



## СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ

Материалы 18-го Международного  
научно-технического семинара,  
10–16 февраля 2018 г.,  
г. Брно, Чешская Республика

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

*Брусило Ю.В. Национальный авиационный университет, Киев,  
Соловых Е.К., Катеринич С.Е., Гонець Р.А.*

*Центральноукраинский национальный технический университет, Кропивницкий, Украина*

Большинство деталей двигателей эксплуатируются до предельно допустимого износа. В Украине, в условиях сложившейся экономической ситуации немаловажным фактором является перерасход дорогостоящих запасных частей, в том числе импортного производства, из легированного металла для замены изношенных деталей. Анализ износа деталей двигателей показал, что в первую очередь существует потребность в восстановлении поверхностей наиболее востребованных и часто выходящих из строя деталей, таких как распределительные валы. Восстановление распредвалов сдерживается ограниченным применением современных способов восстановления ответственных деталей двигателей. Использование традиционных методов восстановления деталей (наплавки или плазменного напыления) не удовлетворяет запросам ремонтных производств (не обеспечивают необходимого качества деталей, трудоемки, энергоемки и экономически нецелесообразны). Поэтому, разработка и внедрение малозатратных технологических процессов восстановления и упрочнения распредвалов двигателей, изыскание новых и усовершенствование существующих ме-

тодов их ремонта и восстановления, которые базируются на последних научных исследованиях в области нанесения защитных покрытий, является актуальной задачей. Решение этой задачи обеспечит снижение расхода дорогостоящих материалов и энергозатрат процесса восстановления при повышении его производительности с гарантией высоких показателей надежности отремонтированных изделий.

Одним из основных направлений повышения долговечности и ресурса двигателей является усовершенствование низкозатратных технологических процессов восстановления их распредвалов в сочетании с использованием наиболее доступных и дешевых материалов, обеспечивающих снижение расхода дорогостоящих материалов и энергозатрат процесса восстановления при повышении его производительности с гарантией высоких показателей надежности отремонтированных изделий. Использование восстановленных деталей позволяет снизить расходы автотранспортных предприятий на запасные части. Разнообразие действующих сил и условий эксплуатации распредвалов определяет большой разброс в значе-

ниях износа их рабочих поверхностей, на ремонт которых приходится 60 % существующих разработанных технологических процессов восстановления, среди которых все большее внимание уделяется электродуговому напылению (ЭДН). Технологичность, простота, высокая производительность, низкая стоимость и универсальность ЭДН обратили на себя внимание учёных и производителей. Огромный вклад в развитие ЭДН внесли исследования ученых Украины и стран СНГ: К.А. Ющенко, В.С. Ивашко, В.Э. Барановского, А.С. Прядко, Ю.С. Коробова, М.М. Студента и др. Использование технологических процессов ремонта с применением прогрессивных технологий и оборудования для ЭДН поможет сделать ремонтное производство двигателей транспортных предприятий рентабельным, обеспечит его сменно-запасными деталями. Ремонт составляет основу эксплуатационной надежности и включает не только восстановление геометрических размеров распределителей двигателей, но и повышение их эксплуатационных характеристик, в том числе – износостойкости. Таким образом, повышение износостойкости, долговечности и надежности распределителей двигателей является конечной целью разработки технологических процессов восстановления и ремонта.

Целью настоящих исследований является разработка технологии восстановления распределительных валов автомобильных двигателей путем нанесения покрытий методом электродугового напыления и исследование свойств полученных покрытий.

В качестве объектов исследования были выбраны распределительные валы с ЭДН – покрытия из проволоочной стали 40X13. Диаметр проволоки  $\varnothing$  2,0 мм. Выбор сталей мартенситного класса 40X13 для износостойких покрытий обусловлен их способностью к структурно-фазовым аустенитно-мартенситным превращениям.

Для нанесения покрытий использовали электродуговой аппарат АДН-8 для активированного электродугового напыления (АДН), разработанный в ГНУ «ОИМ НАН Беларуси». В основе работы установки лежит процесс плавления проволок электрической дугой и распыление металла высокоскоростной

струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси. Достоинство используемой аппаратуры – работа камеры сгорания на пропано-воздушной смеси, что снижает окисление напыляемого металла и выгорание легирующих элементов. Напыленное покрытие характеризуется прочностью сцепления вдвое выше, чем при традиционном ЭДН, что позволяет деталям с такими покрытиями работать в экстремальных условиях.

Исследование микроструктуры проводилось на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия). Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере «Micromet-II». Количественный стереологический анализ пористости покрытий проводился на автоматическом анализаторе изображения «Mini-Magiscan» фирмы «Joyce Loebel», Англия, по программе «Genias 26»..

В результате исследований разработан технологический процесс восстановления распределителей ЭДН, который состоит из следующих операций: подготовка проволоки; очистка детали; дефектация детали; предварительная мехобработка; дробеструйная обработка; контроль напыленных поверхностей; мехобработка покрытий. При разработке технологии восстановления распределителей двигателей принимались во внимание конструкция вала, свойства материалов вала и покрытия, размеры покрытия, допустимый нагрев и т.д. Сущность процесса ЭДН заключается в плавлении проволоки электрической дугой и распылении расплавленного металла струей, образованной продуктами сгорания пропано-воздушной смеси, с дальнейшим транспортированием потока частиц расплавленного металла к восстанавливаемой поверхности вала (рис. 1).



Рис. 1. Процесс восстановления распределителя электродуговым напылением

Основные физико-механические свойства полученных покрытий, представлены в табл. 1 и на рис. 2–3. Лабораторные и стендовые испытания распредвалов показали, что износостойкость их восстановленных поверхностей в 2,5–5,0 раза выше, чем поверхностей, восстановленных по традиционной технологии ЭДН и в 1,5–1,7 раза – по сравнению с новыми валами (табл. 2–3). Срок службы распредвалов с покрытиями (рис. 4) увеличился в 2,5–3,0 раза.

Таблица 1

**Характеристики стальных покрытий ЭДН**

Наименование характеристики, азмерность	Значение
Микротвердость, МПа	HV 800
Контактные нагрузки, МПа	до 100 при нали- чии ударов
Степень окисления покрытия, %	до 3
Прочность сцепления, МПа	60–70
Толщина покрытия, мм	0,5–4,0
Термическое разупрочнение	не происходит

Таблица 2

**Физико-механические свойства  
восстановленных валов**

Деталь	Мате- риал	Прочность сцепления, МПа	Среднее значение износа, мм
Распредвал новый	сталь 45	–	0,05–0,15
Распредвал восстановленный		220	0,01–0,02

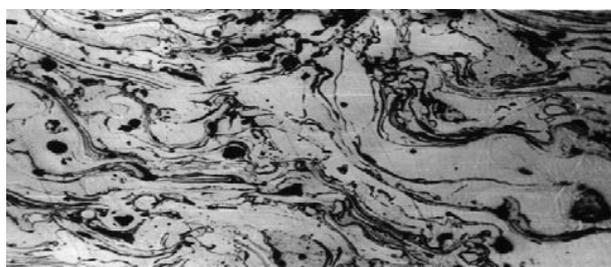


Рис. 2. Исследования микротвердости полученного покрытия

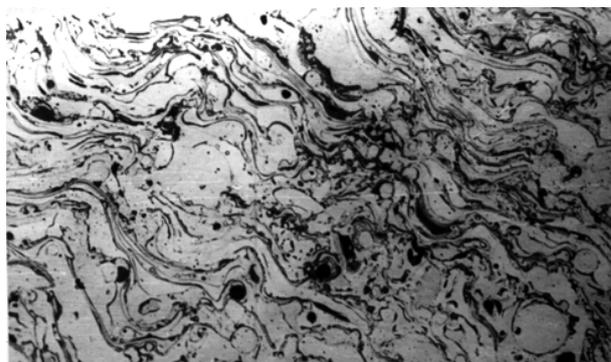


Класс	Описание	% площади
1	Поры	6,29%
2	Основа	93,71%

а



б



в

Рис. 3. Гистограммы пористости (а) и микроструктура ЭДН-покрытий (б, в) ×250

**Выводы**

На основании исследований разработаны технологическая инструкция для восстановления распредвала и практические рекомендации по использованию разработанной технологии восстановления на ремонтных предприятиях. Разработанная технология восстановления распредвалов двигателей расширила номенклатуру восстанавливаемых деталей и позволила восстанавливать не только распредвалы двигателей, но и распредвалы любых средств транспорта, а также организовать участки восстановления деталей на ремонтных предприятиях.



а



б

Рис. 4. Восстановленный (а) распредвал 14-04-20-1 двигателя Д-160.111-1 и после мехобработки (б)

## СБОРНЫЕ ТОКАРНЫЕ РЕЗЦЫ С РИФЛЕННЫМИ ВСТАВКАМИ ИЗ ПСТМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Бурыкин В.В.*

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина*

Учитывая специфические структуру и свойства труднообрабатываемых материалов, а также особенности макрогеометрии деталей, особое место при проектировании лезвийного инструмента приобретают его конструктивные мероприятия по креплению режущих пластин из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ). Если конструкция инструмента с механическим креплением пластин технически неосуществима, то применяют паяный инструмент из ПСТМ, оснащенный сменными вставками или блоками. Наличие подложки позволяет повысить прочность режущих элементов, уменьшить толщину слоя ПСТМ, осуществлять пайку пластины непосредственно к вставке или блоку.

Максимально возможное использование материала режущей пластины, постоянство положения вершины резца на линии центров токарного станка и высокая надежность крепления режущей пластины в инструменте при точении деталей из труднообрабатываемых материалов достигается с применением технологичной сборной

конструкции резца (рис. 1).

Сборная конструкция инструмента [1] спроектирована с выдвижным режущим блоком в виде прямого параллелепипеда, не только для повышения надежности крепления, периода стойкости и ресурса режущей пластины из ПСТМ, но и для применения многократной переточки токарного резца. Он состоит из блока 1 с напаянной режущей поликристаллической пластиной 2, закрепленного в державке 3, опоры 4 закрепленной двумя винтами 5 и прихвата 6 с крепежным 7 и дифференциальным 8 винтами.

Режущий блок изготовлен с рифлями на боковой опорной стороне, для сопряжения с соответствующими рифлями на главной задней поверхности державки и опорой под углом подъема к основной плоскости инструментальной системы координат, закрепленной винтами к державке. Шаг рифли  $P$  и угол подъема  $\tau$  конструкции резца подбираются по отношению  $P = h/\text{tg}\tau$ , где  $h$  – допустимая величина фаски износа режущей пластины по задней поверхности.