

сжатого воздуха и др.

### Список использованных источников

1 Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.

2 Жуков, А.Д. Технология теплоизоляционных материалов: учеб. пос. Ч. 1. Теплоизоляционные материалы. Производство теплоизоляционных материалов / А.Д. Жуков. – М.: МГСУ, 2011. – 431 с.

УДК 621.382

**А.С. Калиниченко<sup>1</sup>, В.Л. Басинюк<sup>2</sup>, В.Г. Лугин<sup>1</sup>,  
И.Д. Тычинская<sup>2</sup>, Н.Г. Короб<sup>1</sup>, Т.Л. Карпович<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси  
Минск, Беларусь

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ

*Аннотация.* Повышение качества обработки поверхности твердых материалов является важной задачей машиностроения, так же, как и повышение антифрикционных свойств поверхности. Обе задачи направлены на повышение надежности работы пар трения.

**A.S. Kalinichenko<sup>1</sup>, V.L. Basinyuk<sup>2</sup>, V.L. Lugin<sup>1</sup>,  
I.D. Tychinskaya<sup>2</sup>, N.G. Korob<sup>1</sup>, T.L. Karpovich<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University

<sup>2</sup>Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus  
Minsk, Belarus

### IMPROVING THE RELIABILITY OF THE FUNCTIONING OF THE SURFACE OF PARTS IN FRICTION CONDITIONS

*Abstract.* Improving the quality of surface treatment of solid materials is an important task of mechanical engineering, as well as improving the antifriction properties of the surface. Both tasks are aimed at improving the reliability of the friction pairs.

Во многих случаях к качеству поверхности изделий

предъявляются высокие требования, включая низкую шероховатость и высокую износостойкость. К таким материалам относятся, в частности, изделия медицинского назначения (например, искусственные протезы), поверхности зубчатых передач. В работе приведены результаты исследований по обработке керамических материалов медицинского назначения и снижению трения в зубчатых зацеплениях.

Традиционная технология обработки поверхности прочных, но хрупких материалов (например, углеситалла) включает абразивную обработку алмазным инструментом и последующую полировку. Процесс достаточно трудоемкий и длительный [1]. Поэтому важной задачей является разработка более производительных и дешевых способов обработки поверхности пластин из углеситалла.

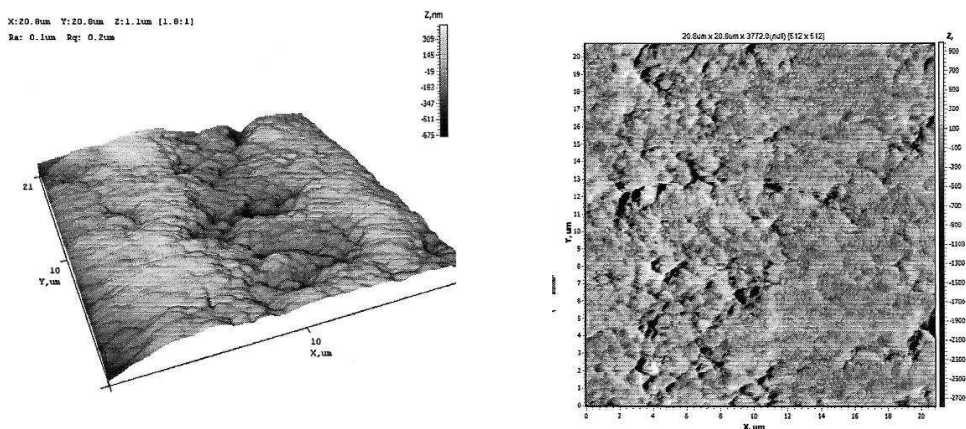
Необходимо отметить, что углеситалл чувствителен к дефектам на поверхности, которые в свою очередь могут быть связаны как со структурой материала, в частности, с его пористостью, так и способом обработки. При этом для этих материалов характерно наличие пористости в направлении их роста при формировании, а также включений с размерами более 0,1 мкм, находящихся внутри полостей и имеющих характерную внешнюю огранку [2].

Создание таких режущих алмазоподобных материалов, как кубический нитрид бора (КНБ), которые относительно недорогие, открыло новые возможности скоростной лезвийной обработки хрупких материалов типа пироуглерода.

Анализ процесса лезвийной обработки с применением КНБ показал, что возможно осуществить скоростную лезвийную обработку пластин хрупкого пироуглерода. Для исключения поломок пластин с учетом геометрических параметров необходимо предварительно определить рациональные углы резания и режимы обработки.

Скоростная лезвийная обработка резцом из КНБ позволяет обеспечить шероховатость поверхности  $R_a$  порядка 0,1 мкм. При необходимости шероховатость может быть снижена традиционной полировкой со снятием существенно меньших припусков. При скоростной лезвийной обработке пластины резцом из КНБ не происходит изменение ее химического состава и отсутствует перенос молекул инструмента на образец.

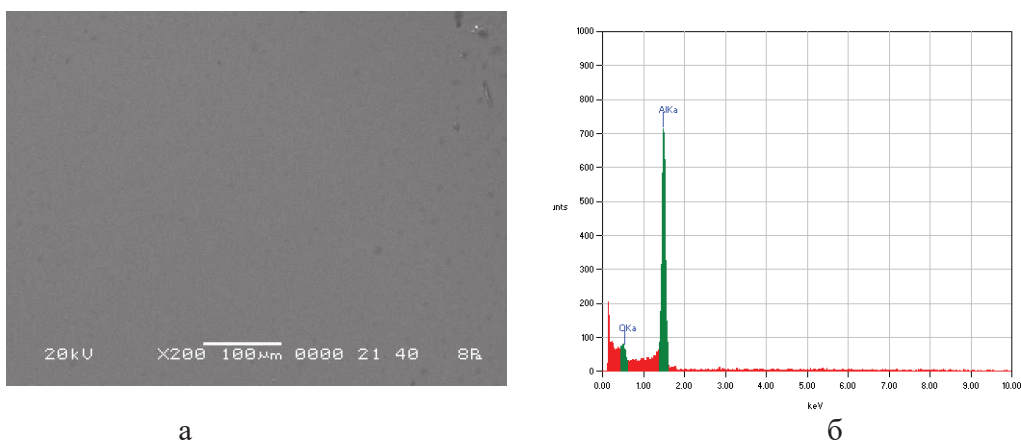
Топография поверхности пироуглерода после предварительной скоростной лезвийной обработки с использованием КНБ, показанная на рис. 1 близка к топографии поверхности этого материала после традиционной абразивной обработки.



**Рис. 1. – Топография углеситалла после лезвийной обработки резцом из КНБ**

Проведенные исследования позволили подтвердить, что использование КНБ в качестве режущего материала позволяет осуществить скоростную лезвийную обработку пластин из пироуглерода с заданным качеством поверхности.

Хорошие результаты были получены и при обработке такого твердого материала, как сапфир (рис. 2), что подтверждает перспективность применения кубического нитрида бора в качестве инструмента для обработки очень твердых материалов.



**Рис. 2 – Поверхность сапфира после обработки резцом из КНБ и спектр поверхности**

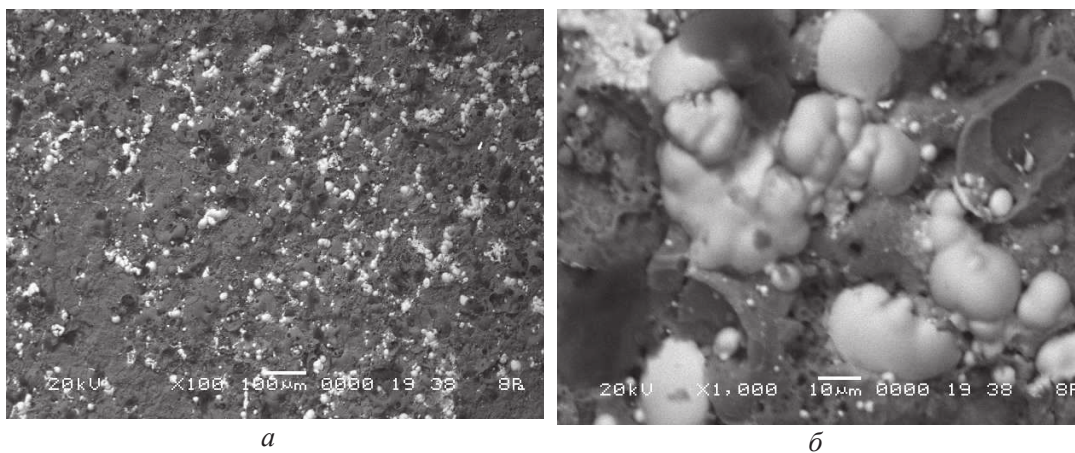
Другой немаловажной задачей является повышение износостойкости и снижение потерь энергии на трение пар трения. Одним из основных видов передач движения в механизмах является зубчатая передача. Зубчатая передача между параллельными валами осуществляется цилиндрическими зубчатыми колёсами с внешним или внутренним зацеплением зубьев.

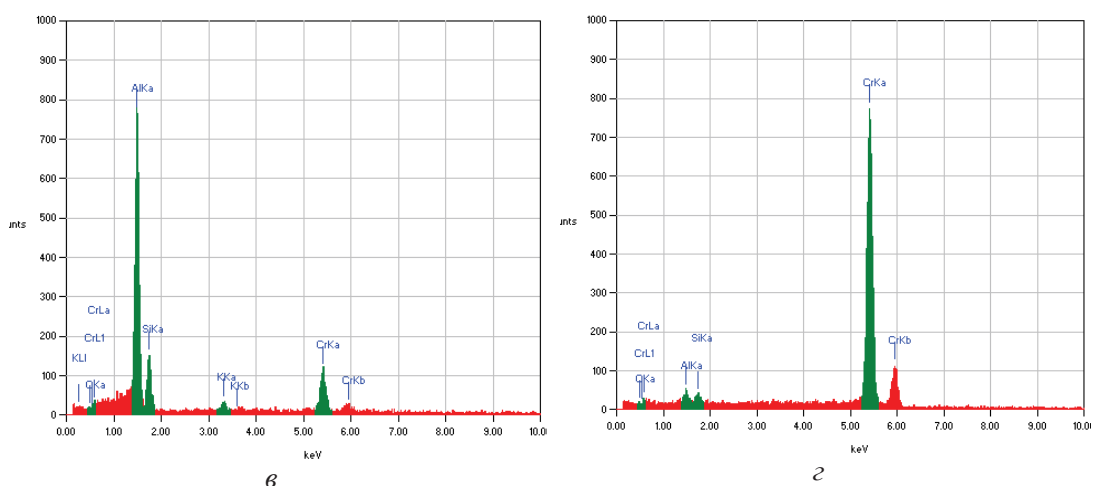
При расчете зубчатых передач необходимо учитывать, что наиболее нагруженным местом зацепления является поверхность зуба. С одной стороны, необходимо обеспечить высокий ресурс работы зубчатого колеса, для чего оно должен обладать высокими физико-механическими свойствами и износостойкостью. С другой стороны, требуется предотвратить проскальзывания зубьев в зацеплении, поскольку это приводит к нарушению передачи мощности от одного вала к другому.

С целью повышения износостойкости зубчатых зацеплений применяют различные технологические приемы: лазерная закалка и наплавка, различные химико-термические методы обработки, газопламенные способы нанесения покрытий. Однако эти способы повышения износостойкости требуют дополнительных финишных операций, что повышает стоимость изделия.

Представляет научный и практический интерес использования покрытий толщиной в микроны, содержащих наноструктурированные частицы. В этом случае толщина покрытий укладывается в размерные допуски и не требует дополнительных механических операций [3,4]. Одним из возможных является хромсодержащий материал, поскольку хром обладает высокой износостойкостью и твердостью.

На рис. 3 приведены микроструктура и спектры покрытия, содержащий наноструктурированный хром, нанесенный на керамическую поверхность для прецизионных узлов зацепления.





*a* – общий вид при увеличении  $\times 100$ ; *б* – при увеличении  $\times 1000$ ; *в* – спектр темной области; *г* – спектр нанесенных частиц

**Рис. 2 – Микроструктура и спектры покрытия, содержащего наноструктурированные частицы на зубчатой поверхности**

Анализ структур показывает, что возможно обеспечить равномерное распределение наноструктурированного хрома на поверхности зацепления. При таком распределении хрома возможно обеспечить в процессе трения формирования промежуточного тела, способствующего резкому снижению коэффициента трения и повышению ресурса работы узла. В последующем требуется проведения испытаний триботехнических и силовых характеристик зубчатых передач с такими покрытиями для формирования базы данных.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках задания 1.02 подпрограммы «Механика» ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении».*

### Список использованных источников

1. Мартюшов, Г.Г. Снижение открытой пористости изделий из углеситаллов // Г.Г. Мартюшов, А.М. Захаревич, С.Я. Пичхидзе, В.А. Кошуро. Письма в Журнал технической физики. 2016. Т. 42. № 4. – С. 46-51.
2. Курис, И.М. Алмазная обработка углеситалла // И. М. Курис, А. А. Лобай, Н. В. Плешивцев, В. А. Сидоренко. М.ИЭИ, 1981. – 12 с.
3. Функциональные и конструкционные наноматериалы: учебно-методическое пособие / С. В. Звонарев. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 132 с.
4. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих

технологий в машиностроении: учебное пособие: в 2 т. Т. I. Стали и чугуны / М. А. Филиппов, В. Р. Бараз, М. А. Гервасьев, М. М. Розенбаум. – 2-е изд., испр. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 232 с.

УДК 66.047.57

**А.М. Байгуреев<sup>1</sup>, Ж.А. Ертаева<sup>2</sup>, А.Т. Онлабекова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати

<sup>2</sup>Профессиональный Гуманитарно-технический колледж «Білім»  
Тараз, Казахстан

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ БАРАБАНА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СУШИЛКИ СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ (СБ-СРТ)**

*Аннотация.* В результате математической обработки экспериментальных данных получены эмпирические уравнения зависимости времени пребывания ( $Y_i$ ) материала в барабане от скорости сушильного агента на входе в барабан ( $x$ ) и угла наклона барабана ( $\alpha^0$ ), и величина достоверности аппроксимации  $R^2$  – называемая корреляционным коэффициентом.

**A.M. Baitureev<sup>1</sup>, Z.A. Ertaeva<sup>2</sup>, A.T. Onlabekova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty

<sup>2</sup>Professional Humanitarian and Technical College «Bilim»  
Taraz, Kazakhstan

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DRUM ROTATION FREQUENCY ON THE PERFORMANCE OF A DRYER WITH A MIXED HEAT TREATMENT MODE (DD-MHTM)**

*Abstract.* As a result of mathematical processing of experimental data, empirical equations were obtained for the dependence of the residence time ( $Y_i$ ) of the material in the drum on the speed of the drying agent at the inlet to the drum ( $x$ ) and the angle of inclination of the drum ( $\alpha^0$ ), and the value of the approximation reliability  $R^2$  is called the correlation coefficient.

В результате математической обработки экспериментальных данных получено эмпирическое уравнение зависимости производительности ( $Y_i$ ) от скорости сушильного агента на входе в