

tatsii dopovidei Mizhn. nauk.-tekh. konf. «Novyye i netraditsionnyye tekhnologii v resurso- i energoberezhenii» [Power parameters of cutting in adaptive machine control systems. Abstracts of Int. sci.-techn. conf. «New and non-traditional technologies in resource and energy saving»]. Kiev, 2010, pp. 77-81. (Rus.).

9. Ivanov I.E., Novikov F.V., Ivanov E.I. *Vysokoeffektivnaya tekhnologiya izgotovleniya rez'bovykh otverstiy v gorlovinakh ballonov na avtomaticheskikh liniyakh* [Highly efficient technology for manufacturing threaded holes in the neck of cylinders on automatic lines]. Mariupol, PSTU Publ., 2011. 209 p. (Rus.).

Рецензент: С.С. Самогугин
д-р техн. наук, проф, ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 23.04.2018

УДК 621.923.74

doi: 10.31498/2225-6733.36.2018.142543

© Бурлаков В.И.¹, Матейко Я.В.²

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ ОБРАЗЦА ИЗ СВЕРХТВЕРДОЙ КЕРАМИКИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ И РАДИУС СКРУГЛЕНИЯ КРОМКИ

В статье показаны исследования влияния времени обработки вибрационным способом абразивной смесью, состоящей из 15% алмазного зерна марки УДА и монокорунда, на качество поверхности образца, выполненного из сверхтвердой керамики, и на получаемый радиус скругления кромки.

Ключевые слова: *вибрационная обработка, монокорунд, поверхность образца, сверхтвердая керамика, радиус скругления кромки.*

Бурлаков В.И., Матейко Я.В. Вплив часу обробки зразка з надтвердої кераміки на якість поверхні та радіус округлення країв. У статті показані дослідження впливу часу обробки вібраційним способом абразивною сумішшю, що складається з 15% алмазного зерна марки УДА і монокорунду, на якість поверхні зразка, виконаного з надтвердої кераміки, і на одержуваний радіус заокруглення кромки. Зразки досліджувалися з кубічного нітриду бору, який має виняткову твердість в гарячому стані, що дозволяє використовувати його при дуже високих швидкостях різання. Він також характеризується доброю міцністю і термостійкістю. Важливе місце в дослідженні процесу вібраційної обробки надтвердої кераміки займає дослідження якості обробленої поверхні, яке оцінювали величиною залишкової задирки, висотою мікро-нерівностей поверхні деталі. При вібраційній обробці підвищення продуктивності обробки не тягне погіршення шорсткості поверхні у зв'язку зі здійсненням процесу притирання, що досягалося шляхом підбору амплітуди вібрації. У процесі зняття стружки при алмазному шліфуванні кераміки беруть участь окремі алмазні зерна в сукупності зі зв'язкою кола. При вивченні характеру руйнування поверхні кераміки алмазним зерном встановили, що зерно на початку і в кінці подрятини залишає чіткий слід без явних відколів по краях сліду. Алмазне зерно, володіючи достатньою твердістю, відразу ж при контакті з матеріалом починає зрізати стружку. Середня ж частина подрятини на всьому протязі має по краях значні вириви. Поява відколів при досягненні певної глибини впровадження зерна пояснюється тим, що зі збільшенням глибини різання в роботу вступають все нові кромки алмазного зер-

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь

² студент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь.

на, в зв'язку з чим зростають сили мікрорізання в зоні його контакту з матеріалом зразка і спостерігаються, поряд з утворенням високодисперсною стружки, великі ділянки виривів. Виникаючі при шліфуванні сили обумовлюють стійкість алмазних кіл, якість обробки і дозволяють обирати раціональні технічні параметри. Необхідність скруглення кромки можна обґрунтувати комплексом завдань, що стоять перед технологами. Це й чистота поверхні при обробці, й зменшення зносу ріжучої кромки. Величина радіусу заокруглення різальних крайок і швидкість його утворення є функціями часу обробки, розміру і типу абразивного зерна. Зазначені параметри підбирають емпірично в кожному конкретному випадку.

Ключові слова: вібраційна обробка, монокорунд, поверхня зразка, надтверда кераміка, радіус скруглення країв.

V.I. Burlakov, Ia.V. Mateiko. Influence of processing time of a superhard ceramics sample on surface quality and edge rounding radius. The article shows studies of the influence of vibration treatment time of an abrasive mixture consisting of 15% Type UDD diamond grains and monocorundum, on the surface quality of a sample made of superhard ceramics and the resulting radius of edge rounding. The studied samples were obtained from cubic boron nitride; it being extremely hard in hot state, which makes it possible to use it at very high cutting speeds. It is also characterized by good strength and heat resistance. The investigation of the quality of the treated surface, estimated by the magnitude of the residual burr and the height of the microroughness of the surface of the part is very important in the study of vibrating processing of superhard ceramics. In vibration treatment, an increase in the processing capacity does not lead to a deterioration in the surface roughness due to the lapping process, which was achieved by selecting the vibration amplitude. In the process of chip removal during the diamond grinding of ceramics, individual diamond grains are involved, as well as the bundle of the circle. When studying the nature of the destruction of the ceramic surface by diamond grains, it was found that the grain leaves a clear trace without obvious chipping along the edges of the track at the beginning and at the end of the scratch. Diamond grain, having a sufficient hardness, begins to cut the shavings immediately after contact with the material. But the middle part of the scratch along the entire length has significant breaks along the edges. The arising of chips when a certain depth of grain penetration is reached is explained by the fact that with the increase in cutting depth, some new edges of the diamond grain come into operation, which results in the microcutting forces increase in the zone of the contact with the sample material, formation of highly dispersed chips and large breaks. The forces arising during grinding result in good endurance of diamond wheels, high quality of processing, and make it possible to choose rational technical parameters. The necessity of edge rounding can be justified by the complex of tasks facing the technologists. This is the cleanliness of the surface during machining and the cutting edge wear reduction. The cutting edges rounding radius and the speed of its formation are functions of the processing time, size and type of abrasive grain. These parameters are chosen empirically in a specific instance.

Keywords: vibration treatment, monocorund, surface of the sample, superhard ceramics, radius of edge rounding.

Постановка проблеми. Актуальною науково-технічною задачею применительно к вибрационной обработке является подбор оптимального времени обработки образцов из сверхтвердой керамики, способствующего получению приемлемого качества обработанной поверхности и необходимого радиуса скругления кромки.

Анализ последних исследований и публикаций. Идея обработки керамики прогрессивными и производительными методами является актуальной. Данная проблема поднималась: А.А. Шульженко, и С.А. Божко [1], рассматривавшими применения кубического нитрида бора, Е.И. Бельским [2], занимавшимся проблемами новых инструментов и технологий, Научно-

исследовательским институтом сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля, решающим проблемы применения и обработки сверхтвердой керамики [3], С.П. Проволоцким, С.Л. Лапшиным и В.М. Негруб [4], посвятившим себя проблемам формообразования поверхностей.

Цель статьи – показать, что вибрационной обработкой возможно обрабатывать сверхтвердую керамику и добиваться приемлемых результатов.

Изложение основного материала. Важное место в процессе вибрационной обработки сверхтвердой керамики занимает исследование качества обработанной поверхности, которое оценивали высотой микронеровностей поверхности образца. Одним из этапов исследования было определение времени для достижения приемлемой шероховатости и требуемого радиуса скругления кромки.

Обрабатывались образцы ПСТМ на основе КНБ с формо-размерами: квадратная пластина 12,7×12,7×3,0 мм (марка «Борсинит», твердость НК 38-40 ГПа) и цилиндр Ø7,5×5,0 мм (марка «Композит 05ИТ», твердость НК 18-20 ГПа).

В качестве рабочей среды использовались суспензии с порошком монокорунда зернистостью по ФЕПА F100 – (по ГОСТ Р 52381-2005 зерно 125-150 микрон), порошком ультрадисперсного алмаза УДМ в концентрации 15%.

Качество поверхности определялось на бесконтактном интерференционном 3-D профилеграфе «Micron-alpha». Через каждые 10 минут обработки по несколько образцов извлекались из рабочего контейнера и на профилометре определялась высота микронеровности после обработки. На рисунке 1 представлены профилограммы поверхности образцов из сверхтвердой керамики после 10 минут обработки абразивным материалом (монокорунд + 15% УДА) – ультрадисперсным алмазом.

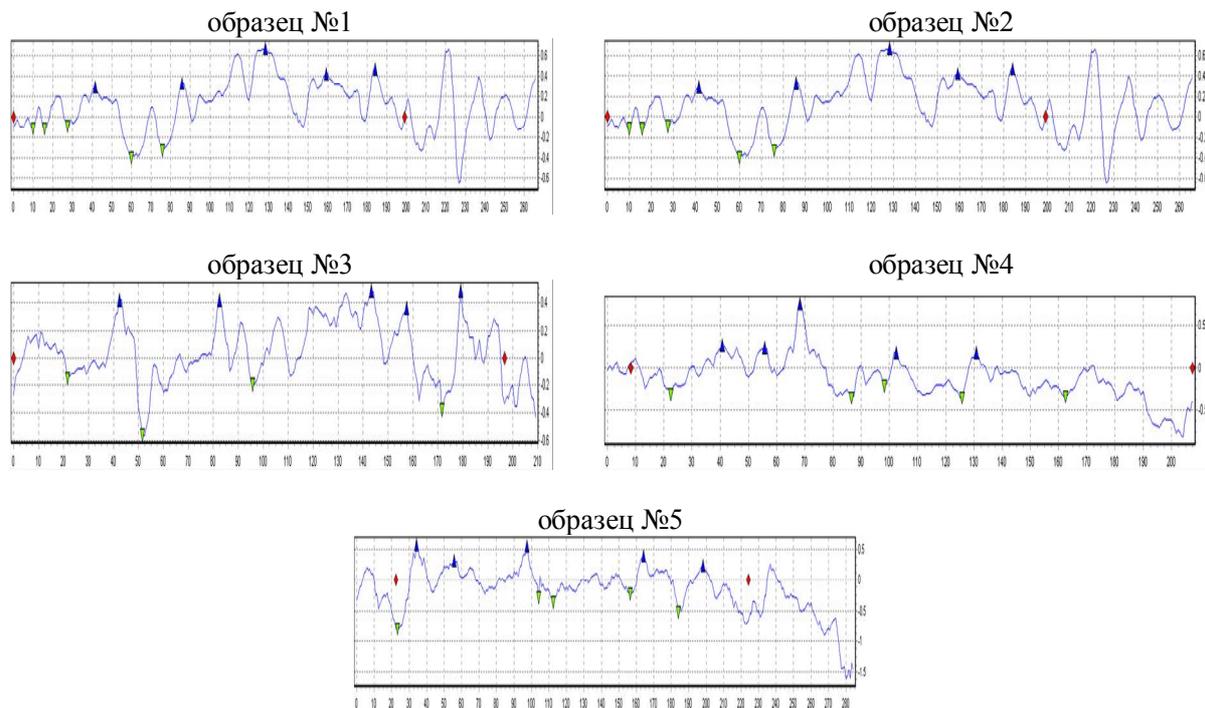


Рис. 1 – Профилограммы поверхности образца после 10 минут обработки. Инд. результаты: образец №1, угол 0, $Ra(1) = 0,2255$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №2, угол 36, $Ra(2) = 0,3262$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №4, угол 108, $Ra(4) = 0,2099$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №5, угол 144, $Ra(5) = 0,1907$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$)

Шероховатость поверхности измерялась по пяти направлениям, представленным на рисунке 2, для исключения случайного результата.

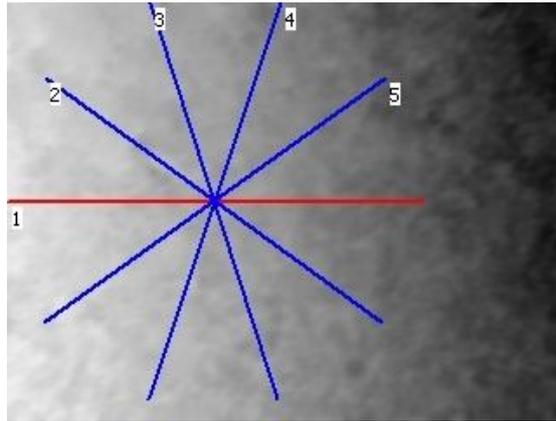


Рис. 2 – Ориентация направлений для снятия высоты микронеровностей по поверхности каждого образца

На рисунке 3 представлены профилограммы поверхности образцов после 30 минут обработки по тем же пяти направлениям.

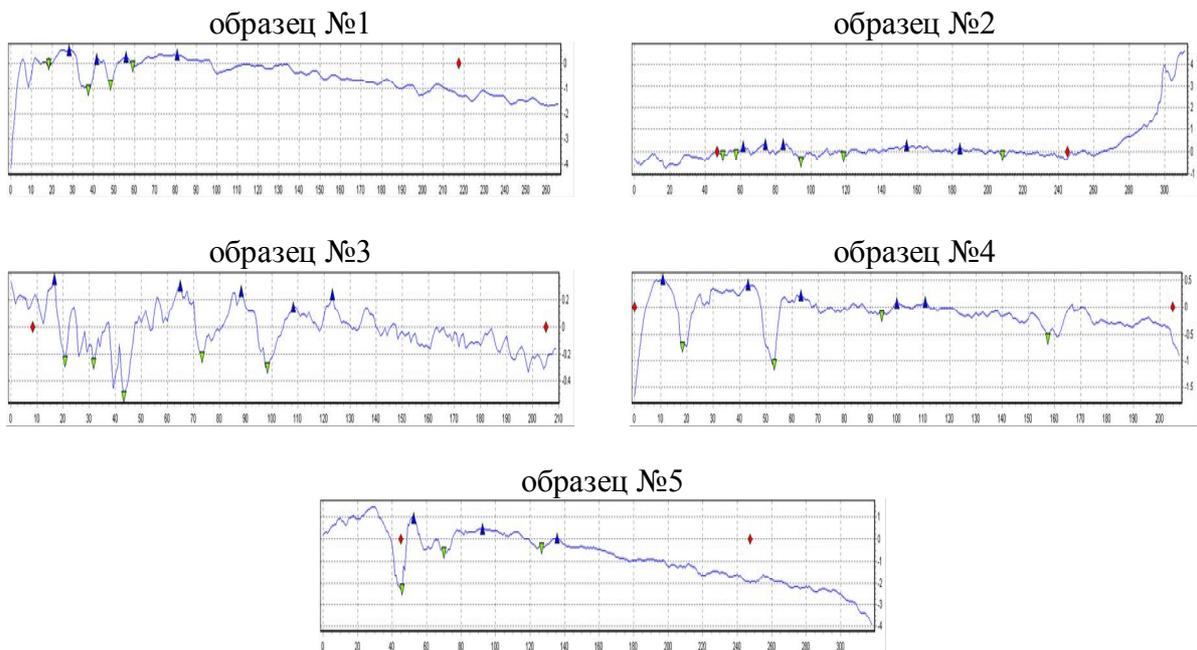


Рис. 3 – Профилограммы поверхности образца за 30 минут обработки. Инд. результаты: образец №1, угол 0, $Ra(1) = 0,4489$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №2, угол 36, $Ra(2) = 0,1196$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №3, угол 72 образец №4, Angle 108, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №5, угол 144 $Ra(3) = 0,1269$ $Ra(4) = 0,2296$, $Ra(5) = 0,7324$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$)

На рисунке 4 представлены профилограммы после 40 минут обработки.

Исследования показали, что согласно профилограммам обработки поверхности (рис. 1, 3, 4) после 10, 30, и 40 минут обработки можно сделать однозначный вывод о том, что наименьшая шероховатость оказалась равной $Ra(3) = 0,1269$ мкм после 30 минут обработки. Подтверждением этих выводов служат изображения фрагментов поверхностей, по которым производилась обработка. Из них видно, что наиболее ровной оказалась поверхность, представленная на рис. 5-а, которая отвечает именно 30 минутам обработки. Ниже (рис. 5) приведены фрагменты поверхностей после обработки.

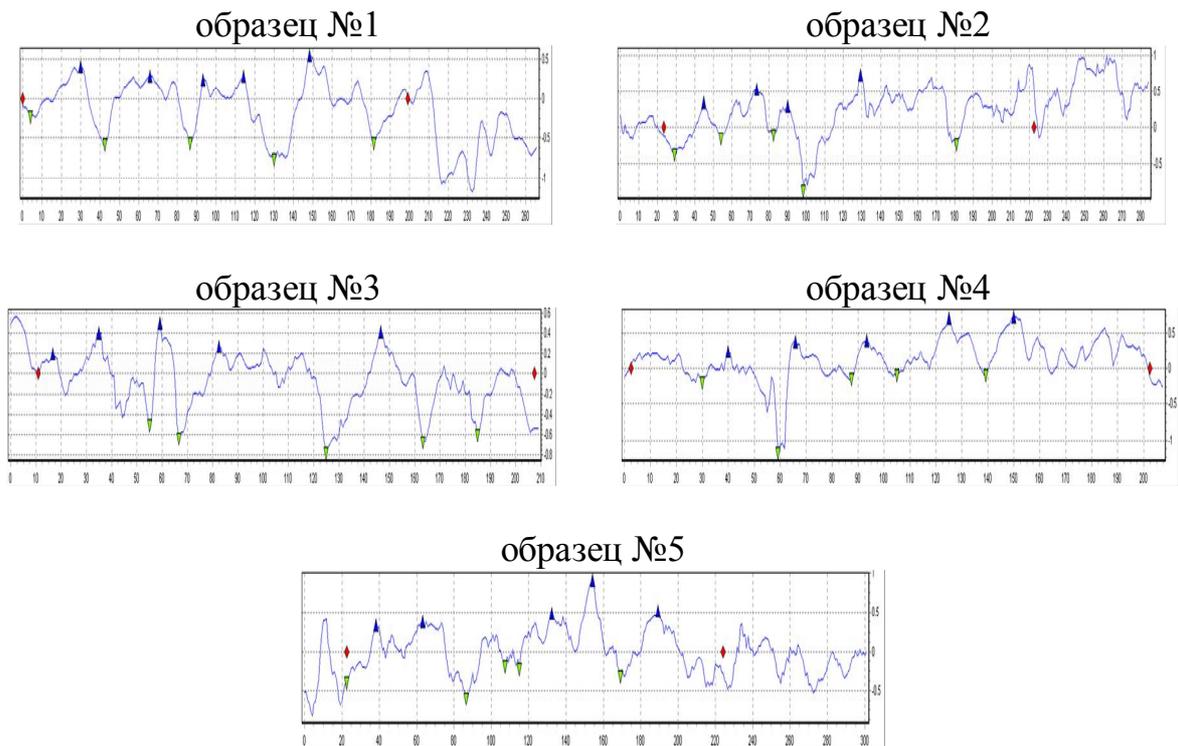


Рис. 4 – Профилограммы поверхности образца за 40 минут обработки. Инд. результаты: образец №1, угол 0, $Ra(1) = 0,2337$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №2, угол 36, $Ra(2) = 0,3139$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$), образец №3, угол 144, $Ra(3) = 0,2127$, образец №4, угол, $Ra(4) = 0,2302$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$)108, образец №5, угол 72, $Ra(5) = 0,2434$, Ra в допуске ($Lim = 5,119$).

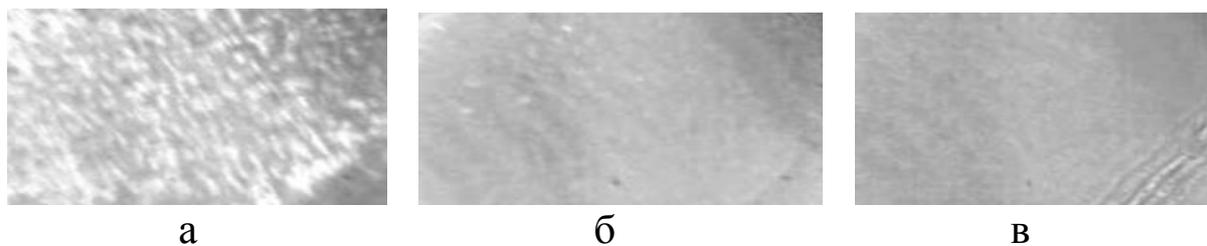


Рис. 5 – Состояние поверхности образца после: а – 10 минут обработки; б – 30 минут обработки, в – 40 минут обработки

Визуально данные профилограмм подтверждают микрофотографии поверхности образцов после различной по времени обработки, наиболее чисто был обработан образец при 30 минутах обработки ($Ra = 0,1269$ мкм).

На основании данных профилограмм построен график (рис. 6) зависимости параметра шероховатости поверхности от времени обработки.

Анализируя график зависимости величины радиуса скругления кромки от времени обработки, представленный на рисунке 6, можно увидеть максимум, приходящийся на 30 минут обработки. После чего дальнейшая обработка зависит от потребности в величине такого радиуса, так как он начинает резко уменьшаться. Это объясняется неспособностью абразивного зерна произвести сьем материала.

Как было установлено ранее, сьем металла зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала. Тогда и время удаления микронеровности также будет зависеть от

этого параметра. Зная влияние физико-механических свойств обрабатываемых образцов при вибрационной обработке и интенсивность съема материала, можно определить время удаления микронеровности.

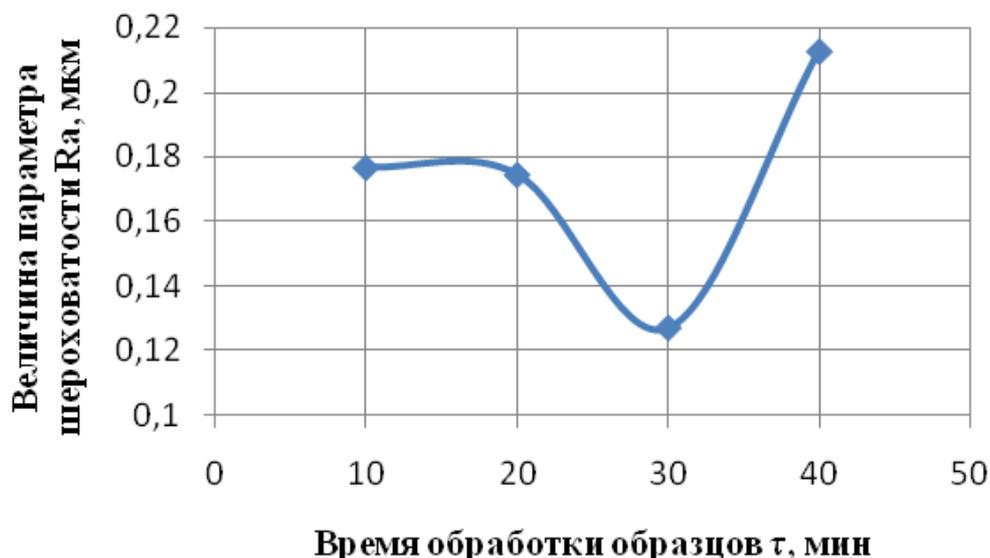


Рис. 6 – Зависимость параметра шероховатости от времени обработки

Анализируя график, представленный на рисунке 7, мы наблюдаем присутствие ярко выраженного экстремума, который отображает минимальный радиус, здесь можно сделать однозначный вывод о том, что минимальное значение высоты микронеровности наблюдается после 30 минут обработки. Следовательно, задавшись необходимой высотой микронеровности, можно спрогнозировать время обработки образца.

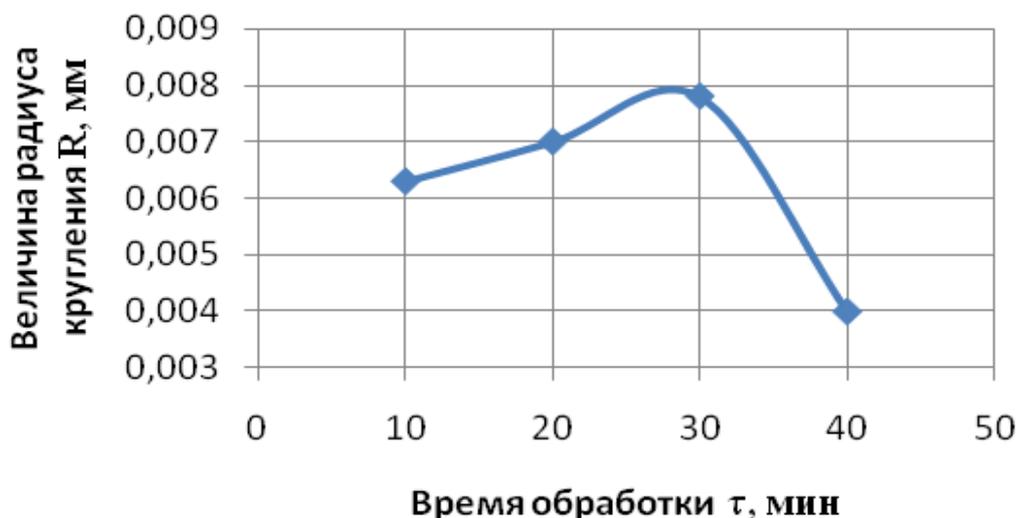


Рис. 7 – Зависимость радиуса скругления от времени обработки, используемый абразивный материал – монокорунд + 15% УДА (ультрадисперсные алмазы)

Ниже (рис. 8) приведены изображения кромок поверхностей с указанием радиусов скругления при 10 минутах обработки, 30 минутах и 40 минутах обработки, соответственно. При обработке 10 минут радиус R_{cp} составил 0,0063 мм. При обработке 30 минут радиус R_{cp} составил 0,0078 мм. При обработке 40 минут радиус R_{cp} составил 0,0040 мм. Каждый замер дублировался по несколько раз и затем выводился средний показатель.

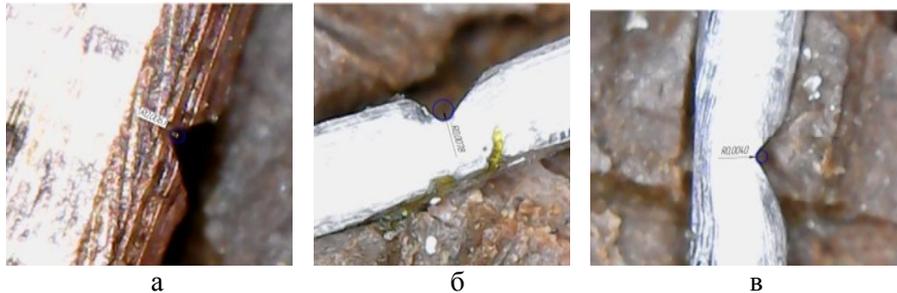


Рис. 8 – Изображения фрагментов кромок образца с указанием времени обработки: а – радиус округления (10 мин); б – радиус округления (30 мин); в – радиус округления (40 мин)

На рисунке, изображающем радиусы скругления кромок на образцах, визуально просматриваются полученные радиусы. Данные фотографии наглядно подтверждают график, представленный выше.

Выводы

1. Образец с наиболее низкой шероховатостью ($R_a = 0.126$) был получен после 30 минут обработки.
2. При обработке 30 минут наибольший радиус скругления кромки $R_{ср}$ составил 0,0078 мм.
3. При помощи вибрационной обработки сверхтвердая керамика может приобрести необходимые параметры в плане шероховатости и скругления кромки.
4. При необходимости можно спрогнозировать время, необходимое для получения определенного качества поверхности и радиуса скругления кромки.

Список использованных источников:

1. Синтез, спекание и свойства кубического нитрида бора / А.А. Шульженко [и др.]. – Киев : Наукова думка, 2003. – 254 с.
2. Бельский Е.И. Новые материалы в технике / Е.И. Бельский, А.М. Дмитриевич, Е.Б. Ложечников. – Минск : Беларусь, 2001. – 272 с.
3. Алмаз Украины: Пятидесятилетие работы Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля (1961-2011) / под общ. ред. Н.В. Новикова. – К. : Азимут-Украина. – 2011. – 448 с.
4. Проволоцкий А.Е. Формирование развитых микрорельефов поверхностей / А.Е. Проволоцкий, С.П. Лапшин, С.Л. Негруб, В.М. Ласкин // Резание и инструмент в технологических системах. – 2004. – Вып. 66. – С. 153-162.

References:

1. Shul'zhenko A.A., Bozhko S.A., Sokolov A.N., Petrusha I.A., Bezhenar' N.P., Ignatusha A.I. *Sintez, spekanie i svoystva kubicheskogo nitride bora* [Synthesis, sintering and properties of cubic boron nitride]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 2003. 254 p. (Rus.)
2. Belsky E.I., Dmitrovich A.M., Lozhechnikov E.B. *Novye materily v tehnike* [New materials in engineering]. Minsk, Belarus' Publ., 2001. 272 p. (Rus.)
3. Novikov N.V. *Almaz Ukrainy: Piatidesiatiletie raboty Instituta sverkhkhtverdykh materialov im. V.N.Bakulia (1961-2011)* [The Diamond of Ukraine: The fiftieth anniversary of the Institute of Superhard Materials named after. V.N. Bakul (1961-2011)]. Kiev, Azimut-Ukraine Publ., 2011. 448 p. (Rus.)
4. Provolotsky A.E., Lapshin S.P., Negrub S.L., Laskin V.M. *Formirovanie razvityh mikrorelefov poverhnostey* [Formation of developed microreliefs of surfaces]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting and Tooling in Technological Systems*, 2004, vol. 66, pp. 153-162. (Rus.)

Рецензент: С.С. Самогугин
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 23.04.2018