

## Исследование деталей электронасосов, упрочненных комбинированным способом, на износостойкость

Полетаев В.А., д-р техн. наук, Самок Г.С., канд. техн. наук, Королькова Г.С., асп.

Рассмотрены вопросы процесса обработки деталей агрегатов электронасосных центробежных скважинных для воды способом комбинированного упрочнения, состоящего в нанесении покрытия из ультраалмазов, алмазном выглаживании поверхности, импульсной магнитной обработке. Приведены результаты исследования деталей электронасосов на износостойкость.

*Ключевые слова:* комбинированное упрочнение, покрытие, ультра алмаз, алмазное выглаживание, износостойкость.

## Research of parts of electric pumps, strengthened with combined method, and wear resistance optimized

Poletaev V.A., Doctor of Engineering Science, Camok G.S., Candidate of Engineering Science, Korolkova G. S., Graduate student

The problems of strengthening of aggregates's parts of electric pump centrifugal downhole for water by combined strengthening consisting in a coating of ultra diamonds, diamond burnishing of a surface, pulse magnet processing are considered. Results of wear resistance investigation of parts of electric pumps are given.

*Keywords:* combined strengthening, covering, ultra diamond, diamond burnishing, wear capability.

Для определения условий изнашивания деталей, работающих в узлах трения, в целях обоснованного применения отделочно-упрочняющих методов обработки для повышения износостойкости поверхностей необходимо учитывать классификацию узлов трения в зависимости от качества поверхностного слоя, образующегося в процессе изготовления деталей [1 – 4].

На основании анализа схем установок для испытания материалов трением была модернизирована установка, представляющая собой динамометр с индуктивными датчиками для измерения силы резания. Установка (рис. 1) включает: образец 1; шпиндель станка 2; державку 3; стрелочный индикатор 4; динамометр 5; резец-держатель станка 6; салазки 7; контртело 8.

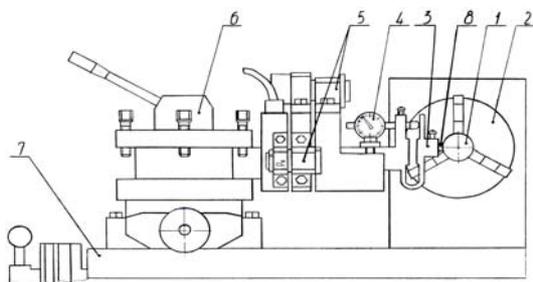


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

На рис. 2 показана фотография экспериментальной установки.

Державка устанавливается в динамометр с индуктивными датчиками, смонтированный на токарном станке 16К20. Контртело (пруток сечением 10×10) изготовлено из серого чугуна состава: 3,0 С; 0,8 Mn; 1,4 Si; 0,1P; ≤0,15 S. Контакт-

рующая с деталью поверхность 3 выполнена вогнутой цилиндрической в зависимости от диаметра исследуемой детали.



Рис. 2. Фотография экспериментальной установки для исследования деталей на износ

Скорость вращения детали – 100–200 об/мин. Нагрузка на зону контакта составляла 50–300 Н и измерялась протированным индикатором. Во время испытаний измерялось усилие трения при помощи показывающего прибора и количество циклов контакта (количество оборотов детали).

Эксперименты проводились без смазки, всухую. Через заданные промежутки времени (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 мин) и после износа изнашиваемые детали снимались с экспериментальной установки и поверхности износа фотографировались на модернизированном металлографическом микроскопе МИМ-8 цифровой камерой.

Взвешивание деталей для определения величины съема металла выполнялось на весах модели METTLER TOLEDO с точно-

стью измерения 0, 000001 г; класс точности – по ГОСТ 24104-МПМ03М762/1.

Испытания на износ покрытий и поверхностей деталей проводились до достижения критического числа N циклов (оборотов) деталей, требовавшегося для катастрофического разрушения хромовых покрытий и поверхностей деталей без покрытия.

На рис. 3–5 представлены гистограммы изменения критического числа N циклов износа деталей в зависимости от метода упрочняющей обработки, где ТО – термообработка, АВ – алмазное выглаживание, МИО – магнитно-импульсная обработка, УА – ультраалмазное покрытие.

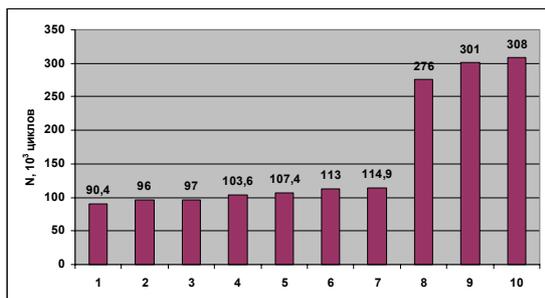


Рис. 3. Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 45: 1 – точение (исходная поверхность); 2 – точение + АВ; 3 – точение + АВ + МИО; 4 – ТО; 5 – ТО + МИО; 6 – ТО + АВ; 7 – ТО + АВ + МИО; 8 – УА; 9 – УА + АВ; 10 – УА + АВ + МИО

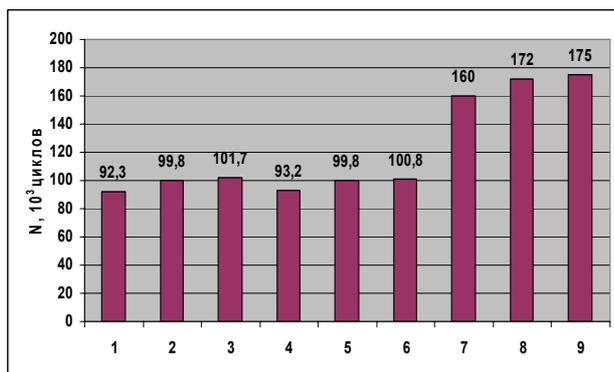


Рис. 4. Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 12X18H10T: 1 – точение; 2 – точение + АВ; 3 – точение + АВ + МИО; 4 – шлифование; 5 – шлифование + АВ; 6 – АВ + МИО; 7 – ТО; 8 – ТО + АВ; 9 – ТО + АВ + МИО

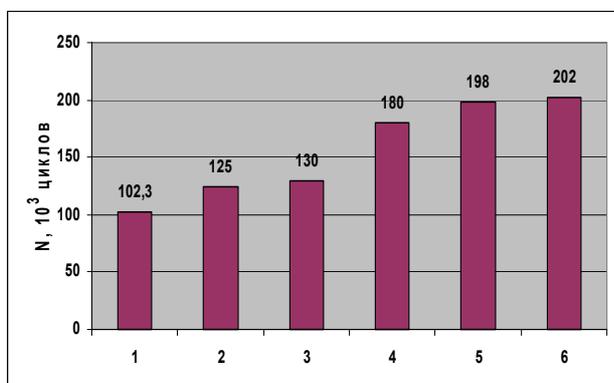


Рис. 5. Влияние метода упрочнения на износ поверхности детали из стали 40X13: 1 – точение; 2 – точение + АВ; 3 – АВ + МИО; 4 – ТО; 5 – ТО + АВ; 6 – ТО + АВ + МИО

На рис. 6–10 показаны микрофотографии поверхностей износа роторных втулок из стали 45, 12X18H10T и 40X13 (увеличение × 2500).

Анализ фотографий (рис. 6–8) поверхностей изнашивания роторных втулок из сталей 45, 12X18H10T, 40X13 выявил, что разрушение металла происходит на основе механизма схватывания металлических поверхностей.

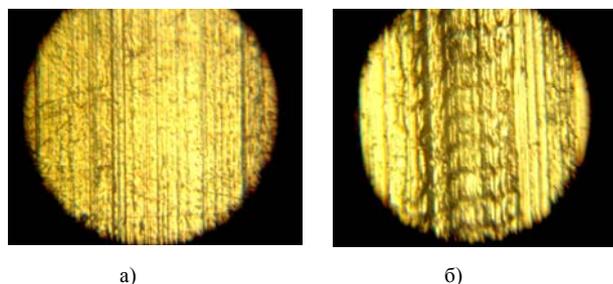


Рис. 6. Микрофотографии поверхности износа детали из стали 45: а – исходное после точения и последующего алмазного выглаживания; б – после износа

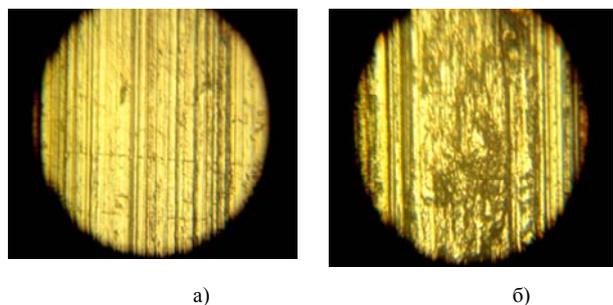


Рис. 7. Микрофотографии поверхности износа детали из стали 12X18H10T: а – исходное после точения и последующего алмазного выглаживания; б – после износа

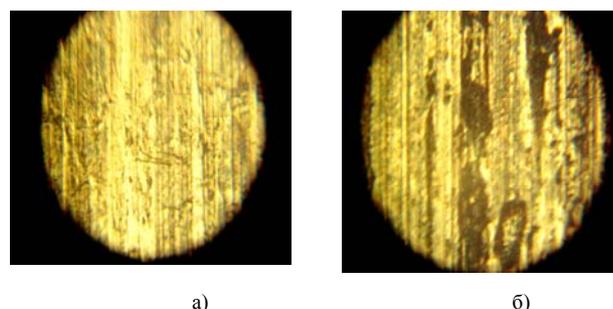


Рис. 8. Микрофотографии поверхности износа детали из стали 40X13: а – исходное после точения и последующего алмазного выглаживания; б – после износа

Процесс изнашивания состоит из явлений взаимодействия поверхностей контакта двух тел. Эти явления не обязательно идут последовательно – они непрерывно переплетаются, взаимно влияя друг на друга. При этом взаимодействия поверхностей при их относительном перемещении изменяются. Разрушение поверхности не охватывает одновременно всю поверхность, оно происходит в отдельных ее участках. Другие участки претерпевают только физико-химические

изменения. Такое частичное разрушение и изменение свойств поверхности влияет на взаимодействие контактирующих поверхностей.

Взаимодействие поверхностей в данном случае механическое и молекулярное. Механическое взаимодействие выражается во взаимном внедрении шероховатостей в совокупности с их соударением и скольжением. Молекулярное взаимодействие металлических поверхностей проявляется в виде схватывания. На фотографиях видны следы механического взаимодействия (полосы) и схватывания (язвины).

Анализ фотографий поверхностей изнашивания сталей 45, 12X18H10T, 40X13, упрочненных различными способами, показывает, что характер такого изнашивания свойственен всем исследуемым видам упрочнения. Отличительной особенностью является только время (количество циклов) изнашивания, которое в большей мере определяется начальными условиями процесса изнашивания (имеются в виду величины твердости и шероховатости исходной поверхности: чем меньше величина шероховатости и больше твердость, тем больше количество циклов изнашивания).

Обработка импульсным магнитным полем также увеличивает количество циклов изнашивания за счет изменения физико-механических свойств исходного материала [5–7].

На рис. 9, 10 представлены фотографии поверхностей изнашивания втулок с гальванопокрытием из хрома с ультраалмазами. Анализ фотографий показывает, что исходная поверхность, покрытая хромом с ультраалмазами, имеет выступы (рис. 9,а), а после обработки алмазным выглаживанием этих выступов нет (рис. 10,а), так как они оказались вдавленными в поверхность. На поверхности покрытия присутствует сетка трещин, что является типичным для хромового покрытия. Трещины образуются в процессе электроосаждения в результате концентрации внутренних напряжений.

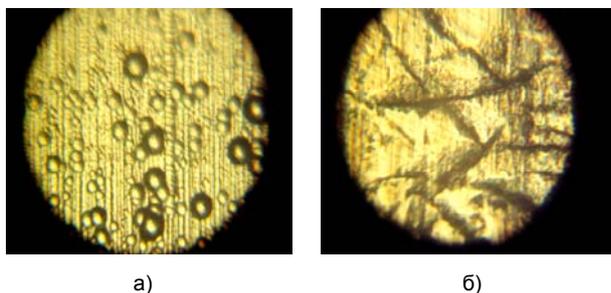


Рис. 9. Микрофотографии поверхности износа детали из стали 45: а – исходное после гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами; б – после износа

Исследованиями установлено, что на ранних стадиях испытания на износ изнашиваются вершины выступов, а затем уже сама поверхность покрытия. Это соответствует началу роста коэффициента трения. В дальнейшем идет приработка поверхностей и коэффициент трения не

изменяется. Далее под действием внешней нагрузки исходные трещины в хромовом покрытии растут с образованием новых трещин.

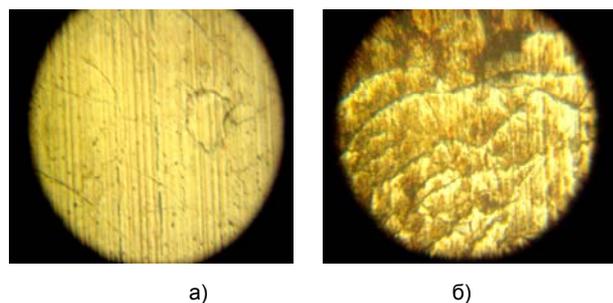


Рис. 10. Микрофотографии поверхности износа детали из стали 45: а – исходное после гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами и последующего алмазного выглаживания; б – после износа

Развитие процесса изнашивания приводит сначала к локальному разрушению покрытия, а затем к общему его разрушению. Это разрушение происходит на основе усталостного механизма. Существует связь между исходной поверхностью (твердость и шероховатость) и образованием трещин как на начальной, так и на конечной стадиях износа.

Анализ фотографий показывает, что стадии изнашивания поверхностей покрытия, упрочненных дополнительно алмазным выглаживанием и импульсной магнитной обработкой, длиннее. Это указывает на важность качества исходной поверхности в сопротивлении износу.

Алмазное выглаживание гальванопокрытия приводит к «залечиванию», т.е. заглаживанию исходных трещин, образовавшихся после электроосаждения (рис. 10,а). Поэтому новые трещины образуются на более поздней стадии изнашивания. Импульсная магнитная обработка измельчает исходную структуру и увеличивает плотность дислокаций, что препятствует распространению микротрещин внутри зерен.

### Заключение

Проведенные исследования износостойкости деталей из сталей 45, 12X18H10T, 40X13, обработанных как по отдельности точением, алмазным выглаживанием, нанесением покрытий из ультраалмазов, импульсной магнитной обработкой, так и комбинированным способом, показали увеличение износостойкости деталей во всех случаях. Однако предпочтительнее использовать комбинированное упрочнение деталей из стали 45, что дает возможность замены дорогостоящих сталей 12X18H10T, 40X13 на дешевую сталь 45 последующей комбинированной обработкой.

#### Список литературы

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977.
2. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968.
3. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин. – М.: Машиностроение, 1984.
4. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Полетаев В.А., Самок Г.С., Королькова Г.С. Исследование механических свойств деталей электронасосов, упроченных комбинированным способом // Вестник ИГЭУ. – 2008. – Вып. 3. – С. 22–25.
6. Полетаев В.А., Басыров И.З., Самок Г.С. Влияние импульсной магнитной обработки на физико-механические свойства углеродистой стали: Мат-лы междунар. конф. «Действие электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов». – Воронеж: ВГТУ, 2003. – С. 134–136.
7. Самок Г.С., Полетаев В.А. Упрочнение деталей электронасосов путем нанесения покрытий на основе хрома и ультраалмазов // Современная электротехнология в промышленности центра России: Сб. тр. – Тула: ТулГУ, 2003. – С. 156–158.

Полетаев Владимир Алексеевич,  
Ивановский государственный энергетический университет,  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии автоматизированного машиностроения,  
e-mail: [poletaev@tam.ispu.ru](mailto:poletaev@tam.ispu.ru)

Самок Георгий Семенович,  
ОАО «Бавленский завод Электродвигатель»,  
канд. техн. наук, генеральный директор,  
телефон 8-910-098-81-30.

Королькова Галина Станиславовна,  
Ивановский государственный энергетический университет,  
аспирант кафедры технологии автоматизированного машиностроения,  
e-mail: [admin@tam.ispu.ru](mailto:admin@tam.ispu.ru)