

**ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЕЧЕННОГО МАТЕРИАЛА  
ПА-ЖГр2 ПОСЛЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ**

*Докт. техн. наук, проф. ФЕЛЬДШТЕЙН Е. Э.,  
докт. техн. наук БАРШАЙ И. Л.,  
инж. КУЛЬБИЦКИЙ В. Е.*

*Зеленогурский технический университет (Польша),  
Белорусский национальный технический университет,  
РУП «Минский автомобильный завод»*

Развитие машиностроения требует широкого использования новых конструкционных материалов и технологий их обработки, в первую очередь финишных. К таким технологиям относятся, в частности, способы финишной обработки в условиях дискретного контакта заготовки с инструментом. Дискретный контакт между режущим контуром и обрабатываемой поверхностью заготовки возникает, если формообразующая поверхность (режущая кромка) инструмента имеет прерывистый профиль. Характерным представителем таких технологий является иглофрезерование.

Процесс иглофрезерования основан на снятии припуска с помощью значительного количества проволочных элементов – микролезвий инструмента. Форма иглофрезы подобна форме шлифовального круга или щетки. Обрабатываемая заготовка и инструмент совершают относительные движения, аналогичные фрезерованию или шлифованию. При этом фреза всегда имеет вращательное движение, а остальные движения зависят от условий обработки. Иглофрезерование может использоваться для: выполнения операций заготовительного цикла, например при обработке полос и лент, выравнивании или удалении сварных швов, удалении грата и ржавчины с металлических поверхностей, выравнивании внутренних поверхностей труб [1]; удаления дефектных поверхностных слоев, например обезуглероженных; подготов-

ки поверхностей под последующее нанесение покрытий [2, 3]; получистовой и чистовой обработки поверхностей деталей машин, в том числе для обеспечения шероховатости поверхности, наиболее хорошо удерживающей смазку [2–5].

Режущими элементами иглофрезы являются проволочные элементы – проволочки малого диаметра с высокой (до 0,9) плотностью упаковки. Материал игл – легированные пружинные стали 51ХФА, 60С2А, 65С2ВА и др. Особенность геометрии режущих элементов иглофрезы – незначительный радиус округления режущей кромки, которая в процессе работы самозатачивается. Это обеспечивает при реверсировании вращения инструмента его работу без переточек и без задержек в процессе обработки.

В начале обработки устанавливается натяг, т. е. расстояние, на которое сближаются иглофреза и обрабатываемая заготовка от плоскости их касания во взаимно перпендикулярном направлении. Натяг в режиме зачистки поверхности плоских заготовок составляет 0,1...0,7 мм, а в режиме резания – 0,8...1,5 мм [3]. Благодаря натягу обеспечиваются упругая деформация (изгиб) проволочных элементов, образование рабочих углов и режущих кромок, суммарное силовое воздействие проволочных элементов на обрабатываемую поверхность.

Для исследований процесса иглофрезерования использовался спеченный материал ПА-ЖГр2 с содержанием графита 2 %, пористостью до 20 % и твердостью 90...100 НВ. Микроструктура материала: перлит + разорванная сетка цементита + частицы свободного графита.

Обработка плоских поверхностей образцов иглофрезерованием выполнялась на горизонтально-фрезерном станке 6Н82Г. Образцы закреплялись в машинных тисках. Использовалась иглофреза диаметром 150 мм, шириной 20 мм и плотностью набивки проволочных элементов 75...85 %. Диаметр единичного проволочного элемента – 0,3 мм, вылет – 20 мм. Используемые сочетания параметров режима иглофрезерования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия иглофрезерования

Номер опыта	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Натяг, мм
1	59	0,4	0,6
2	141	0,4	0,3
3	59	3,0	0,3
4	141	3,0	0,6
5	99	1,7	0,45

Шероховатость обработанных поверхностей после иглофрезерования исследовали на профилометре SURTEST SJ-301, топографию об-

работанных поверхностей – на сканирующем электронном микроскопе JSM 5600-LV.

Шероховатость поверхности образцов в исходном состоянии  $R_{max}$  14...29 мкм,  $Ra$  2,84...3,53 мкм. На поверхности наблюдаются выходы многочисленных пор (рис. 1а). Обработка иглофрезерованием приводит к уменьшению шероховатости поверхности:  $R_{max}$  7,12...18,10 мкм,  $Ra$  0,98...2,15 мкм. Поверхность после обработки практически не содержит пор, на ней заметны следы траекторий одиночных проволочных элементов и наплывы деформированного металла по их боковым сторонам (рис. 1б...1е).

Исследования трибологических свойств поверхностей после иглофрезерования осуществлялись на машине трения Т-05 (рис. 2), позволяющей анализировать условия трения и изнашивания пары «вал – колодка». Эта установка используется для исследований смазочных свойств масел, пластических и твердых смазок, а также сопротивления изнашиванию при трении металлов и пластмасс. Благодаря использованным конструктивным решениям исследования можно выполнять в условиях трения скольжения со смазкой или при трении без смазочного материала при возможности регулирования в широком диапазоне скорости трения и амплитуды. Нагрузка может быть сконцентрирована или распределена по поверхности трения.

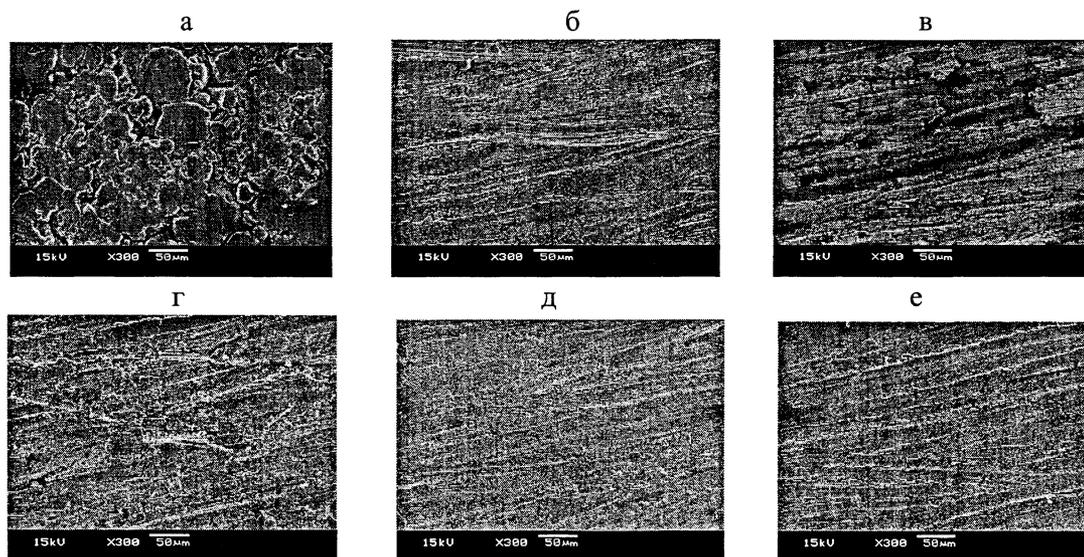


Рис. 1. Внешний вид поверхностей образцов: а – в исходном состоянии; б–е – обработанных в условиях 1–5 (табл. 1)

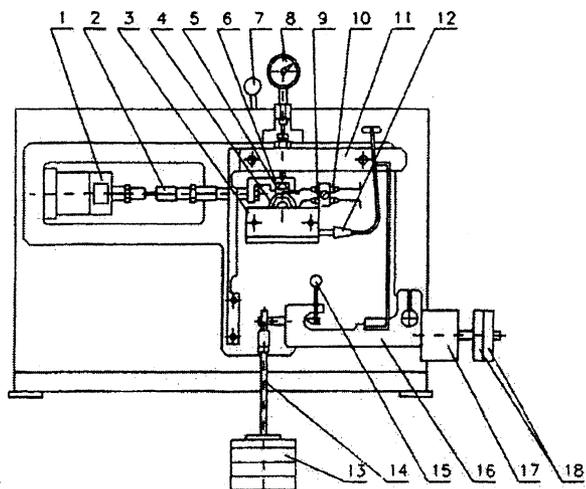


Рис. 2. Принципиальная схема тестера Т-05: 1 – тензометрический датчик; 2 – соединительный винт; 3 – ванночка для смазочной среды; 4 – ролик; 5 – колодка; 6 – скоба для крепления колодки; 7 – блокирующий рычаг; 8 – индикатор; 9 – термопара для измерения температуры смазки; 10 – то же колодки; 11 – верхний рычаг системы нагружения; 12 – грелка; 13 – груз; 14 – подвес; 15 – рукоятка управления системой нагружения; 16 – нижний рычаг системы нагружения; 17 – основной противовес; 18 – дополнительный противовес

В процессе трения ролик, частично погруженный в ванночку со смазочным материалом, вращается с постоянной угловой скоростью  $n$ . Скоба для крепления колодки взаимодействует с ней через шарик, что обеспечивает хорошее прилегание колодки к ролику и равно-

мерное распределение сил прижима. Сила трения регистрируется тензометрическим датчиком.

Ролик (контртело) изготавливался из стали 40Х, закаленной до твердости HRC 40...45. Нормальная сила на стыке ролик-колодка принималась равной 600 Н, частота вращения ролика –  $180 \text{ мин}^{-1}$  (линейная скорость –  $0,33 \text{ м/с}$ ). Смазочная среда – машинное масло SN-150 (аналог минерального масла И-30).

Результаты трибологических испытаний поверхностей образцов после иглофрезерования приведены на рис. 3–5. Легко заметить, что мгновенный и средний коэффициенты трения для различных условий обработки отличаются примерно на 10 %, что связано с особенностями топографии и наклепа обработанной поверхности. Как следствие, различия в относительном объемном износе поверхностей в зависимости от условий обработки достигают трех раз и более (рис. 5). Наименьшая интенсивность изнашивания поверхностей после иглофрезерования наблюдается при их обработке с минимальными скоростью и подачей и максимальным натягом.

Таким образом, правильный выбор условий иглофрезерования позволяет обеспечить требуемую шероховатость обработанной поверхности и благоприятные условия ее изнашивания.

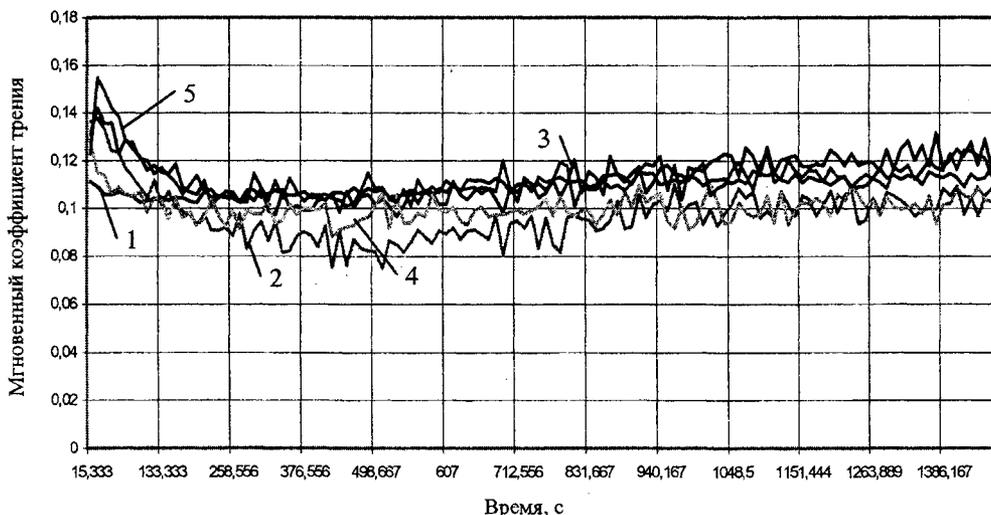


Рис. 3. Изменения мгновенного коэффициента трения во времени (номера означают условия обработки согласно табл. 1)

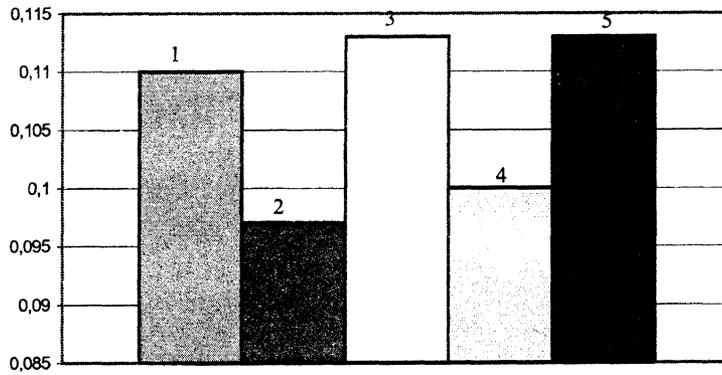


Рис. 4. Изменения средних коэффициентов трения в зависимости от условий обработки поверхностей (номера согласно табл. 1)

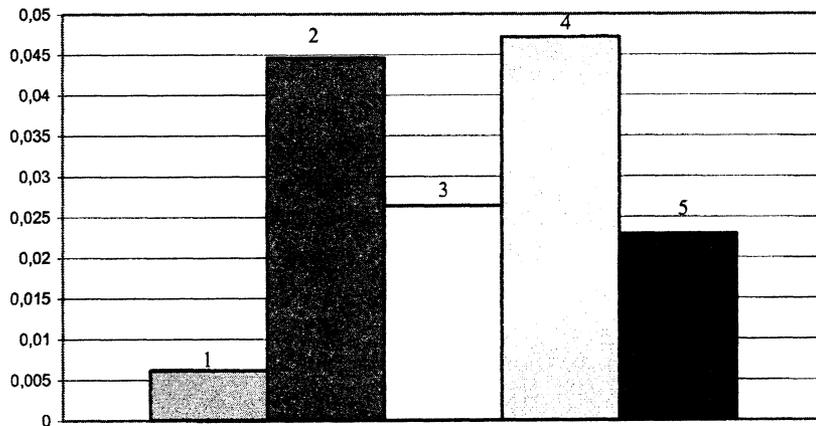


Рис. 5. Влияние условий иглофрезерования на относительный объемный износ поверхностей (номера согласно табл. 1)

ЛИТЕРАТУРА

1. Zapf H. Nadelfräsen-Ein neues spänendes Bearbeitungsverfahren // *Fertigungstechnik und Betrieb*. – 1977. – V. 27. – № 4. – S. 218–219.

2. Абугов А. Л. Иголфреза для подготовки поверхности под покрытие // *Станки и инструмент*. – 1990. – № 10. – С. 19.

3. Абугов А. Л. Новые области применения иглофрезерования // *Станки и инструмент*. – 1992. – № 1. – С. 10–11.

4. Гавриленко И. Г. Способ плавно-прерывистого иглофрезерования // *Станки и инструмент*. – 1993. – № 4. – С. 23–23.

5. Баршай И. Л. Обеспечение качества поверхности и эксплуатационных характеристик деталей после обработки в условиях дискретного контакта с инструментом. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 244 с.