

УДК 621.941

**Н. Е. Стахнив**, канд. техн. наук

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

### **ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОПРОФИЛЯ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВСЛЕДСТВИЕ ИЗНОСА РЕЗЦА ИЗ КОМПОЗИТА КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ**

*Экспериментально исследовано влияние износа круглой режущей пластины из композита  $cBN/Si_3N_4$  на микропрофиль обработанной поверхности при чистовом точении закаленной стали ХВГ. Установлено, что при глубине резания  $t = 0,1$  мм, скорости резания  $V = 2$  м/с, подаче  $S > 0,24$  мм/об и различном износе резца шероховатость обработанной поверхности изменяется регулярно с постоянным периодом, численно равным подаче на оборот. Установлено, что стохастическая составляющая шероховатости обработанной поверхности возрастает по мере увеличения износа инструмента.*

**Ключевые слова:** *точение закаленных сталей, шероховатость поверхности, круглая режущая пластина, композит на основе КНБ.*

Для улучшения работоспособности лезвийных инструментов в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) разработан режущий композиционный материал на основе кубического нитрида бора (КНБ), содержащий низкомолекулярную химически инактивную к нитриду бора добавку нитрида кремния  $cBN/Si_3N_4$  [1]. Дальнейшие исследования, выполненные в Институте, показали его перспективность при чистовом точении закаленных сталей [2–4].

Известно, что движение формообразования, контактное взаимодействие инструмента и детали, схватывание материалов инструмента и детали, появление и исчезновение нароста, износ инструмента, вибрации элементов технологической системы, автоколебания и другие явления влияют на микропрофиль обработанной поверхности [5;6]. Для различных видов обработки шероховатость обработанной поверхности представляют в виде двух составляющих: детерминированной, описываемой некоторой периодической функцией со случайной фазой, и случайной, которая описывается нормально распределенной случайной функцией [6]. Такой подход позволяет количественно охарактеризовать величину детерминированной и случайной составляющих. Детерминированная составляющая, как правило, обусловлена движением формообразования и формой режущей кромки инструмента, ее возможно теоретически рассчитать. Однако теоретически прогнозировать случайную составляющую проблематично, хотя именно она содержит информацию о неучтенных колебаниях, износе инструмента, взаимодействии режущей кромки и обрабатываемой детали при резании.

В настоящей статье аналитически исследуется шероховатость обработанной поверхности путем построения и анализа автокорреляционных функций.

При точении закаленных сталей резцами из композита КНБ по мере увеличения износа режущей кромки изменяются шероховатость и волнистость обрабатываемой поверхности.

Цель настоящей работы – установить влияние износа режущей кромки на шероховатость обрабатываемой поверхности при точении закаленной стали резцами с круглыми режущими пластинами из композита на основе КНБ.

В ИСМ аналоговый прибор для измерения шероховатости «Surtronic» соединили АЦП с компьютером и разработали программное обеспечение для анализа измеряемой поверхности, что позволило выполнять корреляционный анализ шероховатости измеряемой поверхности.

Экспериментальные исследования выполняли при точении заготовки из закаленной стали ХВГ твердостью 59–60HRC на автоматизированной установке [7]. Резец с механическим креплением круглой режущей пластины керамического композита диаметром  $7 \pm 0,025$  мм имел следующие геометрические параметры: передний угол  $\gamma = -10^\circ$ , задний  $\alpha = 10^\circ$ .

Рассмотрим характерные профилограммы обработанной поверхности (кривая 1 на рис. 1), полученные при чистовом точении закаленных сталей резцом с круглой режущей пластиной из композита cBN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> при скорости резания  $v = 2,0$  м/с и глубине резания  $t = 0,1$  мм, но с различной подачей на оборот  $S$ .

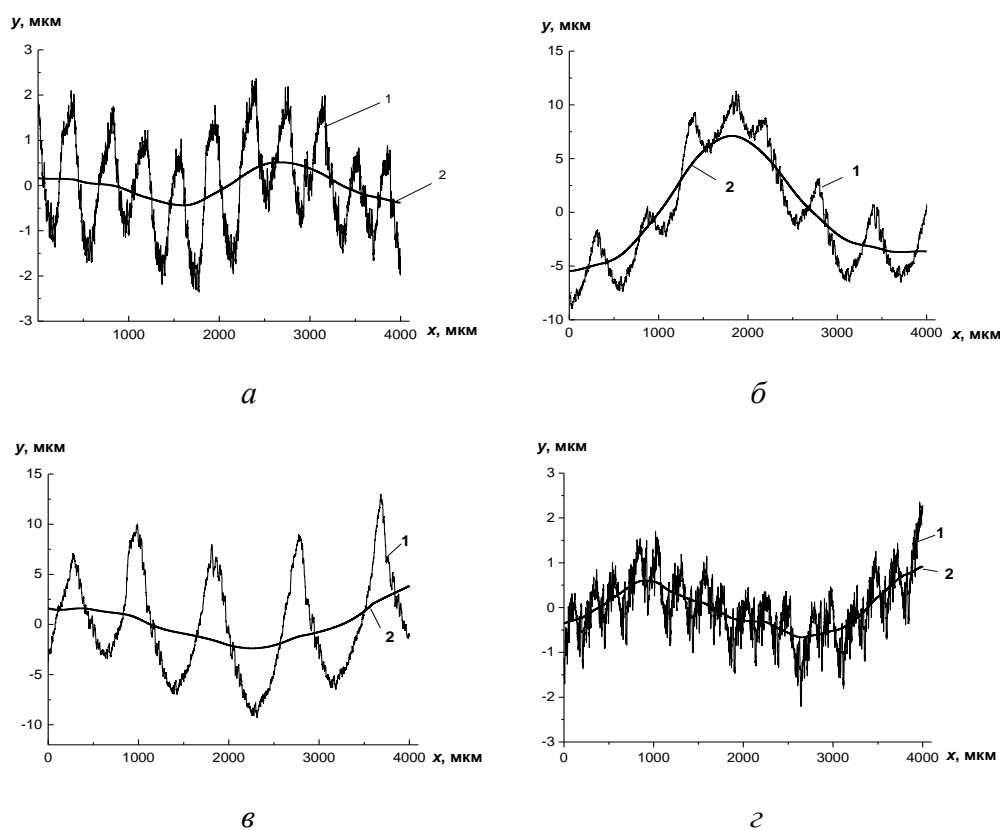


Рис. 1 Микропрофиль поверхности, обработанной при подаче  $S$ : а – 0,02 мм/об.; б – 0,08 мм/об.; в – 0,13 мм/об.; г – 0,24 мм/об.

Анализируя полученные микропрофили поверхности (рис. 1) и соответствующие им нормированные автокорреляционные функции шероховатости (рис. 2), установили, что при  $S = 0,24$  мм/об. период колебаний шероховатости обработанной поверхности численно совпал с величиной подачи на оборот (рис. 2, г), что соответствовало вибрационной устойчивости резания. При подаче  $S = 0,08$ –0,24 мм/об. Наблюдались автоколебания при точении, о чем свидетельствует несовпадение периодов колебаний шероховатости обработанных поверхностей с подачей на оборот (рис. 2, а–в).

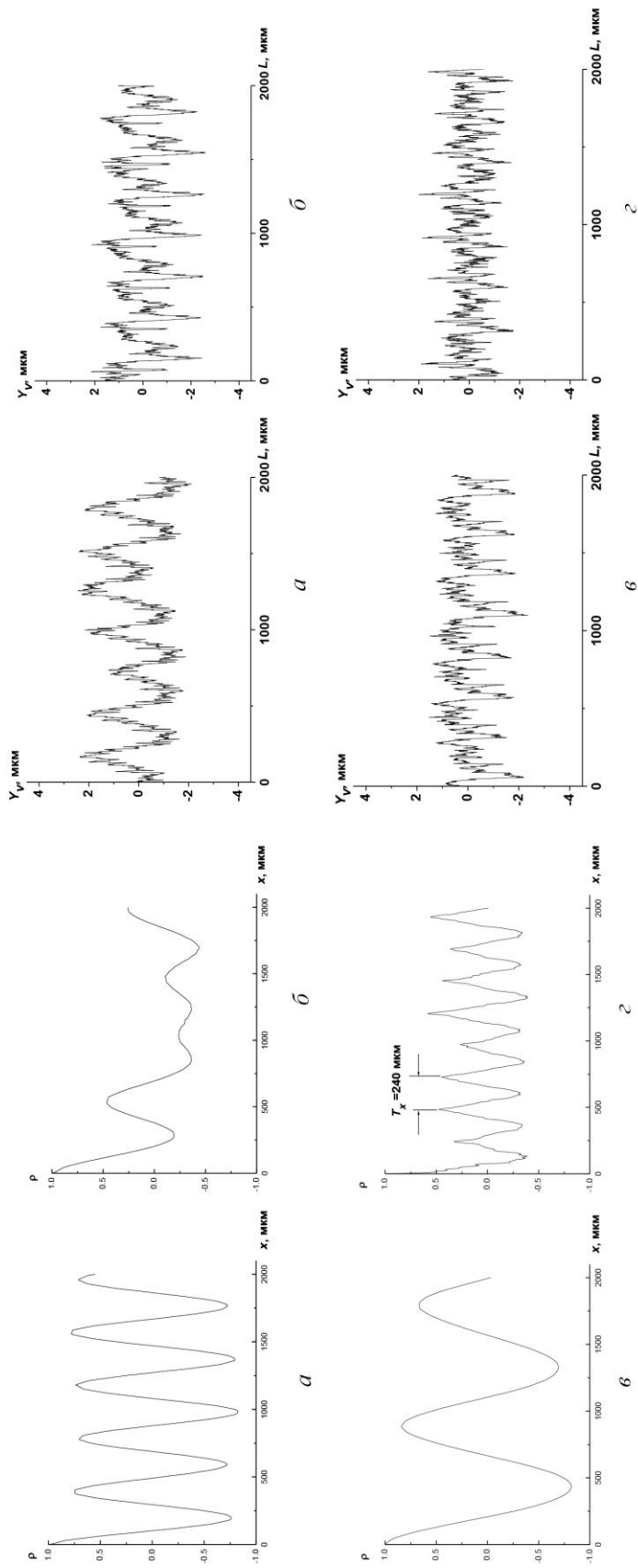


Рис. 2. Нормированная автокорреляционная функция шероховатости поверхности, обработанной при подаче  $S$ : а — 0,02 мм/об.; б — 0,08 мм/об.; в — 0,13 мм/об.; г — 0,24 мм/об.

Рис. 3. Профилограммы шероховатостей поверхностей, которые соответствуют различной величине износа  $h$ : а — 0,05 мм; б — 0,15 мм; в — 0,25 мм; г — 0,35 мм

Влияние износа режущей кромки на шероховатость обработанной поверхности исследовали при вибрационном устойчивом резании: глубина резания  $t = 0,1$  мм, скорость резания  $v = 2,0$  м/с, подача  $S = 0,25$  мм/об. Профилограммы шероховатостей обработанных поверхностей, полученные при различном износе резца ( $h$  – ширина площадки износа на задней поверхности режущей кромки) показаны на рис. 3. Следует заметить, что профиль шероховатости обрабатываемой поверхности по мере износа существенно изменился (рис. 3).

График изменения шероховатости  $Ra$  обрабатываемой поверхности в зависимости от изменения величины износа  $h$  показан на рис. 4. Измеряли по краям  $Ra_1$ ,  $Ra_3$  и посередине обрабатываемой заготовки  $Ra_2$ . На основании полученных результатов рассчитывали среднее значение  $Ra_{cp}$ .

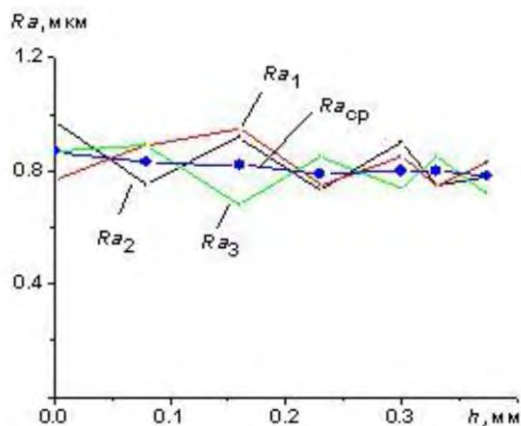


Рис. 4. График изменения шероховатости  $Ra$  обрабатываемой поверхности в зависимости от величины изменения износа  $h$

Как следует из данных (рис. 4), с увеличением износа  $h$  шероховатость  $Ra$  незначительно уменьшалась. При этом параметр  $Ra$  не отражал изменений микропрофиля обрабатываемой поверхности при износе резца. Для устранения этого недостатка использовали аппарат корреляционного анализа, в соответствии с которым для каждой профилограммы шероховатости обработанной поверхности определяли нормированную корреляционную функцию (рис. 5).

Как свидетельствуют результаты анализа нормированных корреляционных функций (рис. 5), шероховатость обработанной поверхности при различном износе резца изменяется регулярно с постоянным периодом, численно равным подаче на оборот. Вид нормированных корреляционных функций по мере износа инструмента вследствие стохастических возмущений изменяется. При этом стохастические возмущения возрастают по мере увеличения износа инструмента.

### Выводы

Установлено, что при подаче  $S > 0,24$  мм/об., глубине резания  $t = 0,1$  мм и скорости резания  $v = 2$  м/с и различном износе резца шероховатость обрабатываемой поверхности изменяется регулярно с постоянным периодом, численно равным подаче на оборот.

Установлено, что стохастическая составляющая шероховатости обработанной поверхности возрастает по мере увеличения износа инструмента.

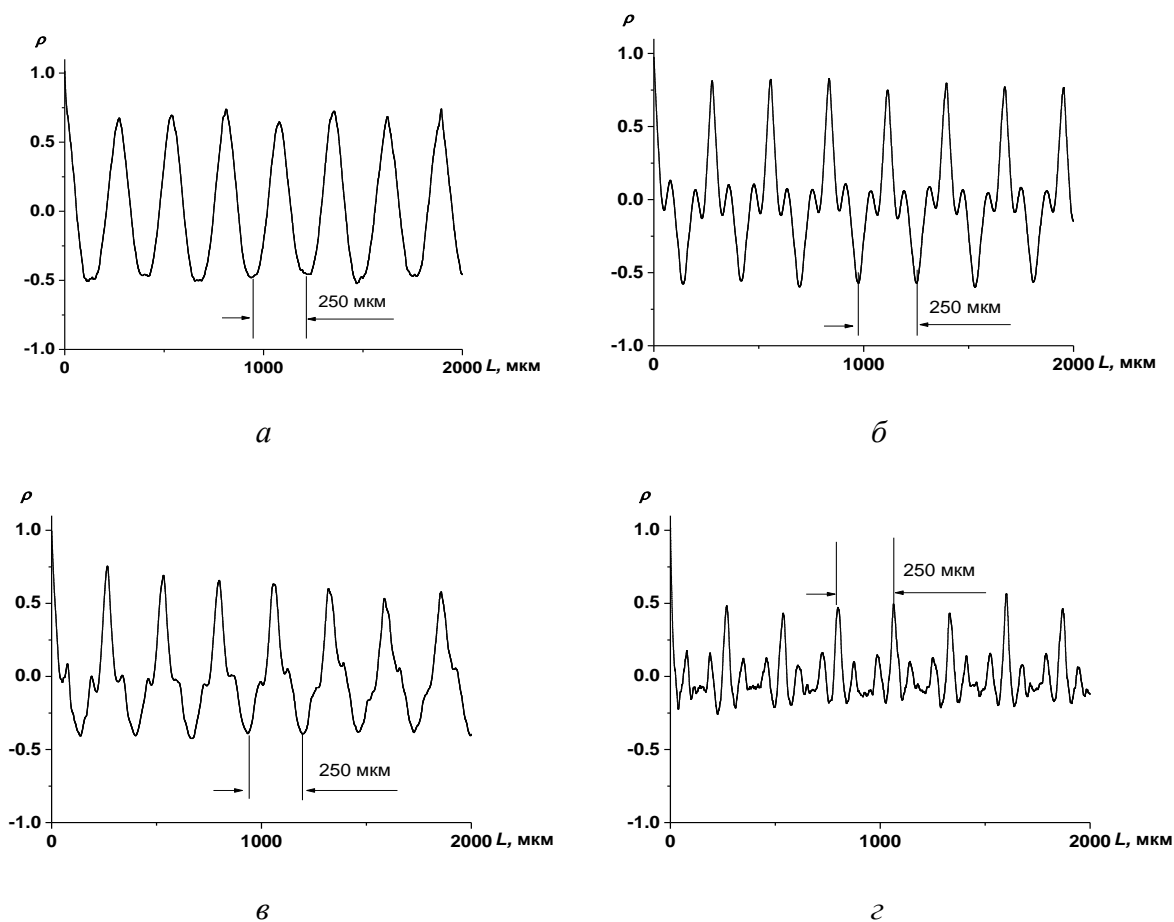


Рис. 5. Нормированные корреляционные функции, соответствующие различному износу  $h$ :  
а – 0,05мм; б – 0,15мм; в – 0,25 мм; г – 0,35 мм

Експериментально досліджено вплив зносу круглої ріжучої пластини з композиту  $cBN/Si_3N_4$  на мікропрофіль обробленої поверхні при чистовому точінні загартованої сталі ХВГ. Встановлено, що при глибині різання  $t = 0,1$  мм, швидкості різання  $V = 2$  м/с, подачі  $S > 0,24$  мм/об і різному зносі різця шорсткість обробленої поверхні змінюється регулярно з постійним періодом, чисельно рівним подачі на оборот. Встановлено, що стохастична складова шорсткості обробленої поверхні зростає в міру збільшення зносу інструменту.

**Ключові слова:** точіння загартованих сталей, шорсткість поверхні, кругла ріжучий пластини, композит на основі КНБ.

#### CHANGES OF THE MICRO PROFILE OF THE MACHINED SURFACE DUE TO THE SIZE WEAR OF THE CUTTER FROM THE COMPOSIT E CBN AT THE FINISH TURNING OF HARDENED STEEL

The effect of wear of a round cutting insert made from  $cBN/Si_3N_4$  composite on the micro profile of the machined surface during the finish turning of hardened steel is studied experimentally. It was found that at a cutting depth of  $t = 0,1$  mm, a cutting speed of  $V = 2$  m/s, a feed rate  $S > 0,24$  mm/rev, and a different wear of the tool, the roughness of the machined surface changes regularly with a constant period numerically equal to the feed per revolution. It is established that the stochastic component of the roughness of the machined surface increases as the wear of the tool increases.

**Key words:** turning of hardened steels, surface roughness, round cutting insert, composite on the basis of cBN.

### Литература

1. Різальний композит кубічного нітриду бору з низькомодульною добавкою жароміцного нітриду кремнію / І. А. Петруша, О. С. Осипов, Т. І. Смирнова та ін. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – Вып. 11. – С. 206–212.
2. Динамические явления при чистовом точении закаленных сталей инструментом из композита на основе КНБ / Н. Е. Стахнив, Л. Н. Девин, И. А. Петруша, О. С. Осипов // Сверхтвердые матер. – 2009. – № 3. – С. 75–83.
3. Стахнив Н. Е., Девин Л. Н. Исследование износа круглы режущих пластин из композита на основе КНБ и его влияния на силы резания при чистовом точении закаленных сталей // Сверхтвердые матер. – 2011. – № 2. С. 77–85.
4. Стахнив Н. Е., Девин Л. Н. Исследование влияния износа инструмента с композитом на основе КНБ на вибрации при чистовом точении закаленных сталей // Сверхтвердые матер. – 2012. – № 3. – С. 62–69.
5. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / Э. В. Рыжов, А. Г. Суслов, В. П. Федоров и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
6. Хусу А. П., Витенберг Ю. Р., Пальмов В. А. Шероховатость поверхности. – М.: Наука, 1975. – 344 с.
7. Девин Л. Н. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента. – К.: Наук. думка, 1992. – 131 с.

Поступила 06.04.17

УДК 621.941:534.647

Л. Н. Девин; д-р техн. наук, С. В. Рычев<sup>1</sup>; А. В. Смерчинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

<sup>2</sup>Национальный технический университет «Киевский политехнический институт», Украина

### СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ НА ГРАНЯХ РЕЗЦА ИЗ МОНОКРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА АНАЛИТИЧЕСКИМ 2-D И 3-D МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проведено сравнение результатов определения вероятности разрушения резцов из монокристаллов алмаза с учетом их анизотропии при использовании аналитического 2-D метода по формулам А.В. Бетанелли, а также 3-D методом конечных элементов. Для сравнения использовали значения силы резания, полученные экспериментально при торцевом точении алюминиевых сплавов с различной глубиной и скоростью резания.

**Ключевые слова:** метод конечных элементов, алмазный резец, вероятность разрушения, силы резания, алюминиевые сплавы.