

**Ключевые слова:**

износостойкое покрытие, труднообрабатываемые сплавы, конфокальный микроскоп

Keywords:

wear-resistant coating, difficult to machine alloys, confocal microscope

ИЗНОС ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ ПРИ ТОЧЕНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СПЛАВОВ

Владимир ЗАВГОРОДНИЙ

В статье приведены результаты, полученные при простом и сложном способе обработки деталей, изготовленных из труднообрабатываемых сплавов, и описаны полученные отличия, выявленные при помощи конфокального микроскопа μ Surf фирмы NanoFocus AG (Германия).

The paper presents the results obtained with simple and complex parts, handles made of hard alloys, and describes the differences obtained using confocal microscope revealed μ Surf company NanoFocus AG (Germany).

Детали из труднообрабатываемых сплавов широкой номенклатуры, которые в настоящее время обрабатываются на станках с ЧПУ, имеют торцовые, цилиндрические, тороидальные, конические и другие поверхности.

Торцовые поверхности у деталей типа дисков, кольцевых и корпусных деталей составляют примерно 37% общей площади обрабатываемых поверхностей, цилиндрические — 30%, тороидальные — 23%, конические — 6% и прочие поверхности — 4%. Обработка этих поверхностей на станках с ЧПУ сопровождается одновременным и непрерывным изменением нескольких параметров процесса, например, для 43,8% обрабатываемых поверхностей одновременно изменяются диаметр заготовки D и скорость резания V .

Для проведения эксперимента использовали токарный станок с ЧПУ МК7601-ФЗ, предназначенный для обработки «тел вращения». Сначала была проведена двухосевая обработка [1], затем комплексная двухсторонняя обработка деталей с применением противощпинделя, приводного инструмента, полярной координаты «С» и координаты «Y» [2]. Класс точности станка — В по ГОСТ 8-82. Максимальный диаметр обрабатываемого изделия — 275 мм. Наибольшая длина обрабатываемого изделия — 100 мм.

Заготовки для экспериментального точения представляли собой прутки диаметром 55–105 мм и длиной 95 мм. В качестве обрабатываемых материалов использовали труднообрабатываемые сплавы ХН77ТЮР (ЭИ437Б) и ХН73МБТЮР (ЭИ698).

Для обработки использовали проходные резцы с ромбической пластиной CNMG120404 с углом при вершине $\varepsilon = 93^\circ$ из твердого сплава KC5010 с покрытием TiAlN фирмы Kennametal (США), специально спроектированной для точения труднообрабатываемых сплавов.

Точение торцовых поверхностей с постоянной частотой вращения позволяло за один проход получать обработанные поверхности с различными параметрами шероховатости для последующего измерения по радиусу заготовки (рис. 1).

В экспериментальных условиях применяли следующие режимы резания:

- частота вращения $n = 300 \text{ мин}^{-1}$, что соответствует обычно применяемому на производстве скоростям резания V в диапазоне 20–70 м/мин;
- глубина резания t в интервале 0,5...1,5 мм;
- подача на один оборот S с фиксированными значениями 0,4; 0,10 и 0,16 мм/об.

Перед началом экспериментальных работ динамические характеристики инструмента и заготовки были исследованы по методике [1]. Заготовки

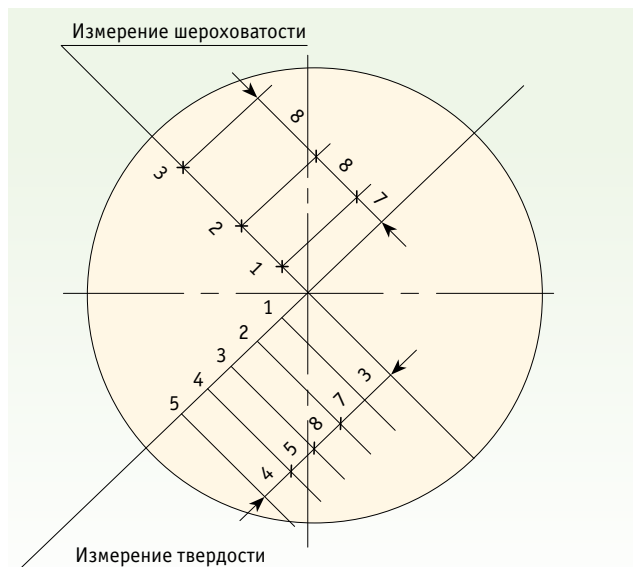


Рис. 1. Схема измерения шероховатости Ra и твердости HRC по торцу обработанной заготовки

также были аттестованы на твердомере *Equotip* фирмы *PROCEQ SA* (Швейцария). Данные измерений твердости приведены в таблице.

Твердость заготовок, измеренная по радиусу (см. рис. 1)

№	Величина радиуса, мм	Показания прибора	Твердость HRC
1	3	542	24
2	10	548	25
3	15	551	26
4	20	553	27
5	24	554	27

В общем случае очаги износа на инструменте из твердых сплавов при наростообразовании располагаются на задней и передней поверхностях — в виде площадки высотой h_3 на задней и лунки $h_л$ на передней поверхности (рис. 2, а). При работе без нароста очаги износа на передней и задней поверхностях развиваются равномерно по обе стороны от режущей кромки. При этом в каждый момент времени образуются новые режущие кромки 1, 2, 3, ..., n (рис. 2, б).

При резании труднообрабатываемых сплавов характерны условия наростообразования (рис. 2, а). С увеличением толщины среза зона максимальной температуры перемещается по передней поверхности от вершины лезвия. Превалирующий очаг износа располагается также на передней поверхности.

По мере нарастания износа пластины измеряли характерные виды износа, образующиеся наросты наблюдали в двойном микроскопе Линника и фик-

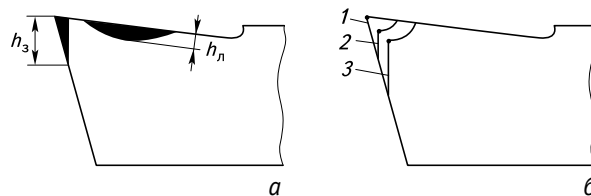


Рис. 2. Расположение очагов износа на рабочих поверхностях инструмента: а — при работе инструмента в условиях наростообразования; б — при работе без нароста

сировали цифровым аппаратом. Фотографии изношенного участка сменной многогранной пластины с увеличением $\times 100$ показывают характерный нарост на передней поверхности (рис. 3, а).

Для подтверждения влияния наростообразования на рост шероховатости при характерных скоростях порядка 20–30 м/мин осуществляли скани-

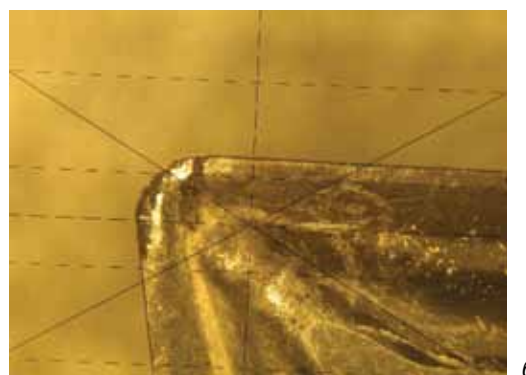
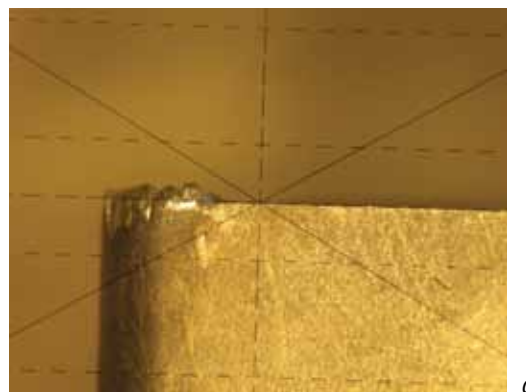


Рис. 3. Наростообразование (а) на режущей части и износ (б) сменной многогранной пластины при обработке труднообрабатываемого сплава

рование на конфокальном микроскопе $\mu Surf$ фирмы *NanoFocus AG* (Германия) (рис. 4) с бесконтактным способом определения шероховатости и разрешающей способностью 2 нм.

Конфокальный микроскоп $\mu Surf$ является новым поколением приборов с современным программным обеспечением. Он предназначен для



Рис. 4. Сканирующий микроскоп « μ Surf» фирмы NanoFocus AG

анализа и преобразования изображений поверхностей путем их сканирования.

Термин «конфокальный» означает «софокусный» — в плоскости, оптически сопряженной с фокальной плоскостью объектива, находится конфокальная диафрагма. В отличие от классического оптического микроскопа, создающего плоское изображение чаще всего трехмерного образца, конфокальный микроскоп в каждый определенный момент времени регистрирует изображение только одного горизонтального сечения объекта. Выстраивание полноценного изображения достигается путем последовательного сканирования (движения образца или оптической системы) по всему объему образца. Возможность регистрации света только из одной плоскости получена с помощью диафрагмы с малым отверстием, расположенным в плоскости, сопряженной с фокальной плоскостью объектива. Таким образом, свет, исходящий из регистрируемого сечения, проходит через диафрагму, а свет от остальных точек образца отсекается диафрагмой.

В конфокальных микроскопах объект сканируется в плоскости XY освещающим лучом. При этом в каждый момент времени освещена будет либо конкретная исследуемая точка, либо линия, но не все поле зрения целиком. Конфокаль-

ная микроскопия отличается от обычной микроскопии, в первую очередь, улучшенным разрешением вдоль оптической оси объектива (ось Z), которое достигается за счет использования принципа конфокальной фильтрации отраженных от образца лучей.

Только свет, отраженный от образца в фокусной плоскости линзы объектива может пройти обратно сквозь линзу и отверстие и влиять на построение изображения поверхности. В качестве специального фильтра в конфокальных микроскопах фирмы NanoFocus AG используется вращающийся диск с несколькими тысячами отверстий, изобретенный немецким ученым Паулем Нипковым. Диск Нипкова формирует множество точек света для создания конфокального изображения. Диск вращается и получается конфокальное изображение поверхности над полем зрения. Любая ошибка волнового фронта корректируется измерением оптически плоской поверхности. Применение принципа конфокальности приводит к значительному увеличению контрастности изображения. Именно высокая контрастность изображений, полученных на конфокальном микроскопе, позволяет значительно расширить круг задач, изучаемых оптическими методами. Несмотря на то, что максимальное эффективное увеличение в конфокальном микроскопе возрастает менее чем в 1,5 раза по сравнению с аналогичным по качеству широкопольным микроскопом, при использовании конфокального микроскопа становится возможным обнаружить тусклый объект возле объекта гораздо более яркого, даже если они явно разделимы. Кроме того, если в обычных микроскопах в качестве источника света используется ртутная или ксеноновая лампа, то в современных конфокальных микроскопах — это светодиод. Преимущество светодиодных источников света по сравнению с ламповыми — это монохроматичность генерируемого света (ширина линии генерации значительно меньше одного нанометра) и высокая параллельность пучка света.

Результаты сканирования поверхности передаются на компьютер, который формирует изображение и выводит его на экран монитора. Программное обеспечение позволяет не только оцифровать объект в системе координат XYZ, но сразу же визуализировать его как 3D-объект. При этом цифровая модель объекта может быть сохранена и задокументирована на компьютере и в дальнейшем вызвана для обработки или сравнения.

На рис. 5 отчетливо различаются остатки внедренного в поверхность нароста из обрабатываемого сплава, что было подтверждено металлографическим анализом. Частицы нароста оказывают

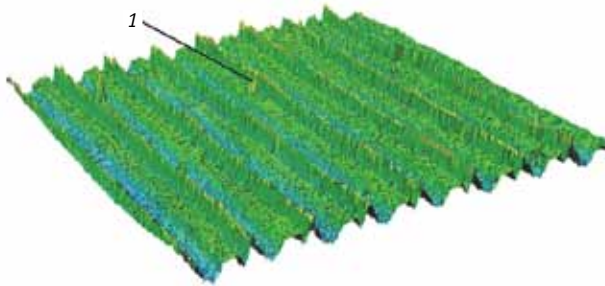


Рис. 5. Топограмма поверхности торца заготовки в точке 2 на радиусе 15 мм (см. рис. 1) после обработки на скорости резания 35,6 м/мин с подачей $S = 0,04$ мм/об и глубиной резания $t = 1,0$ мм (1 — частица нароста)

существенное влияние на качество обработанной поверхности при прецизионной обработке [2].

ВЫВОДЫ

Износ твердосплавных пластин с износостойким покрытием при точении труднообрабатываемых сплавов, в первую очередь, происходит по передней поверхности из-за регулярного образования нароста и его последующего срыва вместе с частицами нанесенного покрытия.

При формировании поверхности с высокими требованиями к шероховатости, внедрение нароста из труднообрабатываемого материала значительно ухудшает качество обработанной поверхности.

С точки зрения формирования заданных свойств обработанной поверхности износ по задней поверхности не является определяющим, так как замена инструмента по критерию качества детали должна осуществляться при величине $h_3 \leq 0,3$ мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Завгородний В.И., Козочкин М.П., Маслов А.Р., Сабиров Ф.С.* Влияние динамических характеристик инструмента и заготовки на результаты виброакустического контроля процесса резания. — М.: СТИН. 2010. № 6. С. 13–17.
2. *Маринин Г.В., Малышев С.Н., Захаревич Е.М.* Нанорезание закаленной стали // *Металлообрабатывающее оборудование*. 2008. № 8 (53). С. 18–21.

Владимир Иванович ЗАВГОРОДНИЙ —
кандидат технических наук