

Е.К. Березин, С.Ю. Ефремов  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ РЕМОНТА ГРЕБНЫХ ВАЛОВ

Триботехнические испытания покрытий, предназначенных для восстановления изношенных поверхностей гребных валов, проводились на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме нагружения «диск-колодка» (рис. 1). Смазывание пары трения осуществлялось водой. Площадь контакта колодки с диском составляла 200 мм<sup>2</sup>.

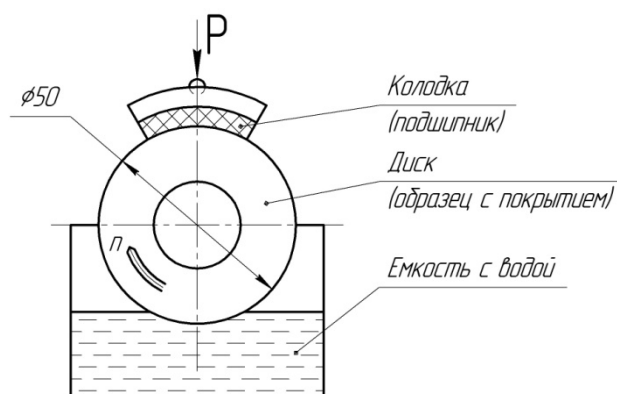


Рис. 1. Схема испытаний

### Материалы и покрытия

Испытаниям подвергались следующие материалы:

- сталь 45 (нормализованная) – штатный материал гребных валов;
- порошковый материал Проксон 21031 фирмы Castolin+Eutectic (химический состав: Ni – основа, Al – 7%, Cr – 9%, Fe – 5%, Mo – 5%). Материал покрытия относится к жаропрочным жаростойким никелевым сплавам. Матрица сплава 21031 Проксон представлена  $\gamma$ -твердым раствором Cr в Ni с упрочняющей интерметаллидной  $\gamma^1$  – фазой, по составу близкой к типу Ni (Al).  $\gamma$  – фаза имеет ГЦК решетку, такую же решетку имеет и  $\gamma^1$  – фаза, но с несколько более высоким параметром решетки. Микротвердость покрытия  $H_{0,100}$  находится в пределах 143–642 кгс/мм<sup>2</sup> при этом преимущественное повторение значений микротвердости 254–322 кгс/мм<sup>2</sup>, реже встречаются участки покрытия с микротвердостью 420 и 642 кгс/мм<sup>2</sup>;
- порошковый материал ПР-Бр.АЖНМц 8,5–4–5–1,5 (химический состав Cu – основа, Al – 8,5%, Fe – 4%, Ni – 4,8%, Mn – 1,4%).

Все материалы испытывались в паре с резинометаллическим подшипником дейдундального устройства.

### Приработка

Все пары трения предварительно подвергались приработке при частоте вращения диска  $n = 300$  об/мин (окружная скорость – 0,8 м/с) и нагрузке  $P = 200$  Н (~ 1 МПа). Продолжительность приработки составляла не менее 1 часа. При необходимости приработку продолжали до полной стабилизации момента трения.

### Определение коэффициента трения

Определение коэффициента трения трущейся пары проводили при скоростях скольжения 0,26; 1,31 м/с и дискретно изменяющейся удельной нагрузке 0,5...5,5

МПа. Испытания начинали с нагрузки 0,5 МПа и ступенчато повышали на 0,5 МПа. Повышение нагрузки производить плавно в течение 1 мин, не допуская резкого увеличения момента трения. На каждой ступени нагружения образцы испытывать не менее 2 мин. В случае, если происходило изменение момента трения, продолжительность испытаний увеличить еще на 2 мин. По достижении нагрузки 5,5 МПа, нагрузку сбрасывали до 0 и фиксировали «нуль» момента трения на диаграммной бумаге. Затем испытания повторяли не менее трех раз. Коэффициент трения рассчитывали по выражению:

$$f = \frac{2 \cdot M_{тр}}{D \cdot P},$$

где  $M_{тр}$  – момент трения на вращающемся валу,  $H \cdot м$ ;  
 $P$  – нагрузка,  $H$ ;  
 $D$  – диаметр диска,  $м$

Момент трения фиксировался с помощью индукционного датчика и регистрировался электронным потенциометром КСП–4.

После завершения испытаний, образцы протирались, высушивались и взвешивались на аналитических весах с точностью до 0,01 г.

#### Испытания на износостойкость

Частоту вращения диска установить равной 500 об/мин (окружная скорость – 1,3 м/с), а нагрузку на образец – 500 Н (~ 2,5 МПа). Через каждые два часа (путь трения при этом составит 9 420 м) образцы повторно протирались, высушивались и взвешивались, далее оценивалась потеря массы диска и колодки (с точностью до 0,01 г.). Всего следует проделать не менее трех циклов испытаний (шесть часов при пути трения 28 260 м).

#### Анализ результатов испытаний

Результаты испытаний по определению коэффициента трения приведены на рис. 2–4

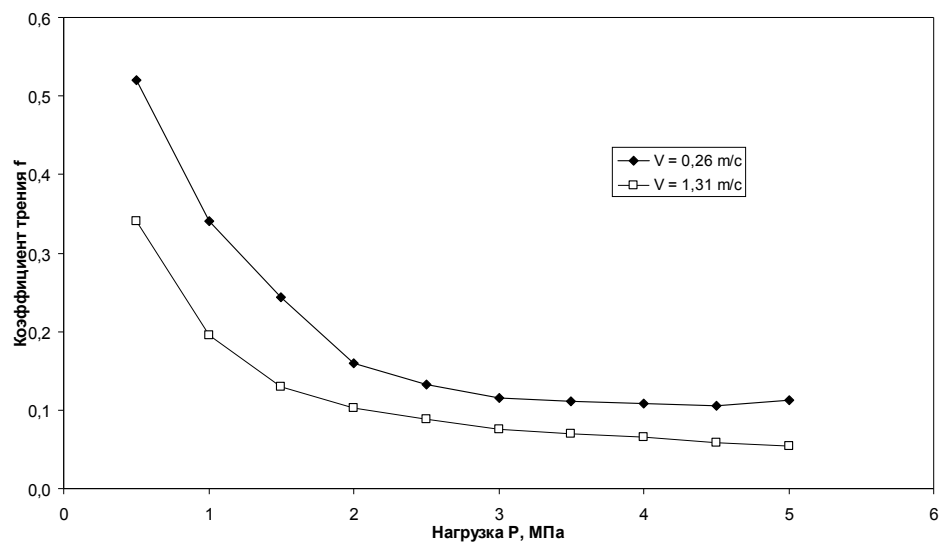


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от нагрузки и скорости скольжения при испытаниях материала сталь 45

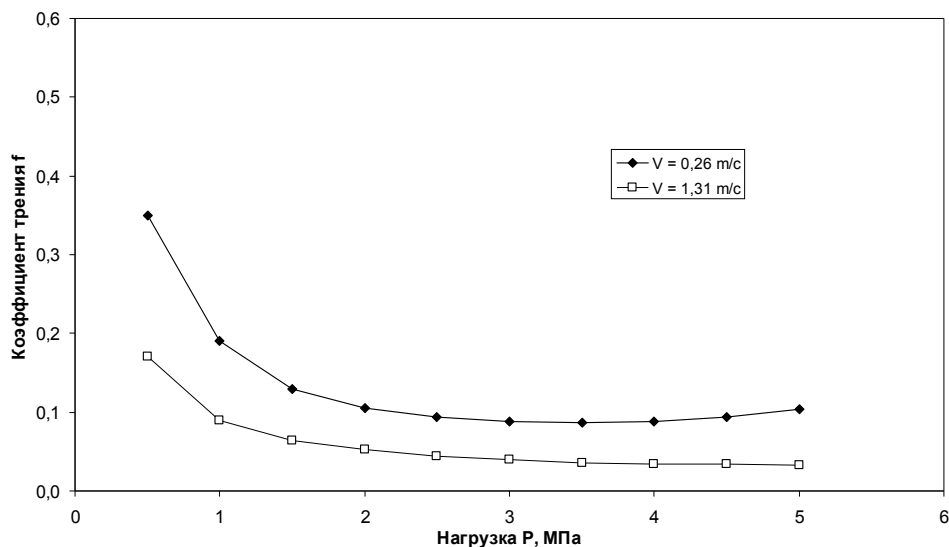


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки и скорости скольжения при испытаниях материала ПР-Бр.АЖНМц 8,5-4-5-1,5

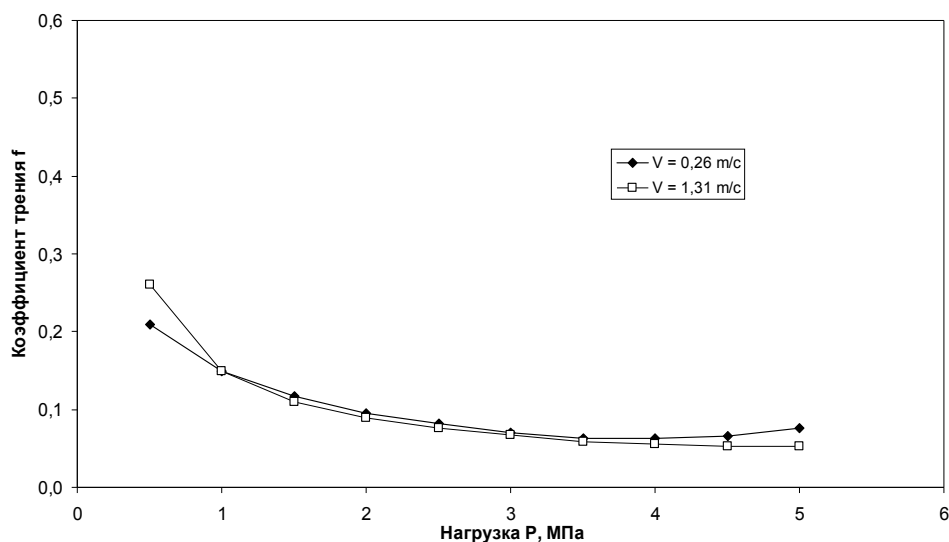


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от нагрузки и скорости скольжения при испытаниях материала Проксон 21031

Как следует из приведенных результатов, исследуемые материалы в паре с резинометаллическим подшипником дейдвудного устройства имеют примерно одинаковый уровень коэффициента трения при нагрузках до 1 МПа. С увеличением нагрузки, наблюдается стабильное снижение коэффициента трения вплоть до 4–5 МПа, далее – незначительный рост (при малой скорости вращения, при увеличении скорости вращения падение коэффициента трения продолжается).

Материал Проксон 21031 показывает практически одинаковые результаты независимо от скорости скольжения.

При испытаниях на износостойкость, потерю массы диска и колодки после шести часов испытаний зафиксировать не удалось (для всех испытуемых материалов). В связи с этим, было принято решение увеличить скорость вращения до 750 об/мин, а нагрузку – до 1000 Н (5 МПа). В таком режиме образцы отработали еще по 2 часа, однако и после этого потери массы обнаружено не было. На этом было принято решение испытания на износостойкость прекратить.

*Выводы.* Анализируя динамику изменения значений коэффициента трения в процессе испытаний, рекомендую материал Проксон 21031 в качестве рабочего покрытия шеек гребных валов, работающих в паре с резинометаллическими дейдвудными подшипниками.

*Т.А. Брагинская, В.А. Орехово*  
*ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СУДОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Измерение шероховатости поверхности является важной задачей, во многом определяющей эксплуатационные характеристики деталей и агрегатов. В статье рассмотрены наиболее распространенные методы измерения шероховатости и приборы, позволяющие осуществлять контроль основных параметров.

Шероховатость (микрогеометрия) поверхности является одной из важнейших характеристик, которая оказывает большое влияние на многие эксплуатационные свойства деталей и механизмов: износостойкость, усталостную прочность, долговечность, герметичность. Шероховатость поверхности представляет собой совокупность неровностей, образующих рельеф реальных поверхностей с относительно малыми шагами.

Рассматриваемые микронеровности образуются в процессе механической обработки путем копирования формы режущих инструментов, пластической деформации поверхностного слоя деталей под воздействием обрабатывающего инструмента, трения его о деталь, вибраций и т. д.

Шероховатость оказывает большое влияние на работу подвижных соединений (трущихся пар). При больших неровностях трущихся поверхностей подшипников, направляющих, ползунов, поршней и т. д. соприкосновение между ними происходит в отдельных точках, нарушается непрерывность масляной пленки, происходит интенсивный износ поверхностей, увеличиваются зазоры. При очень малых неровностях масло не задерживается в зазорах соединения и нарушается оптимальный режим трущихся поверхностей.

В неподвижных соединениях гребешки (выступы) неровностей при сборке срезаются или в процессе работы соединения сминаются, тем самым нарушается выбранный характер сопряжения. У посадок с натягом, которые передают крутящие моменты и осевые силы за счет сил трения, слишком гладкие поверхности снижают коэффициент трения и уменьшают эффективность соединения с натягом.

Прочность деталей тоже зависит от состояния поверхности. Разрушение деталей, особенно при переменных нагрузках, в большей степени зависит от наличия концентраторов напряжений, которыми являются имеющиеся неровности. Финишные методы обработки (доводка, полирование, суперфиниш и т. п.) значительно снижают величину шероховатости и повышают усталостную прочность деталей.

Уменьшение шероховатости поверхности существенно улучшает антикоррозионную стойкость деталей и герметичность соединений [1, 2].