технологических режимов для восстановления деталей соединений поршень–отверстие втулки блока цилиндров и золотник–отверстие корпуса клапанной коробки будет возможен после детальных исследований физико-механических свойств полученных покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галин Д.А. Оценка работоспособности и повышение долговечности объемного гидропривода ГСТ-90. Автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева. 2007. – 19 с.
2. Пути повышения долговечности объемного гидропривода ГСТ-90 / Бурумкулов Ф.Х., Ионов П.А., Галин Д.А., Земсков А.М. – Тракторы и сельхозмашины, 2012, №10. С.39-42.
3. Ионов П.А. Исследование работоспособности и разработка технологических рекомендаций по ремонту объемного гидропривода ГСТ-90 / П.А. Ионов, Ф.Х. Бурумкулов, Д.А. Галин, А.М. Земсков – Труды ГОСНИТИ, 2011, Т. 107, №1. С. 78-85.
4. Бурумкулов Ф.Х. Восстановление и упрочнение рабочих поверхностей соединения деталей наноструктурированными покрытиями / Ф.Х. Бурумкулов, С.А. Величко, В.И. Иванов, П.А. Ионов, Н.В. Раков, А.В. Столяров – Ремонт, восстановление, модернизация, 2008, №3. С. 5-9.

5. РДМУ 109–77 Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов.

Search rational technological regimes elektroiskovoy processing pistons and spool volume hydraulic drive GST-112

***P.A. Ionov, Candidate of Technical Sciences, «GNU GOSNITI»;
A.V. Stolyarov, Candidate of Technical Sciences,
A.M. Zemskov, Post-Graduate Student, «The Mordovian state university of
N.P.Ogaryov»***

Annotation. This paper presents the results of the selection process of rational treatment regimes elektroiskovoy pistons and spool volume hydraulic drive GST-112.

Keywords: spark processing, micro hardness, energy of an impulse, frequency of giving of an impulse, mathematical model, cover, technological modes.

REFERENCES

1. Galin D.A. Assessment of performance and increased durability volume hydraulic drive GTS-90. Author. dis. Candidate. tehn. Sciences. Saransk, MSU. fo N.P. Ogareva. 2007. - 19.
2. Ways to improve the durability of GST-volume hydraulic drive 90 / F.H. Burumkulov, Ionov P.A, Galin D.A, Zemskov A.M - Tractors and farm machinery, 2012, № 10, p.39-42.
3. Ionov P.A. Health research and development of technological repair recommendations volume hydraulic drive GST-90 / P.A. Ions, F.H. Burumkulov, D.A. Galin, A.M. Zemskov - GOSNITI Proceedings, 2011, T. 107, № 1, pp. 78-85.
4. Burumkulov F.H. Restoring and strengthening work surfaces connecting parts nanostructured coatings / F.H. Burumkulov, S.A. Velichko, V.I. Ivanov, P.A. Ionov, N.V. Rakov, A.V. Stolyarov - Repair, restoration, modernization, 2008, № 3, p. 5-9.
5. Guidelines 109-77 Methods of choosing and optimizing the controlled process parameters.