

УДК 621.923.74

doi: 10.31498/2225-6733.37.2018.160272

© Бурлаков В.І.*

ВПЛИВ АМПЛІТУДИ ВІБРАЦІЇ НА ПАРАМЕТР ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Шорсткість поверхні – сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками на базовій довжині. Вимірюється в мікрометрах (мкм). Шорсткість відноситься до мікрогеометрії твердого тіла і визначає його найважливіші експлуатаційні властивості. Перш за все, зносостійкість від стирання, міцність, щільність (герметичність) з'єднань, хімічна стійкість, зовнішній вигляд. Параметри якості верстатобудівної продукції повинні вимірюватися при будь-якій зміні режиму роботи установки; бути статистично ефективними, тобто вимірюватися з найбільшою точністю, що дозволяє скоротити до мінімуму дублювання дослідів; бути максимально інформаційними; мати фізичний зміст. Обробка ріжучих пластин не є винятком в даному аспекті. Якість обробленої поверхні напряму залежить від якості підготовки ріжучих пластин. Таку якість може запропонувати віброобразивна обробка. А одним з показників якості обробленої поверхні є шорсткість. Для того, щоб продемонструвати правильність обраного способу, зразками для досліджень слугували ПСТМ на основі КНБ – квадратні пластини, виготовлені з кераміки марки «Борсінт», твердістю НК 38-40 ГПа, і циліндричні зразки, виготовлені з кераміки марки «Композит 05ІТ», твердістю НК 18-20 ГПа. В якості робочого середовища використовувалися суспензії з порошком монокорунду зернистістю по ФЕПА F100, порошком ультрадисперсного алмазу УДА, мікропорошки алмазу АСМ 20/14 і шліфпорошки алмазу АС6 100/80 в концентрації 15%.

Ключові слова: ультрадисперсні алмази, монокорунд, якість поверхні, віброобразивна обробка, шліфувальний порошок, аналітичні ваги, рівняння регресії, параметр шорсткості, амплітуда вібрації, профіль поверхні зразка.

Бурлаков В.И. Влияние амплитуды вибрации на параметр шероховатости поверхности. Шероховатость поверхности – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Измеряется в микрометрах (мкм). Шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства: прежде всего, износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическую стойкость, внешний вид. Параметры качества станкостроительной продукции должны измеряться при любом изменении режима работы установки; быть статистически эффективными, т. е. измеряться с наибольшей точностью, что позволяет сократить до минимума дублирование опытов; быть максимально информационными; иметь физический смысл. Обработка режущих пластин не является исключением в данном аспекте. Качество обработанной поверхности напрямую зависит от качества подготовки режущих пластин. Такое качество может предложить виброобразивная обработка. А одним из показателей качества обработанной поверхности служит шероховатость.

Ключевые слова: ультрадисперсные алмазы, монокорунд, качество поверхности, виброобразивная обработка, шлифовальный порошок, аналитические весы, уравнение регрессии, параметр шероховатости, амплитуда вибрации, профиль поверхности образца.

V.I. Burlakov. The effect of vibration amplitude on the surface roughness parameter. Surface roughness is a set of surface irregularities with relatively small steps on the base length; it is measured in micrometers (mkm). Roughness relates to the microgeometry of a solid body and determines its most important operational properties. They are, first of all,

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

wear resistance from abrasion, strength, density (tightness) of compounds, chemical resistance, appearance. The quality parameters of machine tool products must be measured at any change in the operation mode of the machine-tool; they must be statistically effective, i.e. measured with the greatest accuracy, thus making it possible to minimize the duplication of experiments; to be as informative as possible; to have a physical meaning. Machining cutting plates is not an exception in this aspect. The quality of the treated surface directly depends on the quality of the preparation of the cutting plates. Vibroabrasive processing can result in such quality. And one of the indicators of the quality of the treated surface is roughness. In order to demonstrate the correctness of the selected method, square plates made of Borsinit ceramics, NC 38-40 GPA hardness and cylindrical samples made of Composite 05IT ceramics, NC 18-20 hardness were used as samples. As a working medium, suspensions with mono-corundum powder with FEPA F100 grain, ultradispersed diamond powder UDM, micro powder of AFM diamond 20/14 and grinding powder of AC6 100/80 diamond at a concentration of 15% were used. The level of roughness of the workpiece surface at treatment is determined from a number of factors. The mode, speed and type of treatment, have influence on burrs height, on their form and location. Roughness depends also on the structure of material, its chemical composition, on the cutting instrument design and firmness, the level of its cooling, greasing. All these factors are united in three groups. The first group is related to the vibration of the cutting instrument at treatment, the second is related to the geometry and angle of cut, the third group is related to the level of deformation arising in the processed material. During work both the abrasive instrument and the processed workpiece and the machine-tool are subjected to vibrations. They are caused by the feed of the cutting tool, change in cutting speed or terms of friction. All the troubles in the machine-tool may result in vibrations, therefore high-quality hard fixing of all of auxiliary parts of the machine-tool is extremely important. Machine-tool vibrations are especially important at thin diamond treatment. Allowance at thin boring is uneven, the vibrations at cutting are high; it may result in technological vibrations. The vibration of a cutting blade influences roughness most of all at any type of work. Roughness grows with the increase of vibrations amplitude.

Keywords: ultrafine diamonds, mono-corundum, surface quality, vibroabrasive processing, grinding powder, analytical balance, regression equation, roughness parameter, vibration amplitude, workpiece surface profile.

Постановка проблеми. Продуктивність обробки і якість обробленої поверхні нерозривно зв'язані один з одним, отже вони і стоять на чолі кута при обробці матеріалів. Але неможливо отримати високу якість обробленої поверхні, не маючи хорошого інструменту. Тому проблема отримання якісного інструменту є актуальним завданням, а оскільки якісний інструмент неможливо отримати, не маючи високої якості поверхні ріжучої пластини, то проблема якості обробки і якості інструменту нерозривно зв'язані між собою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розкриттю схожих проблем приділяли увагу такі вчені, як А.П. Бабічев, який займався вібраційними та зміцнюючими процесами [1, 2]; А.Г. Сулов, Є.В. Рижов, В.П. Федоров, які займалися вирішенням проблем в області технологічного забезпечення експлуатаційних властивостей деталей машин [3]; Р.Ф. Ганієв працював в області коливальних явищ в багатофазних середовищах та над використанням цих явищ в різноманітних технологіях [4]; А.В. Трубіцин аналізував впливи параметрів режиму безцентрового шліфування високотвердого порошкового матеріалу на силові характеристики процесу [5].

Мета статті – показати, що за допомогою віброабразивної обробки ріжучих пластин, виконаних з надтвердої кераміки з використанням абразивного інструменту з додаванням штучних алмазів, можна отримати достатньо високий показник ступеня чистоти поверхні ріжучої пластини.

Виклад основного матеріалу. В основному, на якісні і експлуатаційні показники деталей впливають фінішні операції. Завдання підвищення якості продукції пов'язане з удосконаленням відомих і розробкою нових ефективних методів фінішної обробки, серед яких провідне місце займають методи віброабразивної обробки (ВІО). Великий інтерес фахівців до цього процесу пояснюється його широкими технологічними можливостями і істотними техніко-

економічними перевагами. Область використання вібраційної технології в різних галузях виробництва достатньо багатогранна і має тенденцію до подальшого розширення [1].

Надійність машин багато в чому залежить від точності обробки деталей, якості оброблених поверхонь і точності збірки. Під точністю обробки розуміють точність виконання розмірів, форми і взаєморозташування поверхонь [3]. В результаті механічної обробки мають бути отримані деталі, що відповідають кресленню за формою і розмірами. Ступінь наближення форми виготовленої деталі до ідеальної геометричної форми, а її розмірів – до номінальних, залежить від якості поверхні ріжучих кромок оброблювального інструменту. Дослідження показали, що найбільш продуктивною при поліпшенні показника шорсткості поверхні є віброабразивна обробка з використанням суспензії, що містить порошок алмазу УДА. Для визначення впливу амплітуди вібрації були проведені експерименти по вібраційній обробці пластини. Вимірювання маси знятого матеріалу проводилося шляхом зважування зразків до і після обробки на аналітичних вагах ВЛА-200 з точністю до 0,0005 гр.

Тривалість кожного дослідження складала 10 хвилин і визначалася з точністю ± 30 секунд. У процесі дослідження змінювався тільки досліджуваний параметр, решта всіх параметрів обробки підтримувалася постійними.

Для зменшення впливу випадкових чинників на результати кожне дослідження (за однакових умов) повторювалося 3-5 разів. Для оцінки впливу досліджуваного чинника використовувалася середньоарифметична величина вихідного параметра.

За експериментальними даними відповідно до методики було підібрано рівняння регресії, яке після математичної обробки має вигляд:

$$y = 6,385 - 1,897x + 0,183x^2.$$

Як видно з отриманого рівняння і побудованого графіка залежності (рис. 1), графік має екстремум у вигляді мінімуму, який знайдемо, прирівнявши першу похідну до нуля:

$$0,317x - 1,647 = 0;$$

$$0,317x = 1,647;$$

$$x = 5,194.$$

Таким чином, мінімум параметра R_a забезпечується при амплітуді вібрації $A = 5$ мм.

Відмічений характер залежності R_a від амплітуди пояснюється наступними явищами. При малих амплітудах робоча маса притискається до зовнішньої поверхні і відносно переміщення робочих тіл і оброблюваних деталей практично відсутнє. У цьому випадку параметр R_a мало змінюється в порівнянні з початковим параметром до обробки. При збільшенні вібрації до $A_{opt} = 5$ мм параметр шорсткості зменшується за рахунок збільшення переміщення робочого тіла по поверхні деталі, що призводить до зниження параметра R_a . Подальше збільшення амплітуди приводить до того, що під час контакту робочого тіла з поверхнею зразка починають виникати удари, які погіршують якість поверхні. Таким чином, при вібраційній обробці пластини з полікристалічних надтвердих матеріалів (ПСТМ) на основі кубічного нітриду бору (КНБ) амплітуда вібрації знаходиться в діапазоні 4,5-5,5 мм. В цьому випадку створюються якнайкращі умови відносного переміщення робочого тіла по поверхні зразка.

Якість обробленої поверхні при вібраційній обробці надтвердої кераміки була визначена на безконтактному інтерференційному 3-D профілографі «Micron-alpha» (рис. 2), призначеному для реєстрації та аналізу мікротопографії поверхонь методом обробки послідовності інтерференційних картин в білому світі [4].

Безконтактний інтерференційний 3-D профілограф «Micron-alpha» може будувати 2D і 3D профілі поверхні; кількісно оцінювати характеристики поверхні; обчислювати об'єм виступу (западини); спостерігати інтерференційні картини; проводити металографічні дослідження.

Технічна характеристика приладу «Micron-alpha»: поле сканування (XY) 100×90 (1300×1000) мкм; дозвіл по горизонталі (XY) 0,16 (2) мкм; максимальна вимірювана висота рельєфу (Z) 40 (120) мкм; дозвіл по вертикалі (Z) 3 (5) нм; час отримання 3D топографії 0,5-5 хв.

На рисунку 3 приведені профілограми і фрагменти поверхні зразків після 10 хвилин обробки. Аналізуючи профілограми, робимо висновок про те, що найбільш якісна обробка відбулася при суміші монокорунду і порошку алмазу УДА в концентрації 15%. Середній показник $R_a = 0,11$.

У процесі зняття стружки при діамантовому шліфуванні кераміки беруть участь окремі діамантові зерна в сукупності зі зв'язкою круга. При вивченні характеру руйнування поверхні

кераміки діамантовим зерном встановлено, що зерно на початку і в кінці подряпини залишає чіткий слід без явних сколов по краях сліду. Діамантове зерно, володіючи достатньою твердістю, відразу ж при контакті з матеріалом починає зрізати стружку. Середня ж частина подряпини на всьому протязі має по краях значні виривання. Поява сколів, які досягли певної глибини впровадження зерна, пояснюється тим, що зі збільшенням глибини різання в роботу вступають все нові кромки діамантового зерна, у зв'язку з чим зростають сили мікрорізання в зоні його контакту з матеріалом зразка і спостерігаються, разом з утворенням високодисперсної стружки, крупні ділянки виривань. Сили, що виникають при шліфуванні, обумовлюють стійкість діамантових кругів, якість обробки і дозволяють вибирати раціональні технічні параметри [2]. При шліфуванні кераміки стан поверхневого шару, в значній мірі, залежить від сил різання. Знання закономірностей зміни останніх дозволяє обґрунтовано вибирати оптимальні умови обробки. По характеру зміни сил різання можна судити також про фізичні явища, що протікають в зоні шліфування.

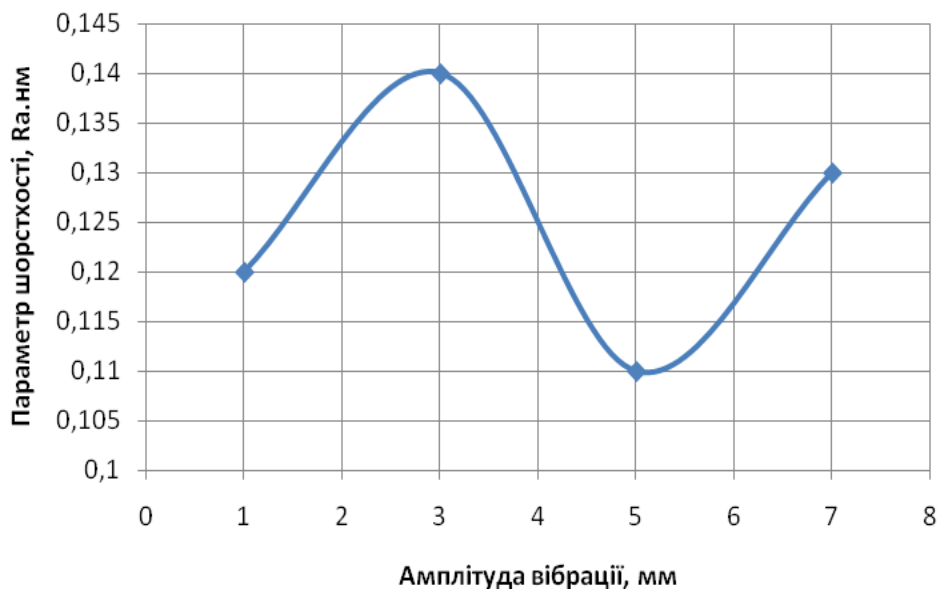


Рис. 1 – Залежність параметра шорсткості від амплітуди вібрації робочої камери: робоче тіло – суспензія, що містить монокорунд + порошок алмазу АСМ в концентрації 15%



Рис. 2 – Безконтактний інтерференційний 3-D профілограф «Micron-alpha»

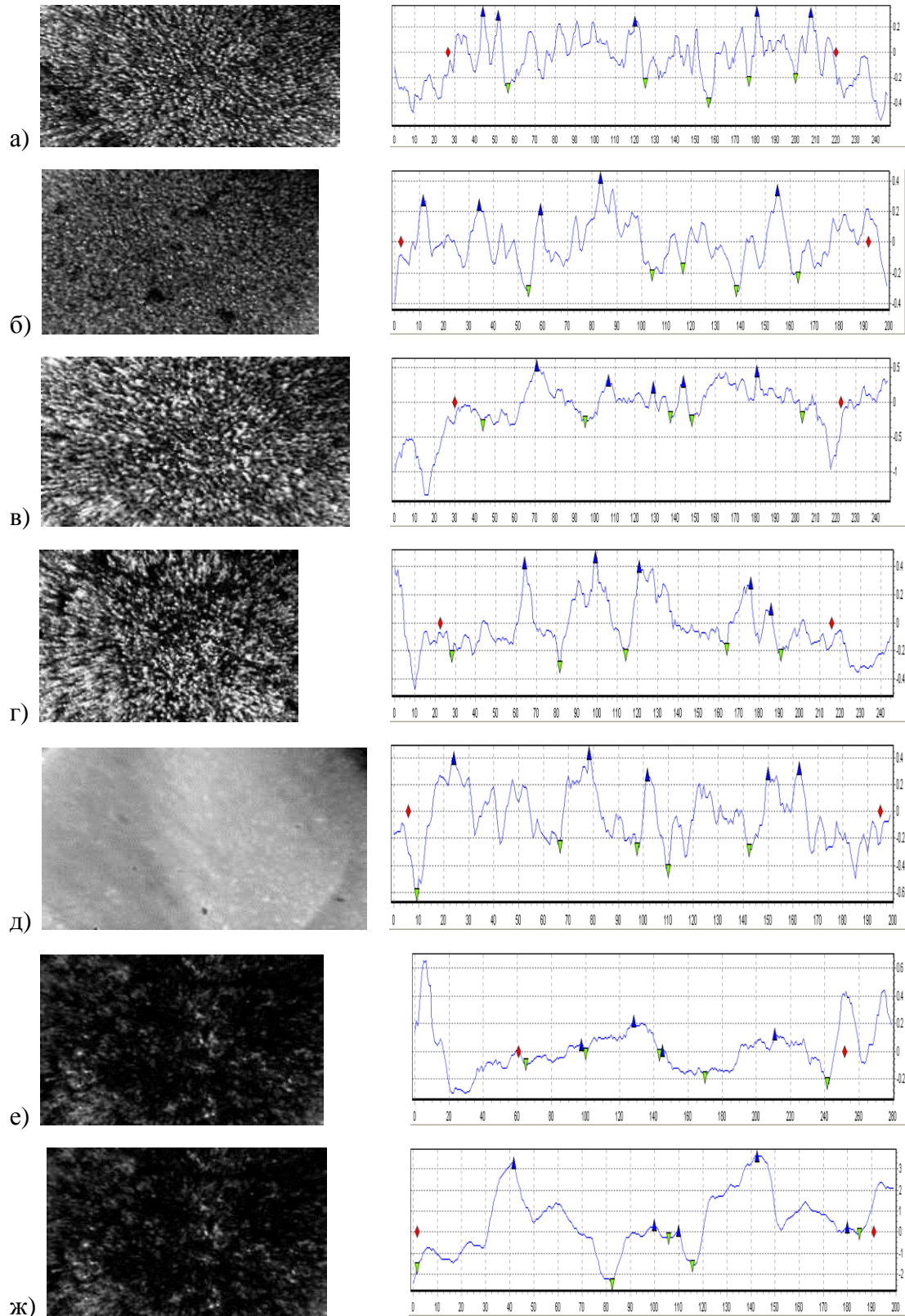


Рис. 3 – Профілограми поверхонь: а) – монокорунд + порошок алмазу АСМ в концентрації 15% Ra = 0,11; б) – порошок алмазу УДА в концентрації 10% Ra = 0,1187; в) – порошок алмазу АС 6 в концентрації 10% Ra = 0,1366; г) – порошок алмазу АСМ 20/14 в концентрації 10% Ra = 0,3464; д) – порошок алмазу АС 6 в концентрації 10% + монокорунд Ra = 0,1801; е) – суміш порошку алмазу УДА + монокорунд Ra(4) = 0,13992; ж) – суміш монокорунду и електрокорунду білого Ra = 1,130

Приведені вище профілограми підтверджуються зображеннями, що виконані в 3D-графіці (рис. 4). На них наочно видно відмінність профілю поверхні зразків, оброблених різними матеріалами.

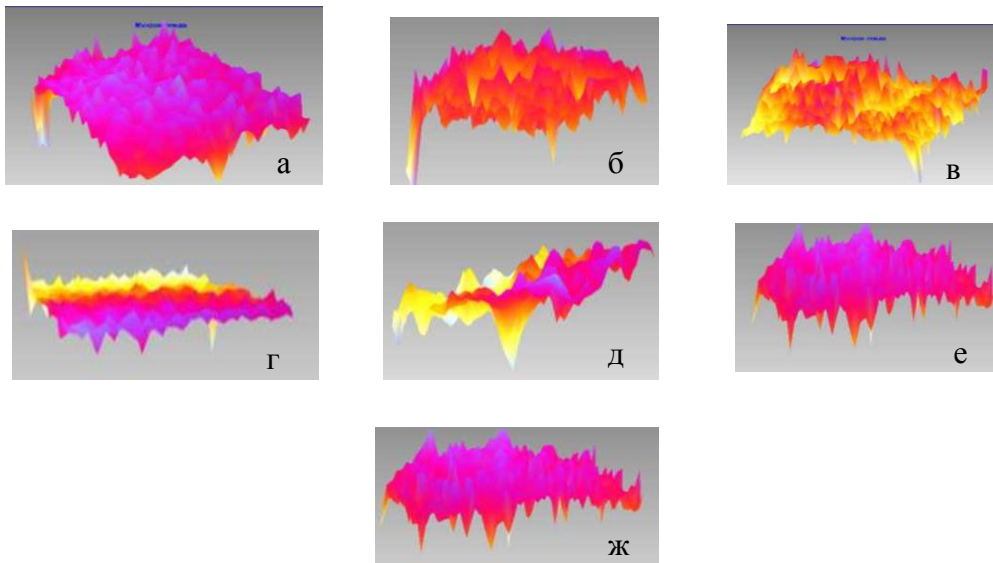


Рис. 4 – Профіль поверхні пластини після обробки, виконаної в 3D-режимі: а) – суміш монокорунду і порошку алмазу АСМ в концентрації 15%; б) – порошок алмазу АС 6 в концентрації 10%; в) – порошок алмазу УДА в концентрації 10%; г) – порошок алмазу АСМ 20/14 в концентрації 10%; д) – мікс монокорунду і електрокорунду білого; е) – порошок алмазу АС 6 в концентрації 10% і монокорунду; ж) – суміш порошку алмазу УДА і монокорунду

Поверхня зразка, що оброблена сумішшю монокорунду і порошку алмазу УДА в концентрації 15%, виглядає рівнішою, без яскраво виражених екстремумів в негативному і позитивному напрямках. Графічні 3D-зображення підтверджують, що застосування суміші монокорунду і порошку алмазу УДА в концентрації 15% привело до того, що рельєф поверхні зразків відповідає найбільш високому показнику шорсткості поверхні.

Багато галузей промисловості пред'являють підвищені вимоги до якості поверхонь вживаних матеріалів. Ця проблема актуальна для металообробної промисловості, коли саме поверхня тих або інших матеріалів забезпечує потрібні фізичні ефекти і умови роботи лезвійного інструменту. Підвищення надійності і довговічності ріжучих пластин різців, фрезерних голівок і свердел є одною з головних проблем сучасної оброблювальної промисловості. Економічне значення цієї проблеми очевидне. Як показав статистичний аналіз, головною причиною виходу з ладу різців, фрез і іншого оброблювального інструменту є не їх механічна поломка, а поступове зниження якості обробки, обумовлене і залежне від досконалості обробки ріжучих пластин і поверхневих дефектів цих пластин, і, якщо другий чинник практично не залежить від обробки цих пластин за винятком невисокої майстерності обробника, то перший чинник може бути виправлений за допомогою віброабразивної обробки [5].

Проведені експерименти підтверджують припущення про те, що вібраційний спосіб здатен проводити обробку надтвердої кераміки з достатньо високою якістю.

Висновки

1. Поверхня зразка, що оброблена сумішшю монокорунду і порошку алмазу УДА в концентрації 15%, має більш рівномірну поверхню в порівнянні з іншими зразками.
2. Параметр шорсткості керамічної пластини складає $Ra = 0,11$, що помітно нижче в порівнянні з іншими зразками.
3. Амплітуда вібрації, що розрахована за допомогою емпіричного рівняння для вібраційної обробки, повністю підтвердилася в результаті експериментів і складає 5 мм.

Перелік використаних джерел:

1. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом / А.П. Бабичев [и др.]. – Ростов-н/Д : ДГТУ, 2003. – 192 с.
2. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов-н/Д : ДГТУ, 2008. – 300 с.
3. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. / А.Г. Суслов, Э.В. Рыжов, В.П. Федоров. – М. : Машиностроение, 2010. – 192 с.
4. Ганиев Р.Ф. Колебательные явления в многофазных средах и их использование в технологии / Р.Ф. Ганиев. – Киев : Техника, 1980. – 500 с.
5. Трубицын А.В. Анализ влияния параметров режима бесцентрового шлифования высокотвердого порошкового материала на силовые характеристики процесса / А.В. Трубицын, В.И. Свирщев // Инновации в машиностроении – основа технологического развития России : материалы VI междунар. научн.-техн. конф. – Барнаул : АлтГТУ, 2014. – С. 202-205.

References:

1. Babichev A.P., Motrenko P.D., Maksimov D.V. *Otdelochno-uprochnyayushchaya obrabotka detaley mnogokontaktnym vibroudarnym instrumentom* [Finishing-hardening processing of parts by multi-contact vibro-impact tool]. Rostov-on-Don, DGTU Publ., 2003. 192 p. (Rus.)
2. Babichev A.P., Babichev I.A. *Osnovy vibratsionnoy tekhnologii* [Basics of vibration technology]. Rostov-on-Don, DGTU Publ., 2008. 300 p. (Rus.)
3. Suslov A.G., Ryzhov E.V., Fedorov V.P. *Tekhnologicheskoye obespecheniye ekspluatatsionnykh svoystv detaley mashin* [Technological support of operational properties of machine parts]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2010. 192 p. (Rus.)
4. Ganiyev R.F. *Kolebatel'nyye yavleniya v mnogofaznykh sredakh i ikh ispol'zovaniye v tekhnologii* [Oscillatory phenomena in multiphase media and their use in technology]. Kiyev, Tekhnika Publ., 1980. 500 p. (Rus.)
5. Trubitsyn, A.V., Svirshchev V.I. Analiz vliyaniya parametrov rezhima besstetrovogo shlifovaniya vysokotverdogo poroshkovogo materiala na silovyye kharakteristiki protsesssa. *Materialy VI Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Innovatsii v mashinostroyenii – osnova tekhnologicheskogo razvitiya Rossii»* [Analysis of the influence of the parameters of the centerless grinding mode of a highly solid powder material on the process power characteristics. Abstracts of 6th Int. Sci.-Pract. Conf. «Innovations in mechanical engineering - the basis of the technological development of Russia»]. Barnaul, 2014, pp. 202-205. (Rus.)

Рецензент: С.С. Самоутугін
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 18.10.2018