

## ШЕРОХОВАТОСТЬ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЕЧЕННОГО МАТЕРИАЛА ПА-ЖГр2 ПОСЛЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ

*Зеленогурский университет,  
Зелена Гура, Польша  
БНТУ, Минск, Беларусь*

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 детали с инструментом. Дискретный контакт между режущим контуром и обрабатываемой поверхностью детали 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 микролезвий. Форма иглофрезы подобна форме шлифовального круга или щетки. Обрабатываемая деталь 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 ряда 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]; удаление дефектных поверхностных слоев, например, обезуглероженных; подготовки поверхностей под последующее нанесение покрытий [2, 3]; получистой и чистовой обработки поверхностей деталей машин, в том числе для обеспечения шероховатости поверхности, наиболее хорошо удерживающей смазку [2 – 4].

Режущими элементами иглофрезы являются иглы – проволоочки 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 деталь от плоскости их касания во

взаимно перпендикулярном направлении. Натяг в режиме зачистки поверхности плоских деталей 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 металла.

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 режимов иглофрезерования приведены в табл. 1.

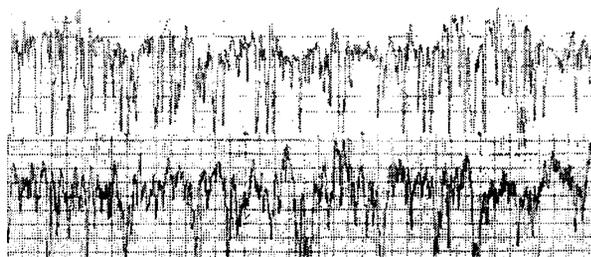
Таблица 1

Условия иглофрезерования

Номер опыта	Скорость резания $V$ , м/мин	Подача $S$ , мм/об	Натяг $i$ , мм
1	59	0,4	0,60
2	141	0,4	0,30
3	59	3,0	0,30
4	141	3,0	0,60
5	99	1,7	0,45

*a*

*б*



*в*

*г*

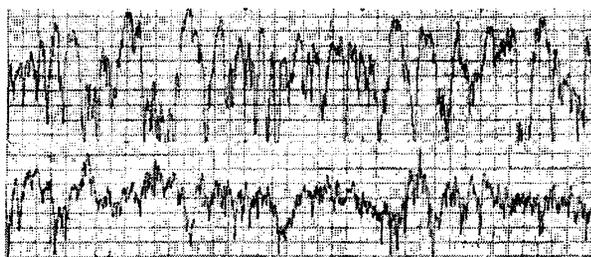
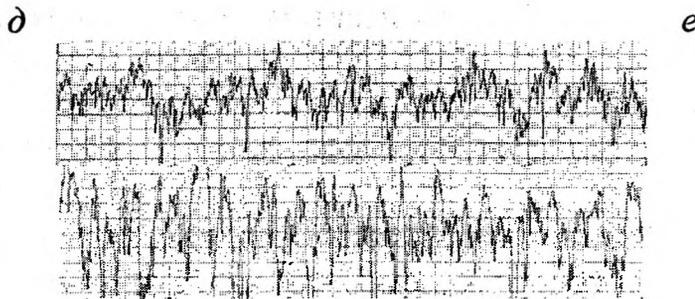


Рис. 1. Шероховатость поверхности образцов: *a* – в исходном состоянии; *б-г* - обработанных в условиях 1 – 5 (см. табл. 1);



Окончание рис. 1.

д – е – обработанных в условиях 1 – 5 (см. табл. 1);  
В.У. 0,2 мкм/мм; Г.У. 20 мкм/мм

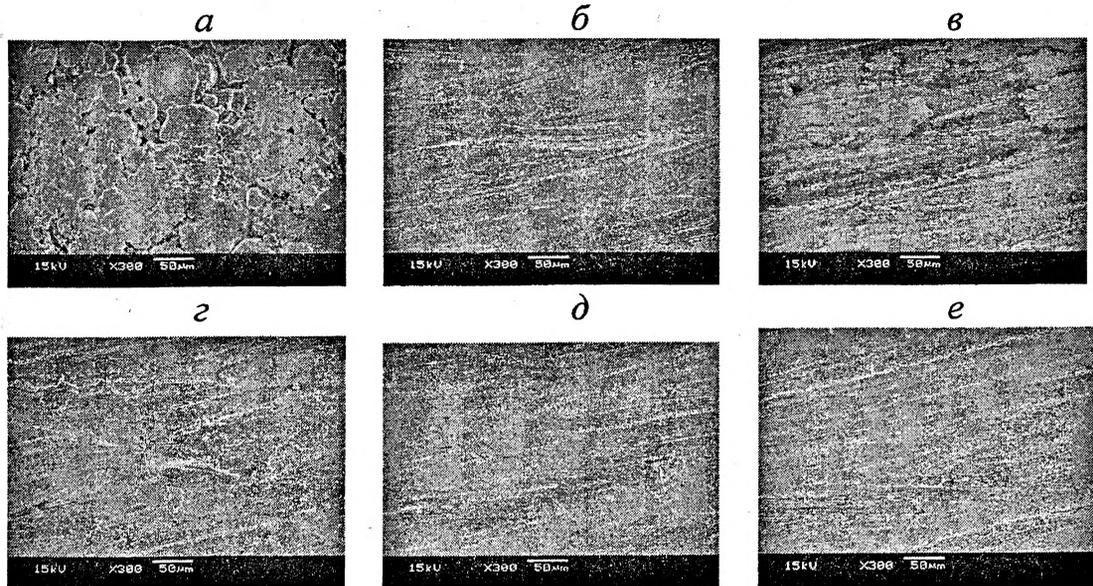


Рис. 2. Внешний вид поверхностей образцов: *а* – в исходном состоянии;  
*б* – *е* – обработанных в условиях 1 – 5 (см. табл. 1)

Шероховатость обработанных поверхностей после иглофрезерования исследовалась на профилометре SURTEST SJ-301, топография обработанных поверхностей исследовалась на сканирующем электронном микроскопе JSM 5600-LV.

Исходная поверхность колодки перед иглофрезерованием имеет высокую шероховатость (рис.1), на ней наблюдаются выходы многочисленных пор (рис.2). Обработка иглофрезерованием приводит к уменьшению шероховатости поверхности, причем на этот процесс влияют сочетания параметров обработки (рис.1).

Анализируя профилограммы обработанных поверхностей, легко заметить, что их шероховатость снижается по мере увеличения подачи и натяга. Влияние скорости иглофрезерования не столь однозначно.

Поверхность после обработки практически не содержит пор, на ней заметны следы траекторий одиночных иглолок и наплывы деформированного металла по их боковым сторонам (рис. 2).

Исследования трибологических свойств поверхностей после иглофрезерования осуществлялось на машине трения Т-05 (рис. 3), 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 всухую при возможности регулирования в широком диапазоне скорости трения и амплитуды. Нагрузка может быть сконцентрирована или распределена по поверхности трения.

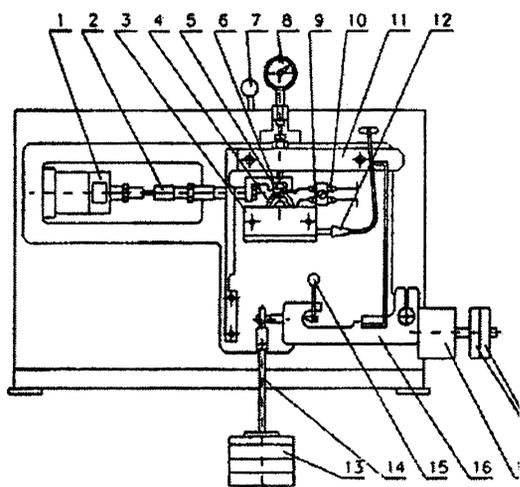


Рис. 3. Принципиальная схема тестера Т05:

- 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 – термопара для измерения температуры 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 4, частично погруженный в ванночку со смазочным материалом, вращается с постоянной угловой скоростью  $n$ . Скоба 6 для крепления колодки 5 взаимодействует с ней через шарик, что обеспечивает хорошее прилегание колодки к ролику и равномерное распределение сил прижима. Сила трения регистрируется тензометрическим датчиком 1.

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 м/с). Смазочная среда – машинное масло SN-150 (аналог минерального масла И-30).

Результаты трибологических испытаний поверхностей образцов после иглофрезерования приведены на рис. 4, 5. Легко заметить, что мгновенный и средний коэффициенты трения для различных условий обработки отличаются примерно на 10%, что связано с особенностями стереометрии и наклепа обработанной поверхности. Как следствие, различия в относительном объемном износе поверхностей в зависимости от условий обработки достигают 3 раз и более (рис. 6). Минимальная интенсивность изнашивания поверхностей после иг-

лофрезерования наблюдается при их обработке с минимальными скоростью фрезерования и подачей и максимальным натягом.

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

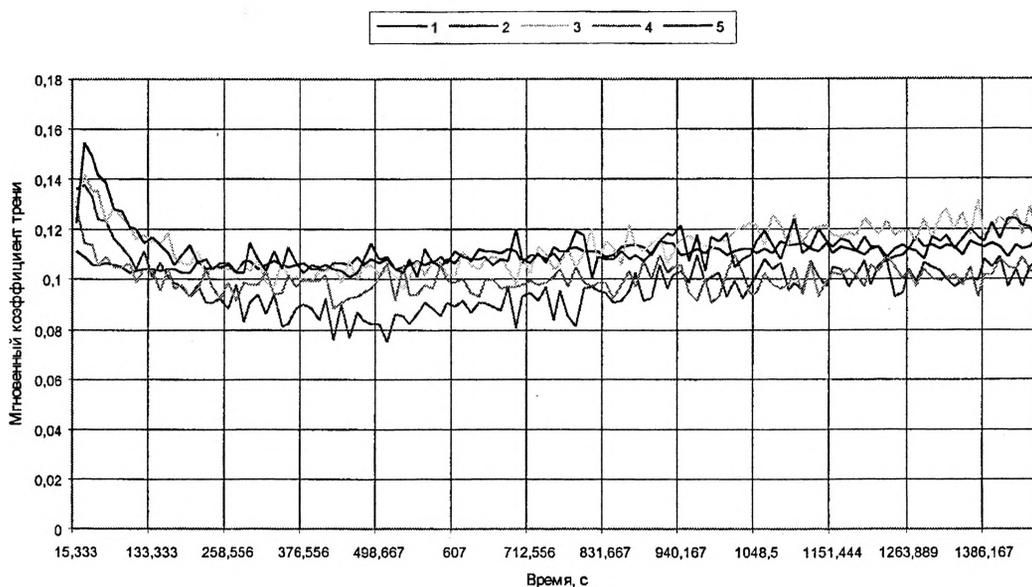


Рис. 4. Изменения мгновенного коэффициента трения во времени (номера означают условия обработки согласно табл. 1)

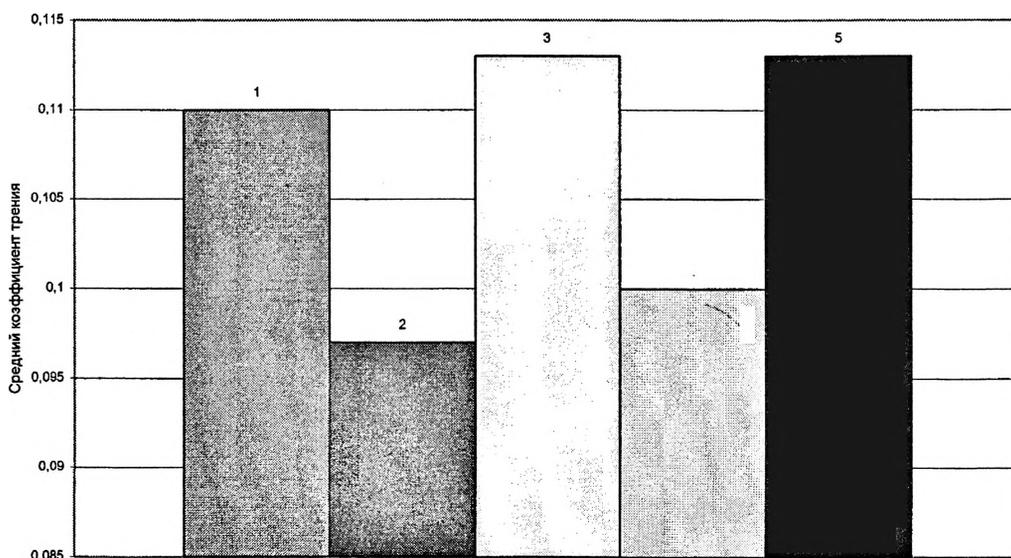


Рис. 5. Изменения средних коэффициентов трения в зависимости от условий обработки поверхностей (номера согласно табл. 1)

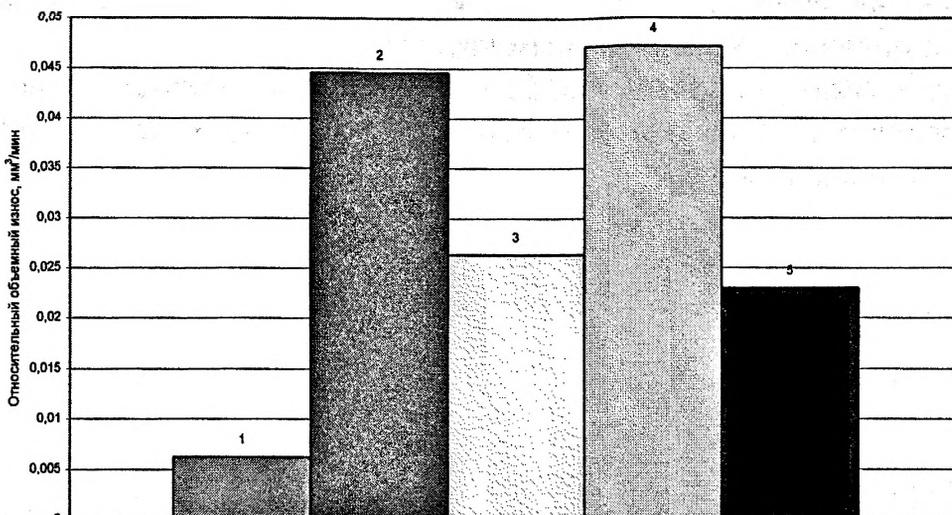


Рис. 6. Влияние условий иглофрезерования на относительный объемный износ поверхностей (номера согласно табл. 1)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Zapf. Nadelfräsen-Ein neues spänendes Bearbeitungsverfahren// Fertigungstechnik und Betrieb. - 1977. - V. 27. - 4. - S. 218-219.
2. Абугов А.Л. Иглофреза 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. 23-26.

УДК 621.923

Кривко Г.П.

## ФИНИШНЫЕ ОПЕРАЦИИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Повышение эксплуатационных свойств деталей за счет совершенствования технологических процессов их обработки является неотъемлемой частью технического процесса. Надежность и долговечность деталей во многом определяется состоянием их поверхностного слоя. Известно, что последний является носителем концентраторов напряжения, микротрещин и других дефектов, в