

УДК 621.9

А.С. Манохин, м.н.с.

С.А. Клименко, д.т.н., проф.

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля
НАН Украины*

ВЛИЯНИЕ РАДИУСА ОКРУГЛЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ БРЕЮЩЕМ ТОЧЕНИИ

Показано, что изменение радиуса округления режущей кромки инструмента, оснащенного ПСТМ, на основе КНБ, является эффективным путем управления шероховатостью обработанной поверхности при бреющем точении закаленных сталей.

Введение. Финишная обработка труднообрабатываемых материалов высокой твердости (закаленные стали, высокопрочные, отбеленные чугуны) лезвийным инструментом, оснащенным ПСТМ на основе КНБ, проводится обычно с подачами менее 0,1 мм/об. [1, 2]. При этом обеспечивается шероховатость поверхностей Ra 0,32–0,64. Маленькие подачи обуславливают актуальность работ в направлении повышения производительности процесса обработки, в частности за счет реализации обработки в условиях обратного среза. К таким процессам обработки относится бреющее точение – обработка инструментом с одной режущей кромкой, расположенной к оси детали под большим углом наклона λ .

Анализ последних исследований и публикаций. До настоящего времени для процесса бреющего точения использовались режущие инструменты, оснащенные режущей частью из твердых сплавов и быстрорежущих сталей. Они показали свою эффективность при обработке длинных деталей из сталей средней твердости и чугунов [3]. В технической литературе практически отсутствуют какие-либо данные по изучению особенностей процесса бреющего резания и применению безвершинных инструментов, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ), которые являются наиболее эффективными материалами для инструментов, используемых для обработке труднообрабатываемых железоуглеродистых сталей и сплавов [1, 2].

Одна из особенностей бреющей обработки – большая протяженность контакта инструмента с обрабатываемым изделием, следствием чего является копирование неровностей на режущей

кромке и фаске износа на задней грани резца на обработанную поверхность детали. Учитывая, что процесс изнашивания резцов, оснащенных ПСТМ на основе КНБ, особенно при приработке инструмента и высокопроизводительной обработке, характеризуется выкрашиванием режущих кромок, наиболее интенсивном в условиях, когда резание сопровождается низкочастотными колебаниями системы СПИД. Отмеченное является одной из основных причин увеличения шероховатости обработанной поверхности. Известно, что увеличения эффективности режущего инструмента можно добиться за счет изменения радиуса округления режущих кромок [4–6]. В тоже время увеличение радиуса округления режущих кромок, как свидетельствуют результаты исследований [7], интенсифицирует пластические явления, сопровождающие процесс формирования неровностей на обработанной поверхности.

Процесс обработки безвершинным инструментом за счет большой подачи, отсутствия углов в плане, а также значительной величины угла наклона режущей кромки, характеризуется специфическими особенностями в формировании шероховатости обработанной поверхности. В этой связи интерес представляет изучение возможных путей повышения качества обработки и обеспечения требуемой высоты неровностей на обработанной поверхности путем изменения радиуса округления режущей кромки инструмента.

Цель данного исследования – установить характер влияния радиуса округления режущей кромки на шероховатость поверхности, обработанной безвершинным инструментом, оснащенный ПСТМ на основе КНБ.

Основная часть. В работе использовался специальный резец, оснащенный многогранной неперетачиваемой режущей пластиной SNUN 120408 из ПСТМ на основе КНБ. Заточка производилась алмазным кругом 12A2 150x10x3 AC6 125/100 B2-014. Доводка выполнялась на специальном станке ЮФ с использованием алмазных суспензии зернистостью 27/20 и 10/7. Для получения различных радиусов округления режущие кромки инструмента притуплялись на чугунном притире алмазной пастой с зерном АСМ 10/7.

Для определения радиуса округления режущая кромка огибалась мягкой проволокой диаметром 0,1 мм. Величина радиуса определялась на просвет по фотоснимкам, выполненным на микроскопе “Neophot 21” (рис. 1). Результаты измерений усреднялись по трем образцам. Как показали измерения, после доводки по передней поверхности радиус округления режущей кромки составлял 8–16 мкм, на притупленных инструментах – 71 и 123 мкм.

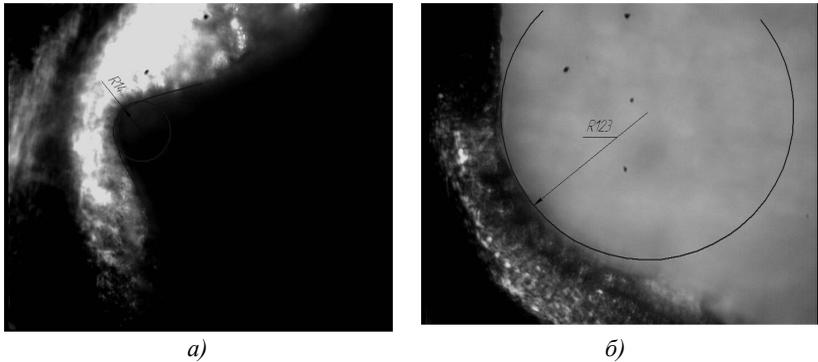


Рис. 1. След, оставленный режущей кромкой инструмента на проволоке: а) – острозаточенная кромка ($\rho = 14 \text{ мкм}$); б) – притупленная кромка ($\rho = 123 \text{ мкм}$)

Обрабатывалась заготовка из стали ШХ-15 (55 HRC). Шероховатость поверхности определялась на профилографе 170621 (параметр Ra), а также по профилограммам (параметры Rz , R_{max}).

Как видно из рис. 2, в рассматриваемых условиях высота неровностей Rz снижается с увеличением величины радиуса округления режущей кромки инструмента.

Форма неровностей (рис. 3) на обработанной поверхности также зависит, как это следует из анализа профилограмм, от радиуса округления режущей кромки инструмента ρ . Так, на вершинах неровностей поверхности, полученной при обработке острозаточенным резцом, остаются пики, сформировавшиеся из несрезанного материала, величина которых достигает 4 мкм при расчетной высоте неровностей 4,8 мкм.

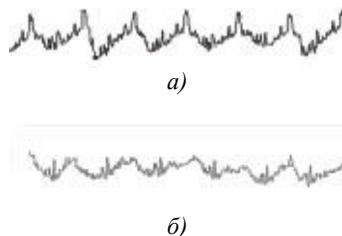
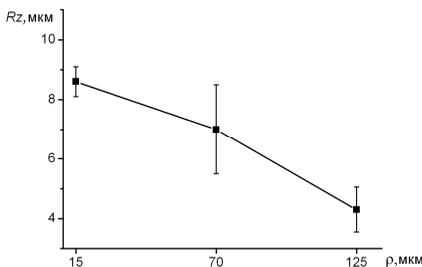


Рис. 2. Зависимость высоты неровностей от радиуса округления режущей кромки инструмента

$$(S = 0,67 \text{ мм/об.}; t = 0,15 \text{ мм}; \\ v = 1,15 \text{ м/с}; \lambda = 60^\circ)$$

Рис. 3. Профилограммы с обработанной поверхности ($t = 0,125 \text{ мм}; v = 1,15 \text{ м/с}; \lambda = 60^\circ$):

$$a - \rho = 10 \text{ мкм}; \\ б - \rho = 123 \text{ мкм}$$

В отличие от острозаточенного, инструмент с притупленной кромкой формирует неровности меньшей высоты, форма которых имеет более выраженный стохастический характер.

Прирост фактической высоты неровностей при брющем точении, по сравнению с расчетными значениями, связан с тем, что в области, прилегающей к точке входа лезвия в обрабатываемый материал, происходит разделение металла припуска на частично срезанную, упруго-пластически подмятую под заднюю поверхность и отгесненную в направлении вектора скорости резания части, с последующим переходом последней в формирующуюся вершину неровности.

Значительное влияние пластических явлений в зоне резания на механизм образования неровностей связан также с тем, что для брющего резания характерна малая толщина среза, сопоставимая с величиной радиуса округления кромки инструмента.

В соответствии с теорией И.В. Крагельского в работе [6] величина пластического отгеснения при резании определяется по формуле:

$$b_{\text{сдв}} = 0,5\sigma \left(1 - \frac{2\tau_a}{\sigma_T} \right), \quad (1)$$

где τ_a , σ_T – адгезионная составляющая сдвиговой прочности и предел текучести обрабатываемого материала соответственно.

Как видно, эффект выдавливания материала припуска в вершины неровностей должен сильнее проявляться при обработке резцом с большим ρ , однако на практике, в рассматриваемом случае, значительного прироста высоты неровностей не наблюдается, что, по-видимому, обусловлено выглаживающим эффектом со стороны задней поверхности инструмента с большей величиной ρ .

Исследования показали, что при точении резцом с большим радиусом округления режущей кромки ($\rho = 123 \text{ мкм}$) и подачи $S = 0,67 \text{ мм/об.}$ устойчивая работа инструмента наблюдается при величине угла наклона режущей кромки $\lambda = 30^\circ$ (рис. 4). Снижение угла

наклона режущей кромки до 20° способствует уменьшению высоты неровностей, однако вызывает возникновение вибраций.

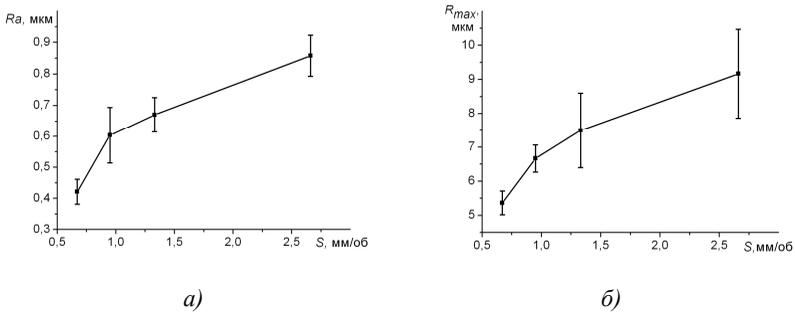


Рис. 4. Зависимость высоты неровностей по параметрам Ra (а) и R_{max} (б) от величины подачи (ρ = 123 мкм; t = 0,15 мм; v = 1,15 м/с; λ = 30°)

Как следует из представленных на рис. 4 зависимостей, высота неровностей обработанной поверхности интенсивно возрастает с увеличением подачи до 1,0 мм/об. С дальнейшим ростом подачи шероховатость обработанной поверхности увеличивается менее интенсивно.

Необходимо отметить, что с увеличением диаметра обрабатываемой детали шероховатость ее поверхности снижается. Это главным образом связано с условиями сопряжения режущей кромки инструмента и обрабатываемой детали. С учетом радиуса обрабатываемой детали в [8] предложена зависимость для определения высоты неровностей на обработанной поверхности Rz при брещущем точении:

$$Rz = \frac{S^2 \operatorname{tg}^2 \lambda}{4(2R - 2t)}, \quad (2)$$

где R – радиус обрабатываемой детали; t – глубина резания.

При большем диаметре вершины образовавшихся неровностей могут срезаться при очередном обороте детали. Условие, при котором возможно проявление данного эффекта, выражается зависимостью:

$$Rz \geq \sqrt{(R - t)^2 + (S \cdot \operatorname{tg} \lambda)^2} - (R - t). \quad (3)$$

Вывод. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности применения безвершинного инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ, с целью повышения производительности

чистовой обработки закаленных сталей. При этом, важным вопросом является предварительная заточка и доводка инструмент с обеспечением необходимой величины радиуса округления режущей кромки. При брешом точении резцами, оснащенными ПСТМ на основе КНБ, с условиями резания $t = 0,15$ мм; $S = 0,67$ мм/об.; $\lambda = 30^\circ$; $\rho = 120\text{--}125$ мкм, обеспечивается высота неровностей на обработанной поверхности $Rz = 7,0$ ($Ra = 0,7$).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – М: Машиностроение, 2005. – 555 с.
2. 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. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2006. – 316 с.
3. Байкалов А.К., Халфен Р.В. Образование обработанной поверхности при чистовом точении с большими подачами // Физические явления при деформирующем протягивании и резании пластичных металлов: Сб. науч. тр. – Киев: ИСМ, 1978. – С. 148–163.
4. Дьяченко П.Е. Исследование зависимости микрогеометрии поверхности от условий механической обработки. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – 128 с.
5. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. – Киев: Наук. думка, 1994. – 181 с.
6. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
7. Thiele J.D., Melkote Sh.N. Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface generation in the finish hard turning of AISI 52100 steel // Journal of Materials Processing Technology. – 1999. – 94. – P. 216–226.
8. Рамунаджачари И.В.С. Исследование косоугольного безвершинного тонкого точения: Автореф...дис. к.т.н. – Ленинград, 1969. – 21 с.

МАНОХИН Андрей Сергеевич – младший научный сотрудник Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- обработка материалов резанием;
- режущие инструменты;
- повышение работоспособности режущих инструментов.

КЛИМЕНКО Сергей Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- обработка материалов резанием.

Подано 22.08.2007