

УДК 621.9

## Исследование механических и физико-химических процессов, протекающих на контактных поверхностях минералокерамического режущего инструмента

Д.А. Бекташов, канд. техн. наук, А.А. Крапостин, асп.

Исследованы механические, физические и химические процессы, протекающие на контактных поверхностях минералокерамического инструмента при резании. Приведены фотографии контактных поверхностей, а также концентрационные кривые микрозондовых исследований.

*Ключевые слова:* точение, режущие пластины, минералокерамика.

## Study mechanical and physicochemical of processes taking place on mineral ceramic cutting instrument areas of contact

D.A. Bektashov, Candidates of Engineering, A.A. Krapostin, Post Graduate Student

Mechanical, physical and chemical processes taking place on mineral ceramic cutting instrument areas of contact are investigated in operation. Pictures of areas of contact and microprobe investigation concentration – response curves are produced.

*Key words:* turning, cutter blade, mineral ceramic.

**Введение.** Прогресс современного машиностроительного производства неразрывно связан с интенсификацией процессов механической обработки, возможности которой в значительной степени зависят от надежности и работоспособности применяемого режущего инструмента.

Применение режущего инструмента из минералокерамики позволяет значительно увеличить производительность обработки, особенно на чистовых режимах. Однако широкому распространению этого инструмента мешает низкая надежность, вызванная его повышенной хрупкостью. Стойкость и надежность являются взаимосвязанными и важнейшими технологическими характеристиками режущего инструмента. Известно, что изучение механизмов разрушения инструмента при резании позволяет изыскать пути повышения его стойкости. Повышение надежности минералокерамического режущего инструмента является актуальной задачей современного машиностроения [1].

Целью данной работы являлось изыскание путей повышения износостойкости и надежности минералокерамического инструмента на основе анализа механизмов его микроразрушения. Изучив эти механизмы, можно экспериментальным путем определить оптимальные режимы резания, провести стойкостные испытания, определить основные параметры надежности и дать рекомендации по применению покрытий.

**Методика проведения экспериментальных исследований.** Исследовался процесс резания инструментом из минералокерамики ВОК-200, а также из минералокерамики с покрытиями ВОК-200 + TiN и ВОК-200 + (Zr + Hf)N.

В качестве обрабатываемого материала использовались углеродистые стали: сталь 35, сталь 40, сталь 45 и нержавеющая сталь 12Х18Н10Т. Режимы резания:  $t = 0,5–1,5$  мм,  $S = 0,1–0,3$  мм/об,  $V = 400–600$  м/мин.

При проведении исследований использовался резец с механическим креплением режущих четырехгранных пластин, которые имели следующую геометрию режущей части:  $\alpha = 7^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi' = 45^\circ$ . Выбор геометрии режущей части диктовался условиями подготовки образцов для рентгеноструктурного исследования.

Исследования качественного состояния контактных слоев проводились с использованием растровой (РЭМ) и оптической электронной микроскопии (ПЭМ), рентгеноструктурного и микрозондового анализов [2].

Покрытия на минералокерамику наносились методом конденсации и ионной бомбардировки (КИБ).

**Исследование механо-физико-химических процессов, протекающих на контактных поверхностях инструмента при резании.** Микрофотографические исследования рабочих поверхностей инструмента показали, что весь применяемый минералокерамический режущий инструмент на всех используемых режимах резания выходит из строя в результате хрупкого скола. В начальный период резания на площадках контакта образуются микросколы, являющиеся результатом адгезионного взаимодействия с обрабатываемым материалом.

По результатам фрактографических исследований режущей пластины, изготовленной из ВОК-200 (рис. 1), установлено, что при точении стали 45 ( $V = 600$  м/мин,  $S = 0,1$  мм/об,  $t = 1$  мм) наблюдался хрупкий скол. Характерной особенностью микроскола являлся отчетливо выраженный кристаллографический характер развития трещины.



Рис. 1. Фотография ступенек скола на поверхности излома режущей пластины, изготовленной из BOK-200 (увеличение 390)

При анализе фотографии было установлено, что трещина распространяется преимущественно вдоль определенных кристаллографических плоскостей со скоростями, зависящими от кристаллографических направлений движения ее фронта. Преимущественное распространение скалывающихся трещин вызывает появление на поверхности разрушения характерных ступенек скола. Есть все основания связывать детали микрорельефа на поверхностях скола с проявлениями взаимодействия дислокационной структуры с фронтом движущейся трещины.

В частности, взаимодействие винтовых дислокаций с фронтом трещин объясняется образованием ступенек скола. Предполагается, что фронт трещины при встрече с винтовой дислокацией движется дальше на двух различных уровнях, которые должны соединяться ступенькой скола с вектором Бюргерса. Многократное повторение этого процесса приводит к появлению более крупных ступенек скола. Экспериментальным подтверждением таких представлений о природе ступенек скола может служить факт резкого увеличения числа ступенек скола при пересечении фронтом трещины границ, имеющих заметную компоненту кручения.

При распространении трещины через границы, разделяющие области с разной ориентацией кристаллической решетки, происходит ее реиницирование по другую сторону границы. Когда прямолинейный фронт трещины выходит на границу раздела, он инициирует развитие скола в областях, где создается благоприятное для скола сочетание сопряжения кристаллической решетки, дефектной структуры и концентрации напряжений.

В результате вновь образовавшиеся трещины развиваются по другую сторону границы раздела сначала независимо друг от друга, а затем, когда их поля напряжений начинают взаимодействовать, сливаются с образованием нового непрерывного фронта трещины. Однако его прямолинейные достаточно протяженные участки соединяются при этом ступеньками скола, ко-

торые образуют на поверхности разрушения развитый рельеф, называемый речным узором. Накопление микротрещин способствует развитию макротрещин, называемых магистральными, из-за которых происходит хрупкий скол. При достижении величины фаски износа по задней поверхности  $h = 0,4$  мм, как правило, происходит макроскол рабочей части режущей пластины.

По результатам фрактографических исследований пластины, изготовленной из BOK-200+TiN (рис. 2), установлено, что при точении стали 45 ( $V = 600$  м/мин,  $S = 0,1$  мм/об,  $t = 1$  мм) тоже наблюдался хрупкий скол, кроме того, в отличие от BOK-200, наблюдалось коррозионное растрескивание контактных поверхностей, вызванное интенсивным окислительным процессом.



Рис. 2. Фотография ступенек скола на поверхности излома режущей пластины, изготовленной из BOK-200+TiN (увеличение 390)

На рис. 2 видны ярко выраженные черные пятна, присущие окислительному изнашиванию.

Основные сколы наблюдаются в черных областях, что свидетельствует об интенсификации окислительного вида изнашивания [3].

Это подтверждают и микрозондовые исследования контактных площадок изношенного инструмента. Они показали наличие повышенного содержания кислорода. Более того, резкое увеличение концентрации кислорода отмечается в тех точках контактной поверхности, где фиксируется также высокое содержание Ti и Al (рис. 3). Поэтому можно сделать вывод, что присутствие титана интенсифицирует окислительные процессы в алюминий-содержащей инструментальной основе.

Результаты фрактографических исследований режущей пластины показаны на рис. 4.

По результатам исследований пластины, изготовленной из BOK-200+(Zr + Hf)N, установлено, что при точении стали 45 ( $V = 600$  м/мин,  $S = 0,1$  мм/об,  $t = 1$  мм) на поверхности излома четко выражены участки с микроструктурными деталями, характерными хрупко-вязкому излому.

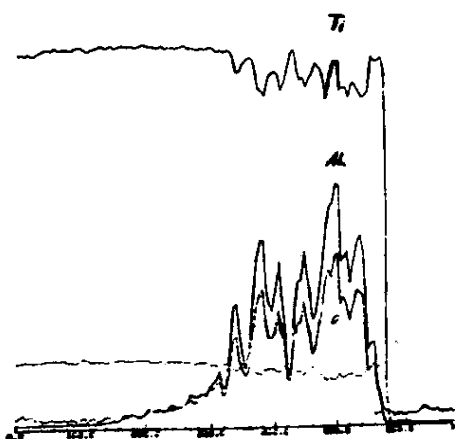


Рис. 3. Концентрационные кривые O, Ti, Al микрорамановых исследований на контактных площадках изношенного инструмента, изготовленного из BOK-200+TiN



Рис. 4. Фотография ямочного излома на поверхности разрушения режущей пластины, изготовленной из BOK-200+(Zr+Hf)N (увеличение 480)

Образование и формирование трещин происходит по механизму межзеренного проскальзывания с последующим кавитационным разрушением. В развитии кавитационного раз-

рушения можно проследить следующие последовательные стадии:

- 1) зарождение пор;
- 2) рост пор;
- 3) коалесценция пор и формирование трещин;
- 4) распространение магистральной трещины.

### Заключение

Режущий инструмент в процессе резания разрушается хрупко во всем исследуемом диапазоне режимов резания. У пластин, изготовленных из BOK-200 и BOK-200+TiN, наблюдается хрупкий скол, а у пластин, изготовленных из BOK-200+(Zr + Hf)N, наблюдается хрупко-вязкий скол.

Установлено влияние физико-химических процессов, протекающих между контактными поверхностями и внешней средой при резании, на изнашивание минералокерамического инструмента.

Выявлено преобладающее окислительное изнашивание инструмента с нитридотитановым покрытием, которое является результатом взаимодействия элементов покрытия, инструментальной матрицы и внешней среды.

Предельным значением износа для данных условий резания следует считать величину фаски по задней поверхности  $h = 0,4$  мм. При дальнейшем резании происходит хрупкое разрушение инструмента.

### Список литературы

1. Куликов М.Ю., Бекташов Д.А., Дубов В.Е. Физическая природа и обобщенный механизм изнашивания различных инструментальных материалов // Образование, наука, технологии производства. – Норильск, 2001. – С. 37–38.
2. Куликов М.Ю., Бекташов Д.А., Дубов В.Е. Исследование механизмов разрушения минералокерамического режущего инструмента // Резание и инструмент в технологических системах: науч.-техн. сб. № 60. – Харьков: ХГПУ, 2001. – С. 108–110.
3. Куликов М.Ю., Бекташов Д.А., Дубов В.Е., Стариков А.В. Теплофизическая природа изнашивания инструмента из режущей керамики // сб. тр. Междунар. науч.-практич. конф. «Производство, технология, экология» (ПРОТЭК 2001). – Москва: МГТУ «Станкин», 2001. – С. 323–325.

*Бекташов Дмитрий Алиевич,*  
ГОУВПО «Ивановская государственная текстильная академия»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроительного производства,  
адрес: г. Иваново, пр-т Фридриха Энгельса, д. 21, У-414,  
телефон (4932) 35-78-67.

*Крапостин Алексей Александрович,*  
ГОУВПО «Ивановская государственная текстильная академия»,  
аспирант кафедры технологии машиностроительного производства,  
адрес: г. Иваново, пр-т Фридриха Энгельса, д. 21, У-414,  
телефон (4932) 35-78-67.