

**Таблица 5 – Результаты расчета диаметральных размеров заготовки детали «Чашка»**

Размер цилиндрической поверхности детали, мм	Расчетная формула	Размер цилиндрической поверхности заготовки, мм
$d_{\partial 1} = 90^{+0,045}_{+0,023}$	$d_{\gamma 1 \text{шлиф}} = 90 + 0,2 + 2 \cdot 0,0055 + 0,0034$ $d_{\gamma 1 \text{чист}} = 90,2144 + 1 + 2 \cdot 0,0065 + 0,14$ $d_{\gamma 1 \text{шлиф}} = 91,3674 + 2,5 + 2 \cdot 0,0065 + 1,4$	$95,2804^{+1,6}_{+0,8}$
$d_{\partial 2} = 142^{+0,040}_{+0,015}$	$d_{\gamma 2 \text{шлиф}} = 142 + 0,2 + 2 \cdot 0,0055 + 0,0034$ $d_{\gamma 2 \text{чист}} = 142,2144 + 1 + 2 \cdot 0,0165 + 0,14$ $d_{\gamma 2 \text{шлиф}} = 143,3874 + 2,6 + 2 \cdot 0,0165 + 1,4$	$147,4204^{+1,6}_{+0,8}$
$d_{\partial 3} = 192$	$d_{\gamma 3 \text{чист}} = 192 + 1,2 + 2 \cdot 0,0065 + 0,16$ $d_{\gamma 3 \text{шлиф}} = 193,373 + 2,8 + 2 \cdot 0,0165 + 3,6$	$199,806^{+1,6}_{+0,8}$
$d_{\partial 4} = 186_{-0,029}$	$d_{\gamma 4 \text{чист}} = 186 + 1,2 + 2 \cdot 0,0065 + 0,16$ $d_{\gamma 4 \text{шлиф}} = 187,373 + 2,8 + 2 \cdot 0,0165 + 3,6$	$193,806^{+1,6}_{+0,8}$
$d_{\partial 5} = 65$	$d_{\gamma 5 \text{чист}} = 65 - 1,2 - 2 \cdot 0,0035 - 0,22$ $d_{\gamma 5 \text{шлиф}} = 63,573 - 2 - 2 \cdot 0,0185 - 1,4$	$60,136^{+1,6}_{+0,8}$
$d_{\partial 6} = 70^{+0,12}$	$d_{\gamma 6 \text{чист}} = 70 - 1,2 - 2 \cdot 0,0035 - 0,22$ $d_{\gamma 6 \text{шлиф}} = 68,573 - 2 - 2 \cdot 0,0185 - 1,4$	$65,136^{+1,6}_{+0,8}$
$d_{\partial 7} = 120$	$d_{\gamma 7 \text{чист}} = 120 - 1,2 - 2 \cdot 0,0035 - 0,22$ $d_{\gamma 7 \text{шлиф}} = 118,573 - 2,4 - 2 \cdot 0,0185 - 1,4$	$114,736^{+1,6}_{+0,8}$

Таким образом, произведя расчет эксцентриситетов припусков технологического процесса обработки детали «Чашка», проверили правильность представленных на чертеже радиальных биений и рассчитали диаметральные размеры заготовки с поправкой на ошибку, возникающую из-за смещения осей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Размерный анализ техпроцессов: курс лекций / Г.Я. Беляев. – Мн., изд. «Техническая книга», 2010. – 156с., ил. 2. Бабук В.В., Шкред В.А., Кривко Г.П. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении. – Минск.: Высшая школа, 1987. – 255 с. 3. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет; Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 1984. — Т. 1 /Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. 592 с, ил.

УДК 621.923

*Беляев Г.Я., Синькевич Ю.В., Янковский И.Н., Безлюдько А.В.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОПОЛИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Электроимпульсное полирование (ЭИП) как процесс, связанный с изменением микропрофиля и физико-механического состояния поверхности, оказывает существенное влияние на фрикционные свойства металлов. В отличие от механических свойств, которые зависят от свойств основной массы металла, фрикционные свойства практически не имеют такой связи. С целью определения влияния ЭИП на фрикционные свойства поверхностей были проведены экспериментальные исследования.

Испытания проводили с помощью программно-аппаратного комплекса на базе трибометра ПД-1 (рис. 1), разработанного Физико-техническим институтом НАН Б и ИМПС НАН Б.

В качестве исследуемых материалов использовали коррозионно-стойкую сталь 40Х13, прошедшую термообработку (закалку, отпуск) по стандартной методике [1]. После чего образцы шлифовали до уровня  $Ra\ 0,63...1,25\ \mu\text{м}$ , а затем подвергали ЭИП и механическому полированию. В качестве смазочного материала было выбрано индустриальное масло ИП-40. Трибологический контакт осуществлялся по схеме «неподвижный палец – вращающийся диск» (торцовое трение).

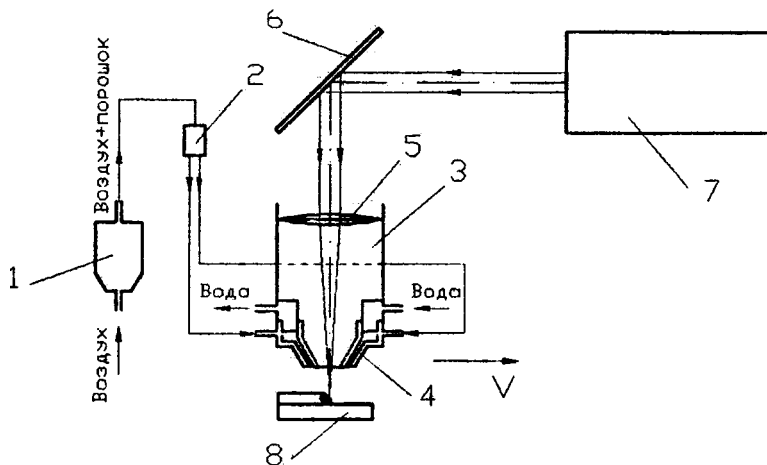


Рис. 1. Схема лазерной наплавки

На рис. 2 представлено изменение коэффициента трения в зависимости от вида предварительной обработки. Как видно из графика, ЭИП позволяет снизить коэффициент трения по сравнению со шлифованием на 25...35%, а с механическим полированием – на 8...13%.

Благоприятное влияние ЭИП на фрикционные свойства металлов связано, прежде всего, с уменьшением шероховатости поверхности. Однако улучшение фрикционных свойств образцов, подвергнутых ЭИП, нельзя объяснить только уменьшением высоты неровностей, так как их величина после механического полирования и ЭИП была одинаковой. При механическом полировании шлифованных поверхностей происходит в основном притупление выступающих неровностей, а при ЭИП происходит равномерное сглаживание микропрофиля поверхности, при этом микропрофиль поверхности имеет более развернутую форму, с радиусом округления вершин микровыступов значительно большим, чем при механическом полировании. В результате чего фактическая площадь контакта трущейся пары увеличивается, что приводит к снижению коэффициента трения.

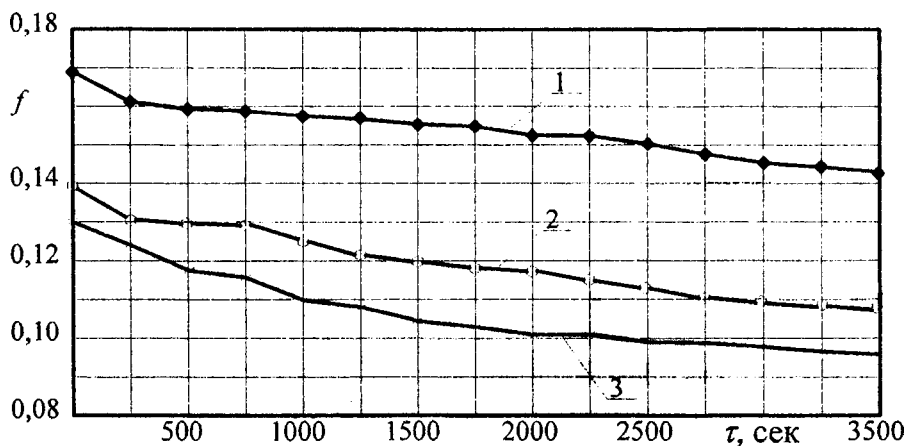


Рис. 2. Изменение коэффициента трения в зависимости от времени обработки ( $n=800\ \text{об/мин}$ ): 1 – шлифование; 2 – механическое полирование; 3 – ЭИП

Представленные результаты получены при постоянном наличии в зоне трения смазочного материала, однако в некоторых случаях наличие смазки бывает ограничено или вовсе не предусмотрено. В результате было выявлено, что с точки зрения удержания смазки поверхности после ЭИП имеют наихудшие результаты. Так, при периодическом (капельном) вводе смазочного материала в зону трения происходит скачкообразное уменьшение коэффициента трения более чем на 20% с последующим постепенным его увеличением (рис. 3). Полное же отсутствие смазочного материала приводит к повышению коэффициента трения более чем в 4 раза для электроимпульсного и механического полирования и более чем в 5,5 раз для шлифованной поверхности.

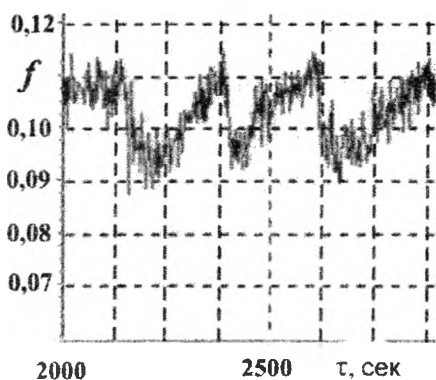


Рис. 3. Изменение коэффициента трения при вводе смазочного материала

Дополнительно было исследовано влияние ЭИП шкивов зубчато-ременной передачи на долговечность зубчатых ремней при эксплуатации.

ЭИП были подвергнуты шкивы НТД 22-5М-32, изготовленные из стали 45. Обработка проводилась в 2 % водном растворе хлорида аммония в течение 1,5 мин при температуре электролита 70 °С и напряжении 300 В.

До обработки шкивы имели шероховатость рабочих поверхностей  $Ra$  1,75...2,5 мкм и заусенцы на кромках высотой 0,2...0,35 мм. После ЭИП заусенцы на кромках деталей были удалены полностью, шероховатость рабочих поверхностей шкивов снизилась до  $Ra$  1,25...1,6 мкм, что соответствует требованиям конструкторской документации. Внешний вид шкивов представлен на рис. 4.

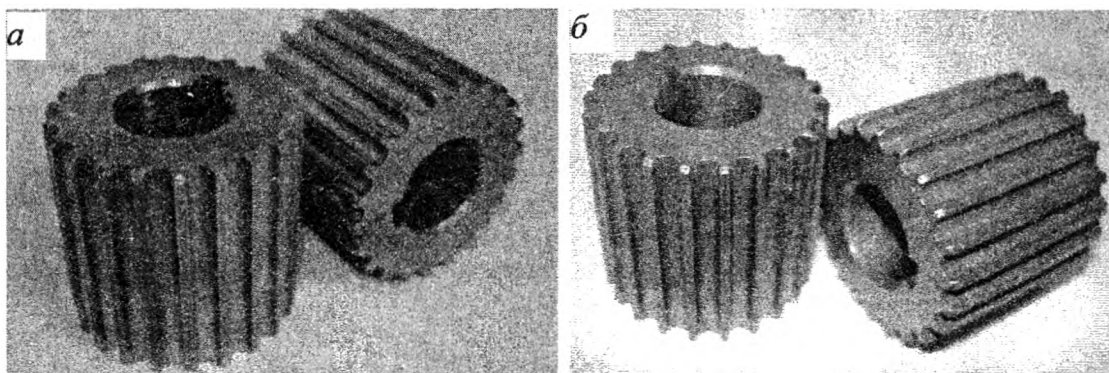


Рис. 4. Внешний вид шкивов: а – до обработки; б – после электроимпульсного полирования

Ресурсные испытания зубчатых ремней «ContiSynchroforce СХР III НТД 1500-5М-32» (Германия), установленных в приводе экспериментальной паркетно-шлифовальной машины «СО-318», показали, что после ЭИП шкивов долговечность зубчатых ремней увеличилась на 20...22%. При этом расчетная себестоимость изготовления шкивов при их серийном производстве возрастает незначительно (не более 5 %).

Полученные результаты имеют большое практическое значение, поскольку позволяют использовать ЭИП для улучшения фрикционных свойств различных деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фиргер И.В. Термическая обработка сплавов / И.В. Фиргер. – Л.: Машиностроение, 1982. – 304 с.