

---

---

# КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

---

---

УДК 621.77  
DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-4-273-277

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВКИ

Ю. П. КУЗЬМИН, К. П. ПОМПЕЕВ, А. А. ЦЕЛИЩЕВ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: kirpom@rambler.ru*

Исследуется возможность использования фрезерных станков с числовым программным управлением для регуляризации микрогеометрии поверхностного слоя заготовок. Рассматривается механизм образования регулярного микрорельефа на рабочих поверхностях деталей машин и приборов. Представлено уравнение зависимости для движения центра инструмента от входных параметров. Описана методика создания управляющей программы для систем числового программного управления Siemens и Fanuc по нанесению регулярного микрорельефа пластическим деформированием на плоские поверхности. Такой подход позволяет повысить эксплуатационные свойства деталей машин и приборов, автоматизировать процесс получения регулярного микрорельефа, существенно расширить его технологические возможности, с высокой точностью выдержать требования, заданные конструктором на чертеже, уменьшить время обработки, удешевив при этом производство, а также решить широкий спектр вопросов инженерии поверхности, включающий в себя возможность визуально оценить процесс создания исходного рельефа на поверхности заготовки.

**Ключевые слова:** *регулярный микрорельеф, моделирование, пластическая деформация, трение, ЧПУ.*

Разработанный профессором Ю.Г. Шнейдером научный подход к регуляризации микрогеометрии поверхности [1] позволяет создавать на поверхностях частично и полностью регулярный микрорельеф (РМР).

Однозначно задать профиль регулярного микрорельефа можно с помощью набора параметров, описанных в ГОСТ 24773-81 [2]. При этом полученный в результате обработки профиль РМР, так же как и шероховатость поверхности, описываются собственными наборами параметров [3, 4].

Согласно ГОСТ [2], регулярный микрорельеф, создаваемый синусоидальными канавками, определяется рядом параметров (рис. 1;  $S_o$  и  $S_k$  — осевой и круговой шаг неровностей;  $A$  — амплитуда непрерывной регулярной неровности;  $\{i\}$  — дробная часть смещения последующей синусоиды относительно предыдущей).

Сущность научного направления состоит в том, что в результате обработки традиционными способами резания на рабочих поверхностях деталей машин и приборов образуется шероховатость, в то время как использование подхода [1] позволяет получить частично (ЧРМР) или полностью (ПРМР) регулярный микрорельеф (рис. 2,  $a$ — $v$  и  $z$  соответственно)

с неровностями практически одинаковой формы, размеров и взаиморасположения. Это дает возможность не только рассчитывать значения всех параметров, но и устанавливать оптимальный вид регулярного микрорельефа.

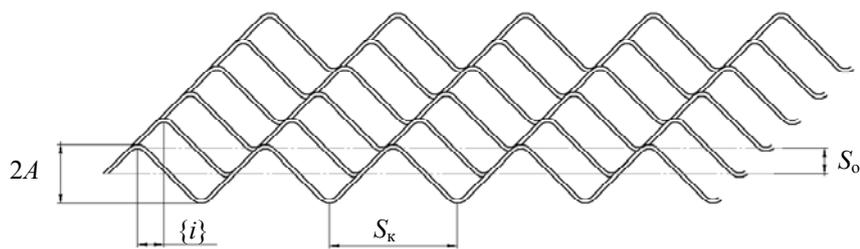


Рис. 1

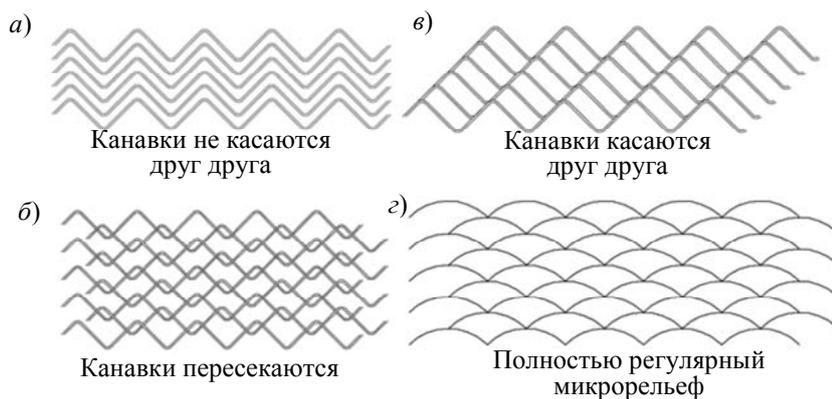


Рис. 2

Регуляризация микрорельефа поверхностей деталей машин и приборов производится в целях:

- снижения потерь на трение и исключения надиров, задиров и схватывания;
- повышения надежности и долговечности изделий;
- перехода на расчетные методы нормирования и технологического обеспечения микрогеометрии.

Основным методом нанесения РМР является пластическое деформирование поверхностного слоя обрабатываемой функциональной поверхности заготовки на универсальном станке с помощью алмазных наконечников, шаров или роликов. При этом необходимо использовать специальную виброголовку, что, в свою очередь, приводит к усложнению кинематики движения деформирующего элемента за счет обеспечения его осцилляции.

Перспективным направлением в области регуляризации микрогеометрии является использование фрезерных станков с ЧПУ, при котором не требуется выделять в ТП отдельную операцию и использовать для универсального оборудования специальные устройства с целью получения РМР. На фрезерном станке с ЧПУ возможно при обработке заготовки в той же операции получать РМР без ее переустановки. При этом исключаются вибрации деформирующего элемента, а траектория движения инструмента для получения РМР определяется соответствующей программой, управляющей кинематикой станка.

Для создания управляющей программы (УП) используется зависимость траектории движения инструмента от входных параметров. Используется следующее уравнение движения центра инструмента относительно  $n$ -й синусоиды [5]:

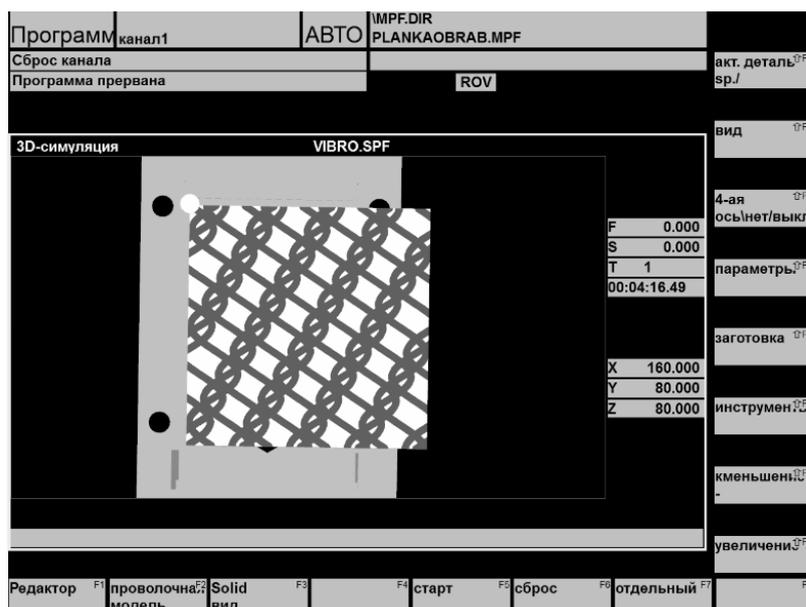
$$y_n = A \sin \left( 2\pi \frac{x}{S_k} + 2\pi \{i\} n \right) + S_0 n,$$

Реальная форма синусоидальной канавки получается посредством аппроксимации перемещений рабочих органов оборудования. В частности, синусоида аппроксимируется ломан-

ной линией, вследствие чего возникает погрешность  $\delta$ , которую можно свести к минимуму, по возможности уменьшив шаг аппроксимации.

Для визуализации процесса обработки использовался симулятор WinNC, разработанный фирмой EMCO (Австрия). Данный программный продукт содержит две системы ЧПУ для симуляции фрезерной обработки: Sinumerik и Fanuc. Эти системы имитируют ЧПУ промышленного станка. Для трехмерной симуляции фрезерной обработки используется программа Win3D-View, позволяющая не только увидеть все рабочие перемещения, но и проконтролировать возможность столкновения инструмента с установочно-зажимным приспособлением и заготовкой. Отработка траектории в системе Sinumerik происходит в режиме реального времени (рис. 3, а).

а)



б)

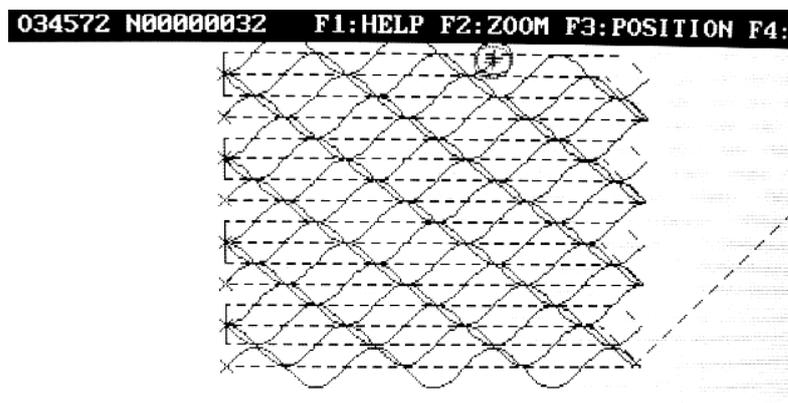


Рис. 3

Системы Sinumerik и Fanuc используют разные языки для параметрического программирования (макропрограммирования), поэтому невозможно для них создать единую УП.

Для симуляции процесса обработки заготовки в режиме реального времени использовалась система Fanuc (рис. 3, б).

Различие микрогеометрии, полученной с помощью Sinumerik и Fanuc, связано с использованием разных параметров в программе.

Таким образом, использование РМР позволяет сравнительно просто, без специальной оснастки, улучшить эксплуатационные свойства изделия. Объединение систем ЧПУ с технологической системой поверхностного пластического деформирования позволяет обрабатывать

плоские поверхности деталей машин программным способом, автоматизировать процесс получения РМР, существенно расширить его технологические возможности, с высокой точностью выдержать требования, заданные конструктором, и сократить время на подготовительные работы. Это позволяет решать широкий спектр вопросов инженерии поверхности, включая ее предварительное моделирование, анализ и обработку [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. Л.: Машиностроение, 1972.
2. ГОСТ 24773-81. Поверхности с регулярным микрорельефом. Классификация, параметры и характеристики. Введ. 01.07.1982. М.: Изд-во стандартов, 1988.
3. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. Введ. 01.01.1975. М.: Изд-во стандартов, 1990.
4. Табенкин А. Н., Тарасов С. Б., Степанов С. Н. Шероховатость, волнистость, профиль. СПб: Изд-во Политехнического ун-та, 2007.
5. Голубчиков М. А., Кузьмин Ю. П. Образование регулярного микрорельефа на станке с ЧПУ // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 9. С. 34—38.
6. Федоров В. П., Нагоркин М. Н., Ковалева Е. В., Чмыхов Д. В. Адаптация поверхностей трибоэлементов к нестационарным условиям эксплуатации обработкой ППД программным способом // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. №10.

#### Сведения об авторах

**Юрий Петрович Кузьмин**

— канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения; E-mail: up\_kuzmin@mail.ru

**Кирилл Павлович Помпеев**

— канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения; E-mail: kirpom@rambler.ru

**Андрей Александрович Целищев**

— магистр; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения; E-mail: Tselishchevandrey@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
22.10.14 г.

**Ссылка для цитирования:** Кузьмин Ю. П., Помпеев К. П., Целищев А. А. Использование фрезерного станка с ЧПУ для нанесения регулярного микрорельефа на поверхности заготовки // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 4. С. 273—277.

#### APPLICATION OF MILLING MACHINE TO IMPRESSION A REGULAR MICRORELIEF ON PREFORM SURFACE

Yu. P. Kuzmin, K. P. Pompeev, A. A. Tselishchev

ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia  
E-mail: kirpom@rambler.ru

The possibility of using CNC milling machines for regularization of microgeometry of preform surface layer is investigated. The mechanism of regular microrelief formation on working surfaces of machine components and appliances is considered. An equality describing the instrument center movement depending on input parameters is presented. A method of creating a control program for impression a regular microrelief by plastic strain applied to plane surface is described for numerical control systems Siemens and Fanuc. The proposed approach is reported to increase operational properties of the processed machine component, to allow for automation of the process of regular microrelief impression, to expand significantly technological capabilities of the process, to reduce the processing time and manufacturing cost, and to solve a wide range of problems of surface engineering including visual inspection of the preform surface processing.

**Keywords:** regular microrelief, simulation, plastic deformation, friction, CNC.

**Data on authors**

- Yury P. Kuzmin* — PhD, Associate Professor; ITMO University; Department of Instrumentation Technology; E-mail: up\_kuzmin@mail.ru
- Kirill P. Pompeev* — PhD, Associate Professor; ITMO University; Department of Instrumentation Technology; E-mail: kirpom@rambler.ru
- Andrey A. Tselishchev* — Magister; ITMO University; Department of Instrumentation Technology; E-mail: Tselishchevandrey@yandex.ru

**Reference for citation:** *Kuzmin Yu. P., Pompeev K. P., Tselishchev A. A.* Application of milling machine to impression a regular microrelief on preform surface // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie*. 2015. Vol. 58, N 4. P. 273—277 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-4-273-277