

2. Zero Pollution Motors // MDI AIRPod [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <http://zeropollutionmotors.us/>.

3. EngineAir // Breathe Easy with the Di Pietro Motor [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: <http://www.engineair.com.au/>.

4. ScuderGroupInc [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <http://www.scuderengine.com/>.

5. AeromovelInc [Electronic resource]. – 2002. – Mode of access: <http://www.aeromovel.com/>.

УДК 656

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ШЕЕК ВАЛОВ АКТИВИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ  
НАПЫЛЕНИЕМ**

**RESEARCH OF MATERIALS FOR THE RESTORATION OF SHAFT  
JOURNALS BY ACTIVATED ELECTRIC ARC SPRAYING**

*Ивашко В.С.*, доктор технических наук, профессор;

*Буйкус К.В.*, кандидат технических наук, доцент  
(Белорусский национальный технический университет)

*Ivashko V.*, Doctor of Technical Science, Professor;

*Buikus K.*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
(Belorussian National Technical University)

**Аннотация.** *Исследованы триботехнические характеристики материалов для восстановления шеек валов активированным электродуговым напылением.*

**Abstract.** *The tribological characteristics of materials for the restoration of shaft journals by activated electro arc spraying are researched.*

**Введение**

Нанесение упрочняющих и восстановительных покрытий из проволоочных материалов электродуговым напылением считается наиболее экономически эффективным методом восстановления автомобильных деталей. Использование тепловой энергии электрической дуги для плавления проволоочных электродов позволяет внедрять метод на любых предприятиях и мастерских. Для получения электрической дуги можно использовать серийные источники сварочного тока с жесткой вольтамперной характеристикой с диапазоном регулировки напряжения от 22 до 40 В, и номинальным током более 500 А. Практически для распыления компактных проволок диаметром до 2 мм из стали достаточно иметь диапазон регулировки

тока от 120 до 220 А. Запас по току необходим для обеспечения бесперебойного протекания переходных процессов.

Плавление электродной проволоки открытой электрической дугой вызывает необходимость принимать меры по защите зоны плавления металла и расплавленных частиц от окислительного действия кислорода воздуха. Использование инертных газов ввиду их большого расхода экономически нецелесообразно. Проще нейтрализовать кислород воздуха реакцией горения с углеводородным топливом. Жидкие топлива (керосин, бензин) применяются в некоторых устройствах для напыления покрытий. Высокотемпературная струя продуктов сгорания таких устройств содержит твердые частицы углерода, которые, попадая на поверхность обрабатываемой детали и остаются там, ухудшая качество покрытий. Газообразное топливо для организации процесса горения подается через простейшие смесители-дозаторы, что позволяет значительно облегчить конструкцию металлизатора и оперативно изменять окислительно-восстановительные свойства распыляющей струи.

Работа проводилась с целью определения материала для восстановления изношенных шеек коленчатых валов дизелей методом активированной электродуговой металлизации.

Износостойкость антифрикционного материала обеспечивает долговечность подшипникового узла в условиях трения при граничной смазке, в которых находится трибосопряжение в момент пуска машины и режимах перегрузки.

При трении в условиях граничной смазки и равных внешних условиях (удельная нагрузка, скорость скольжения, температура и т.п.) более антифрикционным считается материал, у которого коэффициент трения будет меньше, или у которого граничный слой смазки разрушается при более высокой температуре или более высоком сочетании удельного давления и скорости скольжения.

### **Основная часть**

Анализ методик исследования износостойкости свидетельствует о том, что для лабораторных испытаний на изнашивание газотермически напыленных покрытий, эксплуатирующихся при трении с граничной смазкой, целесообразно применение машины Армслера. Выбор обусловливается достаточной адекватностью условий изнашивания на установке Армслера режимам граничной смазки. Кроме того, образцы на установках Армслера технологичнее в изготовлении и дальнейшем исследовании.

С помощью маятникового механизма установки для исследования предусмотрены параллельные замеры коэффициента трения покрытий.

Дополнительная информация по коэффициенту трения представляет интерес для теоретических обобщений результатов исследования.

Для приближения условий лабораторных испытаний к реальной эксплуатации объекта разработки в качестве смазочного материала рассмотрено масло, применяющееся в трибосопряжениях с граничной смазкой.

Испытания образцов на изнашивание проводились на машине трения МТ-2 по методике «Изделия антифрикционные. Определение антифрикционных свойств. Программа и методика испытания. ПМ 12.001.95».

В качестве смазочного материала изучаемого трибосопряжения использовалось масло И–Г–А–32 ГОСТ 17479.4–87.

В качестве контртела применялись диски с наружным диаметром 110 мм и толщиной 4 мм, изготовленные из стали 45 с поверхностной закалкой до твердости от 42 до 45 HRC.

Испытания проводились на образцах в виде цилиндра, имеющих следующие размеры: диаметр 10 мм, высота 13 мм. При изготовлении образцов один из торцов подвергали струйно-абразивной обработке с использованием чугунной колотой дроби. Затем на подготовленные торцы наносили покрытия из материалов, указанных выше.

Нагрузку задира выявляли при скорости скольжения 2,75 м/с (скорость вращения вала с оправкой 750 мин<sup>-1</sup>), что соответствует скорости скольжения подавляющего большинства валов оборудования, автомобилей тракторов, сельскохозяйственных машин, подаче масла 6-7 капель в минуту. Схема нагружения следующая (периодичность увеличения нагрузки составляет 1 час):

- приработочный режим без нагрузки;
- установка рычага;
- установка подвески;
- установка гири массой 1 кг;
- повтор пункта 4 до появления задира.

Результаты испытаний покрытий на задир приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний напыленных материалов на задир

Давление на образцы <i>p</i> , МПа	Коэффициент трения $\mu$				
	Исходный материал покрытия				
	07X18H9TЮ	X20H80T	65Г	08Г2С	40X13
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
0,16	0,043	0,021	0,020	0,075	0,021
0,50	0,090	0,014	0,014	0,035	0,014
0,92		0,008	0,009	0,019	0,008
1,33		0,005	0,009	0,013	0,007
1,75		0,005	0,008	0,011	0,007

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2,16		0,005	0,006	0,012	0,007
2,58		0,007	0,007	0,014	0,007
3,00		0,015	0,008	0,015	0,006
3,42			0,012	0,017	0,010
3,83			0,014	0,018	0,014
4,25			0,020	0,019	0,015
4,66			0,067	0,019	0,015
5,08				0,040	0,014
5,50				0,060	0,012
6,00					0,012
7,16					0,012
9,25					0,012
11,33					0,012
13,42					0,012
15,5					0,023

Согласно таблице 1 задиры покрытия из стали 07X18H9ТЮ наблюдается при минимальном давлении в паре трения. По мере увеличения нагрузки задира напыленные покрытия образуют следующий ряд: 07X18H9ТЮ; X20H80Т; 08Г2С; 65Г; 40Х13. Предельное для данной пары трения удельное давление является показателем грузоподъемности антифрикционного материала, то есть характеризует его способность образовывать прочный граничный слой смазки, предохраняющий поверхность трения от разрушения при высоких удельных давлениях и значительных температурах.

### Заключение

Проведены испытания образцов с покрытиями из стальных проволок 07X18H9ТЮ; X20H80Т; 08Г2С; 65Г; 40Х13, полученных активированным электродуговым напылением.

Показано, что покрытие из проволоки НП-40Х13 обладает наибольшей стойкостью к задиру в условиях трения при граничной смазке.

### Литература

1. Структура и свойства стальных покрытий, нанесенных методом активированной дуговой металлизации / Ю.С. Коробов [и др.] // Сварочное производство. – 1997. – № 1. – С. 4–7.
2. Роль адгезии смазочного масла при граничной смазке / А.И. Шевцов [и др.] // Трение и износ. – 1998. – Т. 19, № 3. – С. 350–354.