

ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНЫХ УЧАСТКОВ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ ПКНБ ПОСЛЕ ТОЧЕНИЯ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ШХ15

Клименко Сергей Анатолиевич, к.т.н., научный сотрудник
Чумак Анатолий Александрович, аспирант
Институт сверхтвёрдых материалов НАН Украины, г. Киев
alcon1202@ukr.net

Введение

Известно, что контакт двух тел происходит по вершинам микронеровностей, если же рассматривать такую специфическую пару трения как «режущий инструмент – стружка», можно отметить, что в начальный момент резания гребешки шероховатости есть только на поверхности режущего инструмента, рельеф поверхности стружки формируется уже после непосредственного контакта с поверхностью режущего инструмента. Вследствие протекания сложных механохимических процессов в зоне резания происходит изменение топографии контактных участков инструмента [1]. Экспериментальное определение размерных параметров контактных участков режущих инструментов из ПНКБ позволит расширить знания о механизмах износа, а также будет ценными экспериментальными данными для проведения расчетов и моделирования контактных процессов в зоне резания при использовании таких инструментов [2].

Методика проведения исследований

Исследование контактных участков на передней поверхности инструментов из ПНКБ проводилось как для нового так и для инструментов после точения закаленной стали ШХ15 с помощью атомно-силового микроскопа, что позволило получить профилограммы распределения микронеровностей и условных сил трения на участке поверхности 13×13 мкм, условной площадью $S_{ус.} = 169$ мкм².

Анализ профилограмм распределения микронеровностей позволил установить среднеарифметическое (Ra) и среднестатистическое (Rq) значения отклонения ординат профиля микронеровностей на поверхности образцов от средней линии, а также максимальную высоту неровностей профиля (R_{max}) и степень развития поверхности (k). Если коэффициент $k > 1$, то на участке исследуемой поверхности преобладают выступы, если $k < 1$ – то преобладают впадины.

Результаты и обсуждение

Формирование топографической картины контактных поверхностей инструментов можно разделить на два этапа – до начала процесса резания и после.

Изготовление инструментов из ПНКБ связано с чистовым шлифованием всех поверхностей алмазным инструментом с размером зерна 40/28, 28/20 и их доводкой

свободным алмазным порошком размером 14/10, поэтому основные параметры шероховатости поверхностей имеют достаточно низкие значения – 0,04-0,08 мкм.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Значение топографических параметров поверхности для неизношенных участков инструмента из ПКНБ

Ra , мкм	Rq , мкм	R_{max} , мкм	S_p , мкм ²	k
0,075	0,11	0,375	0,173	0,976

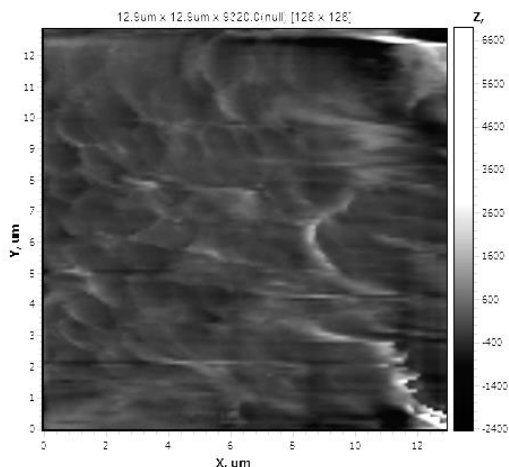


Рис. 1. Распределение условных сил трения по поверхности образца

Абсолютная погрешность при проведении исследований составляла: $\pm 0,002$ мкм.

По распределению латеральных сил, которые имеют место между индентором атомно-силового микроскопа и поверхностью инструмента при ее исследовании было установлено распределение среднестатистических значений силы трения (в условных единицах) (рис. 1) – более светлые фрагменты соответствуют большему значению силы трения.

Как видно, поверхность инструмента после чистового шлифования, имеет достаточно низкую шероховатость (Ra 0,075). Следует также отметить, что на поверхности отсутствуют резкие переходы между впадинами и выступами, степень развития поверхности указывает, что на поверхности преобладают впадины. Распределение значений условных сил трения (рис. 1) по поверхности образца достаточно однородные, с наличием очагов дефектов с увеличенным сопротивлением трению по сравнению со средними значениями по поверхности (белые точки и пятна). Эти дефекты вызваны наличием на поверхности впадин или вершин, превышающих средние значения или налипанием других материалов, которые случайно попали на поверхность образцов.

Наличие таких дефектов, дает возможность сделать вывод, что коэффициент трения на микроуровне не постоянен и может меняться в зависимости от того с каким участком инструмента контактирует в данный момент стружка.

Во время работы инструмента контактные поверхности подвергаются износу, что приводит к ухудшению топографических характеристик поверхностей инструмента. При скоростях резания от 0,5 до 1,5 м/с главным фактором, формирующим геометрические параметры контактных поверхностей режущих инструментов из ПКНБ являются твердые включения в обрабатываемом материале (оксиды, карбиды и др.).

При встрече режущей кромки с твердыми включениями в обрабатываемом материале, последние, имея меньшую твердость, чем инструментальный материал, с большой вероятностью разрушаются на несколько частей, одни из которых царапают переднюю поверхность инструмента, оставаясь в теле стружки, а другие частицы царапают заднюю поверхность, оставаясь в теле заготовки. В результате чего можно наблюдать четкие и симметричные выступления и впадины, оставленные твердыми включениями, входящих в состав обрабатываемого материала (рис. 2).

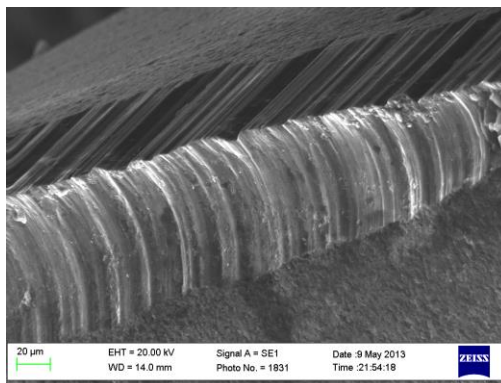


Рис. 2. Контактные участки инструмента из ПКНБ после точения стали ШХ15
 ($v = 1,0$ м/с; $S = 0,14$ мм/об; $t = 0,2$ мм)

Топографический анализ изношенных участков инструмента проводился после точения закаленной стали ШХ15 со скоростями резания 0,5-1,5 м/с при постоянных значениях подачи и глубины резания ($S = 0,14$ мм/об; $t = 0,2$ мм). Процесс точения осуществлялся до достижения износа по задней поверхности – 0,3 мм. Результаты исследований приведены в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

Топографические параметры изношенных участков инструментов из ПКНБ

v , м/с	S , мм/об	t , мм	Ra , мкм	Rq , мкм	R_{max} , мкм	$S_{п}$, мкм ²	k
0,5	0,14	0,2	0,108	0,159	0,540	168	1,03
1,0			0,142	0,200	0,639	180	0,938
1,5			0,190	0,221	0,855	186	0,908

При точении инструментом из ПКНБ со скоростью резания 0,5 м/с, контактные участки инструмента подвергаются абразивному износу, в результате чего высота микронеровностей в зоне контакта возрастает до Ra 0,108.

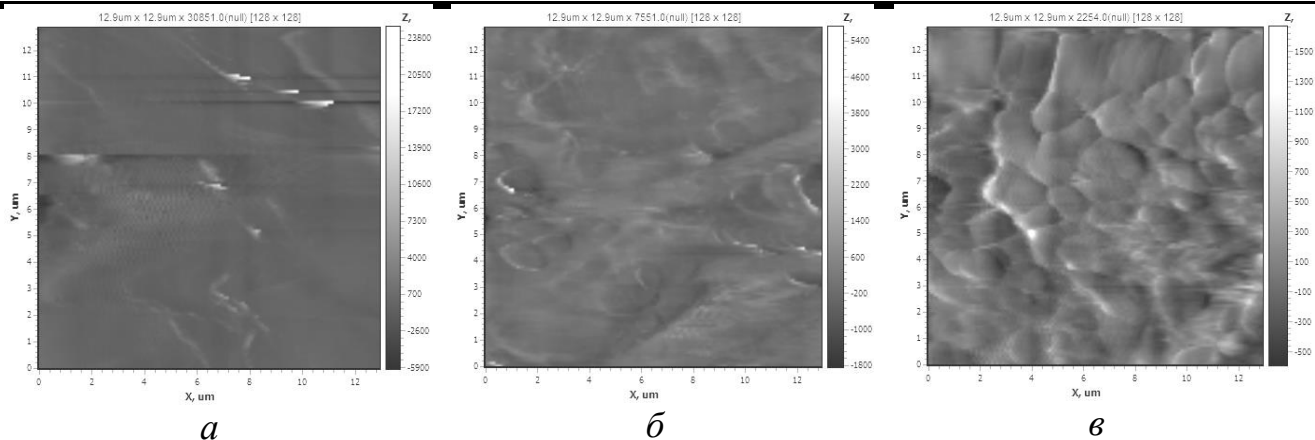


Рис. 2. Распределение условных сил трения на изношенных участках инструмента:
 $a - v = 0,5$ м/с; $б - v = 1,0$ м/с; $в - v = 1,5$ м/с

Увеличение скорости резания до 1,0 м/с ведет к уменьшению длины контакта стружки с передней поверхностью инструмента, что приводит к увеличению нагрузок на контактных участках. Изменение скорости резания и размеров пятна контакта приводит к тому, что поверхность выступов микронеровностей по радиусу закругления разрушается и стирается приобретая вид отдельных локальных впадин и вершин небольшого размера (0,02-0,05 мкм), при этом высота микронеровностей возрастает до Ra 0,142 за счет увеличения глубины впадин. Коэффициент развития поверхности $k < 1$ (преобладают впадины), это свидетельствует об увеличении развития поверхности в зоне контакта за счет образования новых микронеровностей.

Дальнейшее увеличение скорости резания до 1,5 м/с ведет к еще большему развитию поверхности ($k < 1$), увеличению количества микронеровностей и их высоты Ra 0,190, а также изменения вида самых микронеровностей – они характеризуются более густыми, острозаточенными вершинами и впадинами.

Анализ распределения значений условных сил трения на изношенных участках инструмента (рис. 2) показывает увеличение сопротивления трению поверхности контакта с ее износом, что связано с увеличением степени развития поверхности, образованием новых микронеровностей и изменением их формы. Однако следует отметить, что с увеличением скорости резания до 1,0-1,5 м/с, развитие микронеровностей обуславливает на поверхности инструмента рост сил трения (светлые участки на рис. 2, a , $б$, $в$). Это позволяет предположить, что на микроуровне коэффициент трения на отдельных участках контакта не постоянный, наличие зон с ухудшенными условиями трения, таких как впадины, выступы, дефекты образованные при обработке поверхности инструмента, а также налипсы обрабатываемого материала, способствуют интенсификации протекания адгезионных процессов схватывания между инструментальным и обрабатываемым материалом.

Выводы

На основе анализа профилограмм профиля изношенных участков инструментов из ПКНБ установлено среднеарифметическое (Ra), среднее (Rq) отклонение профиля поверхности от средней линии и максимальную (R_{max}) высоту неровностей профиля, который сформировался на передней поверхности инструмента в процессе точения. Показано, что увеличение скорости резания в диапазоне от 0,5 до 1,5 м/с приводит к монотонному увеличению высоты микронеровностей в зоне контакта вследствие протекания механохимических процессов износа на рабочих поверхностях инструментов из ПКНБ.

Список литературы

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6-и т. / Под общей ред. Н.В. Новикова. – Т.5: Обработка материалов лезвийным инструментом / Под ред. С.А. Клименко. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2006. – 316 с.
2. Клименко С. А. Высокотемпературные явления при обработке материалов резанием / С. А. Клименко, А. С. Манохин // Надійність інструменту і оптимізація технологічних систем. Зб. наук. пр. – Краматорськ. – 2011. – № 28. – С. 61 – 65.