

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ШЕЕК КОЛЕНВАЛОВ

Хлопков Ю. В.

*Институт технической акустики НАН Беларуси,*  
[hlopkov@tut.by](mailto:hlopkov@tut.by)

Наличие в эксплуатации большого количества сильно нагруженных трущихся соединений требует современных эффективных методов их восстановления и ремонта. Процессами восстановления в настоящее время довольно успешно справляются приведенные в работе 2 технологических метода:

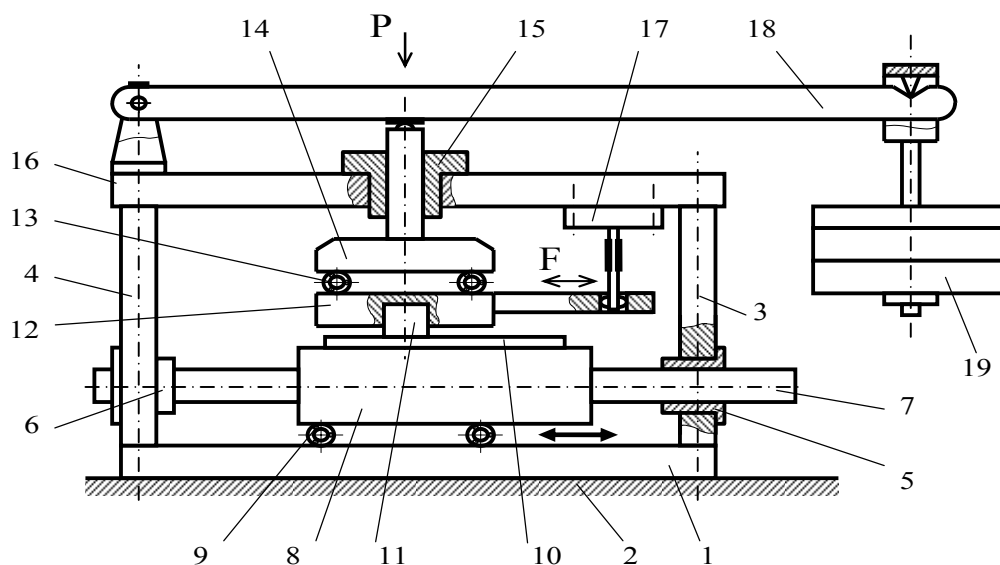
1. Электродуговая наплавка (ЭДН), с подачей проволоки СВ15ГСТЮ и порошка НП-Н77Х17С4Р4 с содержанием 20-25 % проволоки и остальное порошок. Рабочая среда – аргон.

2. Сверхзвуковое газотермическое напыление с подачей порошковой проволоки ПП-ТП-1, содержащей (в %) 0,6С, по 1 Ni, В, Cr, 2 Al. Рабочий газ пропан-бутан. По технологическим параметрам и свойствам получаемых покрытий к нему можно отнести плазменное напыление.

Указанные технологии как конкурируют, так и дополняют друг друга. Однако в ряде случаев они не позволяют решить задачи ремонта, а ресурс эксплуатации восстановленных изделий существенно ниже исходных. Поэтому анализ функциональных свойств восстановленных покрытий и создание на этой основе оптимальных условий восстановления является актуальной научно-технической задачей.

В работе приведены результаты триботехнических испытаний восстановленных поверхностей коленвалов тракторных двигателей, как наиболее информационных сведений, свидетельствующих о долговечности и надежности эксплуатации реальных объектов.

Триботехнические испытания образцов покрытий проводились на трибометре АТВП, оснащенный специально разработанным устройством для измерения коэффициента трения (рис.1).



**Рис.1.** Схема трибометра АТВП. 1 – плита; 2 – основание; 3, 4 – стойки; 5, 6 – втулки; 7 – шток; 8 – ползун; 9 – шарикоподшипник; 10 – контртело; 11 – образец; 12 – обойма; 13 – шарикоподшипник; 14 – коромысло; 15 – втулка; 16 – верхняя плита; 17 – тензометрическая балка; 18 – рычаг.

Испытания осуществлялись по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел при средней скорости их взаимного перемещения  $\approx 0,1$  м/сек. Контртело в виде пластины с размерами  $90 \times 30 \times 3$  мм изготавливалось из наружного кольца подшипника скольжения с антифрикционным слоем толщиной около 1 мм. Испытания проводились при номинальном давлении 10 МПа в среде моторного масла МС-20. Путь трения составлял 2500-4500 м. Величина линейного износа материала покрытия измерялась с помощью метода искусственных баз. Углубления на поверхности исследуемых образцов наносились с помощью прибора для испытаний линейного износа и не превышали 0,2 мкм. Измерение величины износа контртела осуществлялось по потере веса при испытаниях. С поверхности образцов контртела перед взвешиванием спиртом удалялись продукты изнашивания, затем образцы промывались, протирались и просушивались в сушильном шкафу при температуре  $\sim 100^\circ\text{C}$ . После высушивания образцы взвешивались на аналитических весах АДВ-200М. Перед испытаниями образцы и контртело шлифовались на абразивной бумаге с мелким зерном Л254С10П.

Основные результаты измерений приведены в таблице.

Вид восстановления	Рабочий ток, А	Интенсивность линейного изнашивания, $I_h$	Интенсивность весового изнашивания контртела, $I_q, 10^{-2}$ мг/м	Коэффициент трения $f$
ОСНОВА	-	$1,04 \times 10^{-8}$	0,7	0,15-0,17
ЭДН	100	$0,80 \times 10^{-9}$	3,6	0,20-0,35
	140	$3,12 \times 10^{-9}$	9,7	0,12-0,13
	160	$3,38 \times 10^{-9}$	8,3	0,15-0,17
СГТН	150	$4,80 \times 10^{-9}$	7,9	0,12-0,16
	250	$1,45 \times 10^{-9}$	1,5	0,11-0,12
	300	$0,83 \times 10^{-9}$	1,2	0,06-0,08

Как следует из измерений, характеристики пар трения сильно зависят от параметров восстановления. По сравнению с основной восстановленный слой изнашивается в 1,5–10 раз меньше. Это подтверждается зависимостью линейного износа от пути износа (рис.2).

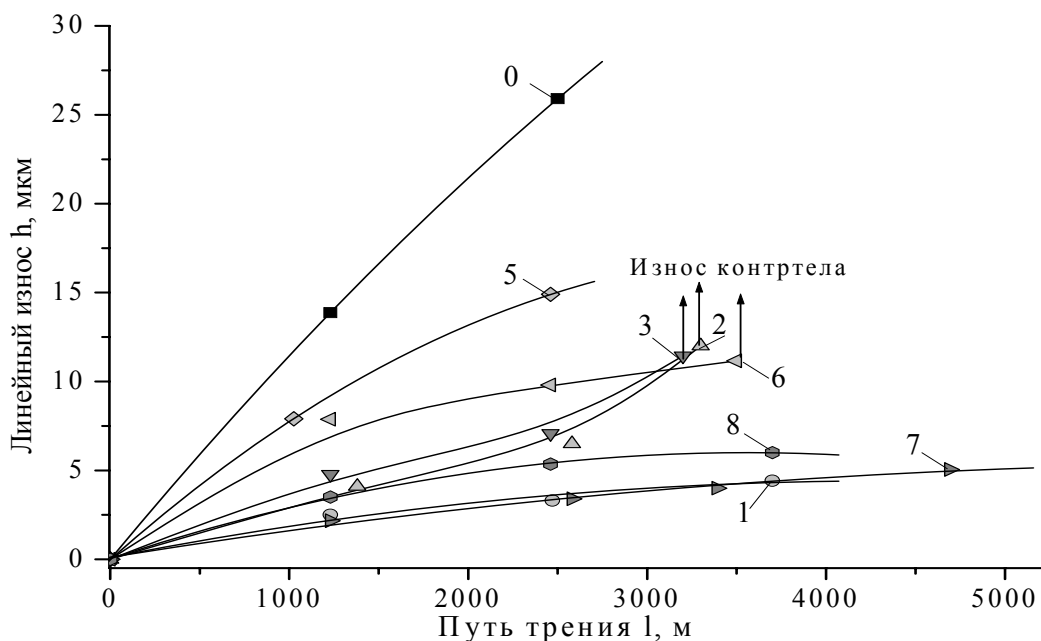


Рис. 2. Зависимость линейного износа  $h$  образцов покрытий от пути трения

Однако следует обратить внимание на тот факт, что примерно на ту же величину возрастает износ контртела. Это необходимо учитывать, как и при выборе толщины антифрикционного покрытия, так и в целом при определении соотношений характеристик пары трения.

Уменьшение износа шеек вызвано снижением коэффициента трения  $f$  и возрастанием их твердости за счет нанесения более легированного материала. Улучшение трения можно объяснить наличием на поверхности восстановления пористой структуры, которая заполняется во время работы смазочным маслом (повышение маслоудержания).

В процессе износа значения  $f$  носят сложный характер (рис.3). Они увеличиваются на 10–20 %, а затем стабилизируются. Для восстановленных покрытий характерны пиковые скачки  $f$  (до 1,5 раз). Скачки сил трения вызваны наличием в восстановленном слое отдельных зерен окислов и карбидов металлов, входящих в состав наносимых материалов.

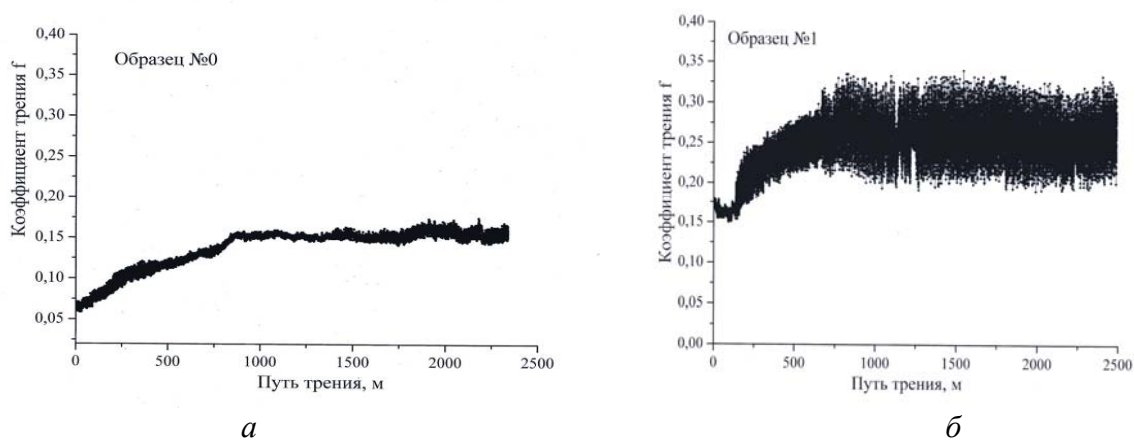


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от пути трения: а –основа, б-восстановленный слой

Наличие зерен, разделенных порами, подтверждается металлографическими, рентгеноструктурными и электроннолучевыми исследованиями. Так на рис.4 показано распределение легирующего элемента Cr по приграничной области границы восстановления. Содержание концентрации примеси колеблется в несколько раз в пределах шага пор-колодцев. Такая же картина наблюдается практически для всех составляющих элементов покрытия.

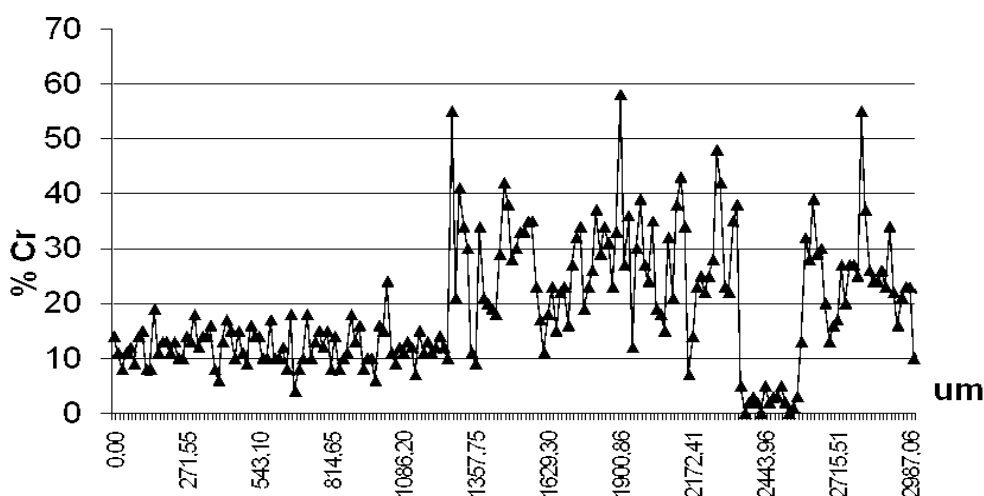


Рис. 4. Распределение Cr по сечению восстановления.

Примеси совместно с железом в виде конгломерации окислов и карбидов создают на поверхности абразивную структуру, которая ведет к значительному износу антифрикционного покрытия вкладыша (таблица). Этот факт необходимо учитывать при расчете долговечности пары коленвал-вкладыш. Неравномерность износа, вызванного наличием зерен твердых фаз, проявляется на пиковом поведении коэффициента трения при износе.

### Выводы

1. Износ восстановленного покрытия существенно ниже износа основы.
2. Для восстановленной пары идет значительный износ антифрикционного вкладыша.
3. С точки зрения повышения ресурса пары трения существуют оптимальные технологические режимы.

## КОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ПОРОШКА $Al_2O_3$ ПЛАКИРОВАННОГО Ni, ПОЛУЧЕННОЕ МЕТОДОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Яснов В. В.<sup>1</sup>, Линевич А. В.<sup>1</sup>, Коледа В. В.<sup>2</sup>, Бобровский В. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГНУ ИТА НАН Беларуси, г.Витебск, Беларусь,  
[yasnov-v@mail.ru](mailto:yasnov-v@mail.ru)

<sup>2</sup>ГНУ ИПМ НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь

Эксплуатационные свойства восстанавливаемых изделий определяются как свойствами напыляемого покрытия, так и изменениями в структуре основного материала в процессе восстановления. Важная роль при этом принадлежит технологиям, позволяющим придать особые свойства поверхностным слоям [1]. В данной работе представлены результаты исследования покрытий  $Al_2O_3-Ni$ , полученных методом газодинамического напыления на подложку из стали 30 ХГСА.

Для напыления использовался порошок оксида алюминия, плакированный никелем методом химического осаждения (рис. 1).

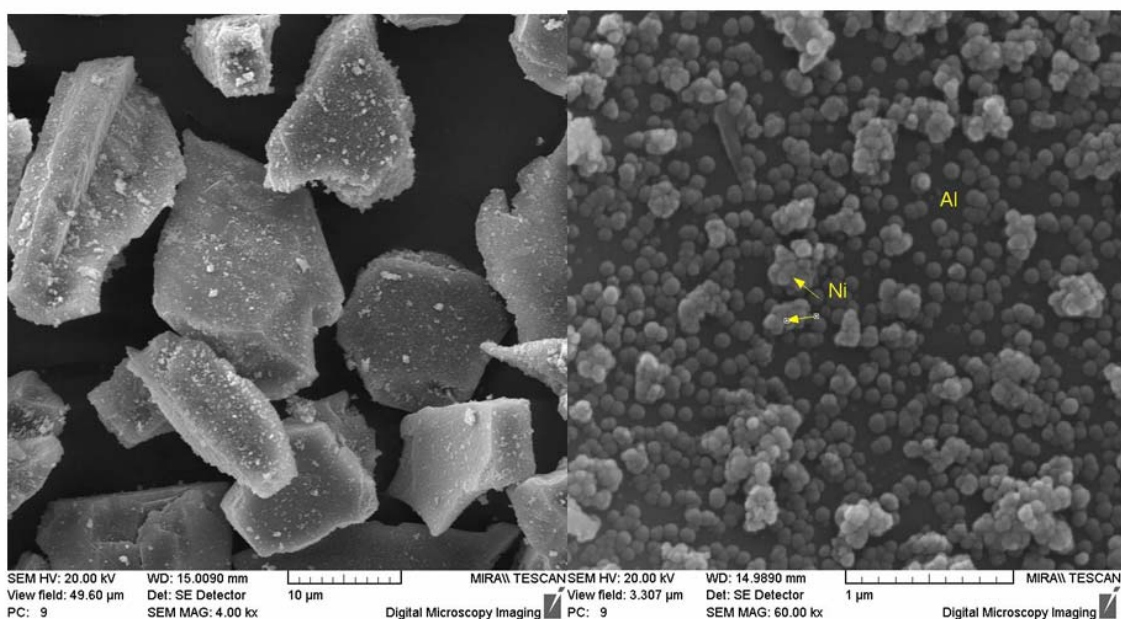


Рис. 1. Морфология поверхности порошка оксида алюминия, плакированного никелем.