

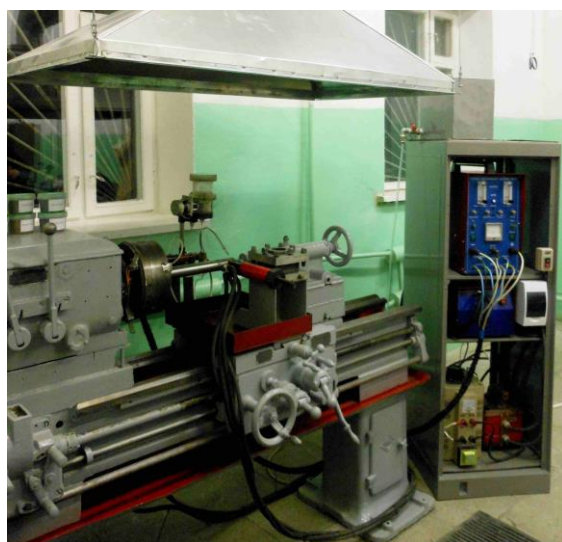
УДК 621.793.74:621.791.927.55

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ
НА ДЕТАЛЯХ ТИПА "ВАЛ" ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ
ИХ НОВЫМ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

В. И. Посметьев, А. М. Кадырметов, В. О. Никонов (ФГОУ ВПО ВГЛТА)

Для восстановления поверхностей изношенных автомобильных деталей широко используется известный метод плазменного нанесения покрытий. Тем не менее, покрытия, полученные этим методом, имеют недостаточную прочность сцепления с основой при значительных знакопеременных нагрузках, структурную неоднородность, высокие остаточные растягивающие напряжения, приводящие к растрескиванию покрытия, наносимого на шейки коленчатых валов. Для устранения этих недостатков применяют упрочнение покрытий, как в процессе напыления, так и после него, с помощью различных видов энергетических воздействий. Ранее нами бы предложен метод упрочнения плазменных покрытий, заключающийся в объединении двух самостоятельных технологических операций плазменного напыления и электромеханической обработки в одну [1, 2].

Для получения и исследования покрытий, полученных комбинированным способом, было разработано и изготовлено экспериментальное оборудование, внешний вид и схема которого представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.



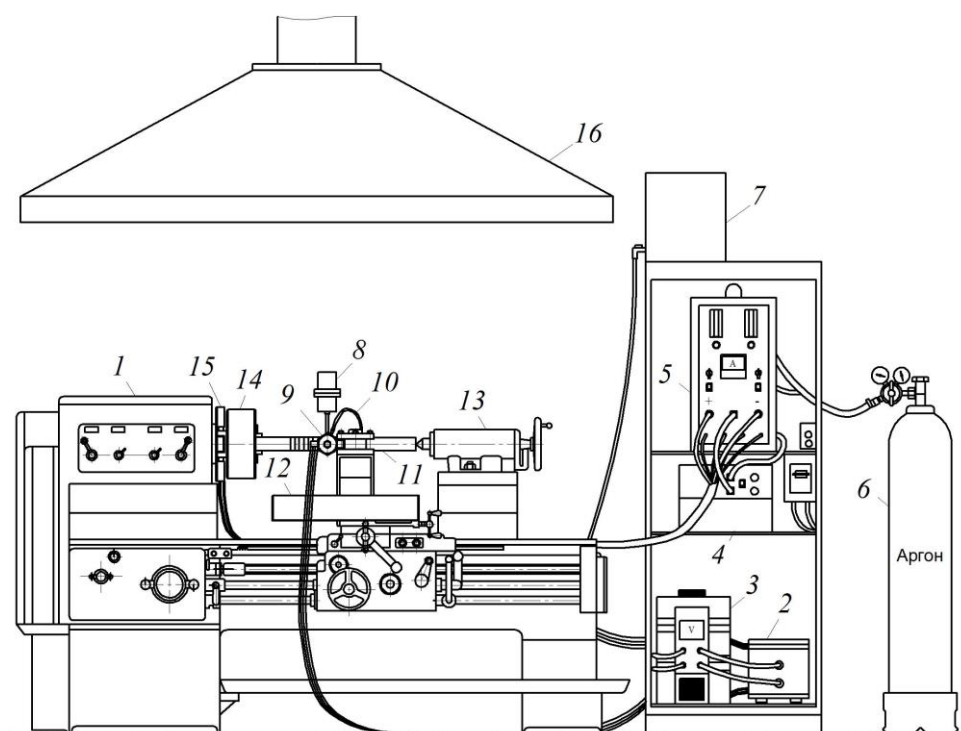
а



б

а – общий вид оборудования; *б* – процесс восстановления опытных образцов

Рисунок 1 – Установка для осуществления процесса плазменного напыления с одновременной электромеханической обработкой на опытных образцах



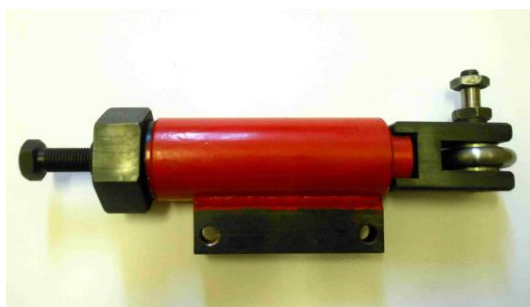
1 – токарный станок 161АМ; 2 – трансформатор ТКС-3500; 3 – автотрансформатор TDGC2-10; 4 – блок водяного охлаждения; 5 – источник питания; 6 – баллон с аргоном; 7 – бак с водой; 8 – питатель порошка и микро плазматрон; 9 – приспособление для ЭМО; 10 – кран для подачи воды; 11 – вал; 12 – поддон; 13 – задняя бабка; 14 – патрон; 15 – контактное устройство; 16 – зонт вытяжной

Рисунок 2 – Схема экспериментального оборудования для восстановления опытных образцов плазменным напылением с одновременной электромеханической обработкой

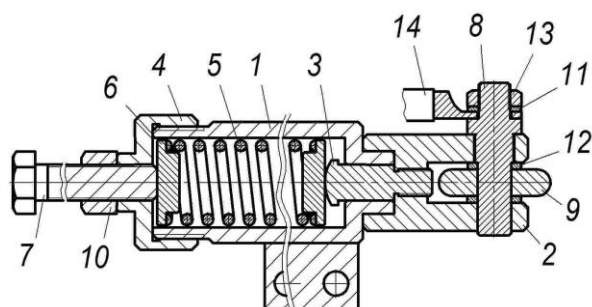
Главными элементами контактного устройства 15 являются электроконтактные щетки, сделанные из меднографита МГ-6. Электроконтактные щетки установлены в направляющих кронштейнах. Для создания электрического контакта с вращающимся патроном, на нем установлено медное кольцо по ширине щеток. Площадь контакта щеток с медным кольцом составляет 2000 мм^2 . Поверхность контакта отполирована до $R_a = 0,32 \text{ мкм}$. Для создания определенного усилия прижатия электроконтактных щеток используются пружины, усилие прижатия которых регулируется винтами.

Для осуществления ЭМО наружных цилиндрических поверхностей деталей применялось разработанное и изготовленное нами инструментальное приспособление для опытных образцов (рис. 3). Приспособление выполнено в виде отдельного узла, устанавливаемого в резцедержателе токарного станка через электроизоляционные прокладки, выполненные из 4-х мм текстолита (ГОСТ 2910-74). Ролик 9 выполнен из твердого сплава ВК8 с радиусами рабочего профиля $r = 26 \text{ мм}$ и $R = 6 \text{ мм}$.

Данное приспособление было разработано с учетом рекомендаций авторов [3, 4].



a



б

1 – корпус; 2 – вилка; 3 – толкатель; 4 – крышка; 5 – пружина; 6 – тарелка;
7 – болт; 8 – валик; 9 – ролик; 10 – гайка; 11 и 12 – шайба; 13 – гайка; 14 – клемма

Рисунок 3 – Общий вид приспособления *a* и устройства *б* для электромеханической обработки опытных образцов комбинированным способом

Перед напылением поверхность деталей подвергали пескоструйной обработке на оборудовании, в которое входят: камера для пескоструйной обработки и компрессор INGER SOLL-RAND (рис. 4).



a



б



в

a – общий вид оборудования; *б* – пескоструйная камера;
в – обрабатываемые ролики и сопло пескоструйного аппарата

Рисунок 4 – Оборудование для пескоструйной обработки

В качестве рабочего материала для исследования свойств покрытий послу-

жил самофлюсующийся сплав ПГСР-4 зернистостью 40-63 мкм, выпускаемый ОАО "ПОЛЭМА". Перед напылением порошки просушивались при температуре 120-150 °С в муфельной печи СНОЛ 10/10.

Все экспериментальные исследования проводили для трех видов покрытий, полученных по следующим технологиям: традиционное плазменное напыление – ТПН, плазменное напыление с последующей электромеханической обработкой – ПНЭМОП, плазменное напыление с одновременной электромеханической обработкой – ПНЭМО.

Процесс ПНЭМО осуществляется плазматроном с конструктивными параметрами: расстояние до выносного анода-шайбы 4 мм, угол заточки катода 65°, вынос катода 1 мм; кинематическими параметрами: скорость вращения образцов 10 об./мин, подача 1 мм/об.; химическим составом плазмообразующего и защитного газа (аргон), гранулометрическим составом и формой частиц порошка для материалов подложки сталь 45; одинаковой дистанцией напыления 40 мм; углом подачи порошка под срез плазматрона 25-35°. В процессе напыления покрытия его электромеханическая обработка производится роликом. Скорость обкатки и продольная подача обеспечивается величинами, аналогичными для плазменного напыления. Охлаждение зоны обкатки осуществляется 10 % раствором эмульсола Экол-1 с расходом 0,5 л/мин, а смыв его остатков – струей воды высокого давления с параметрами: расход 4,5 л/мин, давление перед форсункой 9 МПа.

Результаты обработки оценивали путем металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерением: прочности соединения покрытия с основой, пористости, микротвердости на поверхности и по толщине покрытия; испытанием на износ и определением предела выносливости покрытия.

Износостойкость покрытий, полученных по технологии ПНЭМО, во всем диапазоне исследованных нагрузок и скоростей оказалась выше, чем у покрытий, полученных отдельно по технологиям ПН и ПНЭМОП (рис. 5).

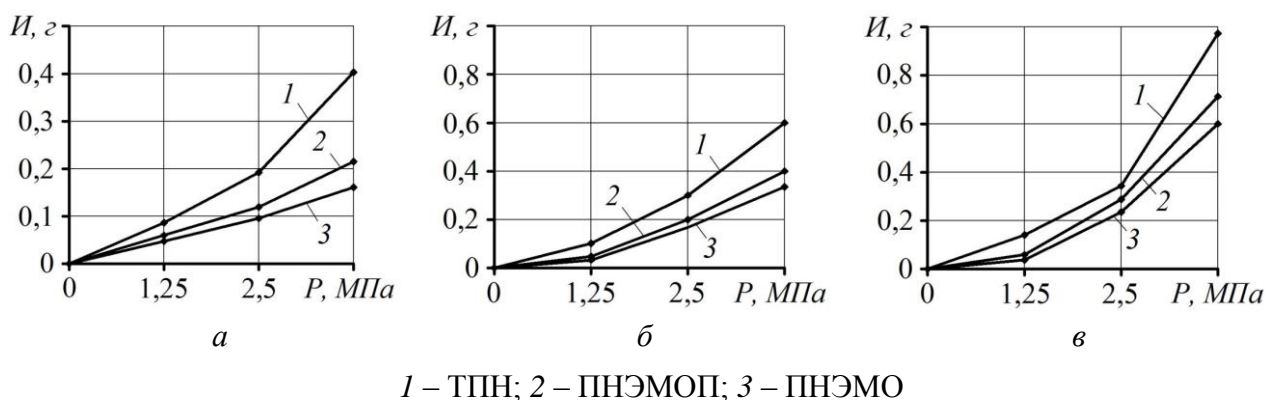


Рисунок 5 – Зависимости износа I покрытия ПГСР-4 от удельного давления P при различных скоростях скольжения: $a - V = 0,78$ м/с; $b - V = 1,3$ м/с; $v - V = 2,6$ м/с

Было установлено существенное улучшение качества границы раздела между покрытием и основным материалом после электромеханической обработки. На участках поверхности покрытий, полученных ПНЭМО и ПНЭМОП, такая граница визуально становится слабо различимой, сливаясь со структурой основного металла (рис. 6).

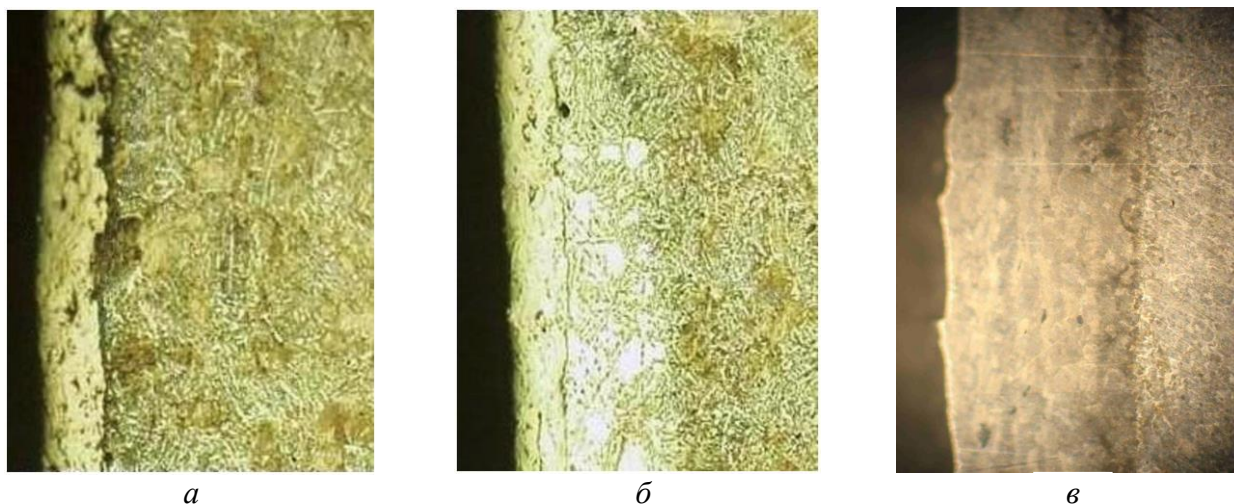


Рисунок 6 – Границы раздела между покрытием и основным металлом для покрытий, полученных по технологии: *а* – ТПН; *б* – ПНЭМОП; *в* – ПНЭМО

Сравнительный анализ показал, что в процессе ПНЭМО и ПНЭМОП происходит снижение пористости, которое связано с тем, что в процессе ПНЭМО под действием высоких температур и давлений в зоне обработки происходит сваривание соседних частиц покрытия при их интенсивной пластической деформации. Результаты исследований показали, что плотность покрытия после обработки по предложенному способу увеличилась на 25-35 %, поры практически отсутствуют.

Рентгеноструктурным анализом установлен фазовый состав покрытий, полученных ПНЭМО и ПНЭМОП, включающий в себя твердый раствор на основе никеля, карбиды, оксиды, бориды, силициды.

Проведенные исследования показывают, что предел выносливости деталей с покрытиями, полученными ПНЭМО равен 245 МПа, что в 1,44 раза выше предела выносливости образцов с покрытиями, полученными по ТПН – 170 МПа, и примерно равен такому значению у ПНЭМОП. Увеличение предела выносливости у покрытий, полученных ПНЭМО, связано с наличием сжимающих остаточных напряжений в покрытии в результате высокотемпературной поверхностной пластической деформации.

Разработанный комбинированный способ ПНЭМО позволил устранить недостаток способа ПНЭМОП, связанный с его использованием для ограниченных по величине толщин покрытий и снизить затраты энергии за счет объединения в одной технологической операции процесса плазменного напыления и электро-механической обработки. Результаты экспериментов показали существенное преимущество нового способа ПНЭМО: прочность соединения покрытия с основным металлом образцов у способа ПНЭМО в 2,9-3,2 и 1,12-1,23 раза выше, чем у ПН и ПНЭМОП, соответственно; микротвердость покрытия ПГСР-4, полученного ПНЭМО, составила 17486 МПа и была существенно выше, чем у ПН – 12192 МПа и несколько превышала аналогичное значение у ПНЭМОП – 17200 МПа.

Библиографический список

1 Пат. 2480533 РФ, МПК С23С4/18, В24В39/06, В23Н9/00. Способ комбинированного упрочнения поверхностей деталей / А. М. Кадырметов, Г. А. Сухочев, В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев, А. Ф. Мальцев ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Доступная робототехника" – № 2011140996/02 ; заявл. 11.10.2011 ; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12. – 8 с.

2 Никонов, В. О. Разработка комбинированного способа нанесения и упрочнения покрытий / В. О. Никонов // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона : сборник докладов Региональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Воронеж, 16-17 апреля 2012 г. / Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере ; Прав. Вор. обл. ; ВИТЦ. – Воронеж, 2012. – С. 148-149.

3 Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин электро-механической обработкой : учеб. пособие / Б. М. Аскинази. – М. : Машиностроение, 1989. – 200 с.

4 Багмутов, В. П. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства и реализация : монография / В. П. Багмутов, С. Н. Паршев, Н. Г. Дудкина, И. Н. Захаров. – Новосибирск, 2003. – 318 с.