

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕТАЛООБРОБКА

УДК 621.923.74

doi: 10.31498/2225-6733.38.2019.181403

© Бурлаков В.И.*

ПРОЦЕС ВІБРОМАГНІТНОАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ТА ЙОГО ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ

У статті розкрито сутність досить нового способу абразивної обробки незакріплених деталей з надтвердої кераміки. Він містить в собі признаки вібраційної обробки, яка обумовлена вібраційною силою, і поєднується з магнітно-абразивною обробкою. Показана залежність цієї обробки від деяких факторів, що впливають на неї. Зроблено допущення, що новий спосіб обробки заміщує притирку деталей з надтвердої кераміки.

Ключові слова: надтверда кераміка, вібромагнітна обробка, робоче середовище, ферромагнітний абразивний матеріал, магнітна сила, електромагніт, зернистість порошку, штучні алмази, магнітна індукція.

Бурлаков В.И. Процесс вибромагнитноабразивной обработки и его зависимость от некоторых параметров. В статье раскрыта сущность достаточно нового способа абразивной обработки незакрепленных деталей из сверхтвердой керамики. Он включает в себя признаки вибрационной обработки, которая обусловлена вибрационной силой, и объединяется с магнитно-абразивной обработкой. Показана зависимость вибромагнитноабразивного способа от некоторых параметров. Сделано допущение о том, что новый способ замещает притирку деталей из сверхтвердой керамики.

Ключевые слова: сверхтвердая керамика, вибромагнитная обработка, рабочая среда, ферромагнитный абразивный материал, магнитная сила, электромагнит, зернистость порошка, искусственные алмазы, магнитная индукция.

V.I. Burlakov. Vibromagnetic abrasive treatment and its dependence on some parameters. Development of modern mechanical engineering, instrument-making, machine-tool manufacture involves the usage of qualitatively new materials, that make it possible to improve the quality, longevity of instrument and productivity of production treatment. One of such materials is cubic boron nitride (CBN) – overhard ceramics that can be used and is already used in treatment of machine parts and mechanisms. This ceramics is considered oxygen-free. Unique properties of ceramics allow to use it as blade tools cutting edges. Since the durability of ceramics is not inferior to that of the artificial diamond, its treatment is a problem that the new vibromagnetic abrasive method of treatment is called to decide. This method can replace such a labour intensive method as lapping, but with a more evenly treated surface. The method will be used for treatment the plates from overhard ceramics, intended for metal-cutting instruments. But it can also be used for treatment of any excessive-in-size parts from overhard ceramics. Such a treatment is based on the partial and successive tearing away particles of ceramics at recurrently-forward motion of a part. The magnetic field will retain ferromagnetic material in stiff enough position keeping it close to the abrasive. To increase the treatment intensity artificial diamond and granules of Al_2O_3 are added to the abrasive environment. The article considers the essence of new enough method of abrasive treatment of unsupported parts from overhard ceramics. The method includes the signs of oscillation treatment that results from oscillation force and adds to magnetically-abrasive treatment, that has been widely stud-

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

ied. The dependence of vibromagnetic abrasive method on some parameters has been shown. It is assumed that the new method substitutes for lapping of parts from overhard ceramics.

Keywords: *overhard ceramics, vibro magnetic treatment, working environment, ferromagnetic abrasive material, magnetic force, electromagnet, grittiness of powder, artificial diamonds, magnetic induction.*

Постановка проблеми. Задача підвищення якості та продуктивності обробки надтвердої кераміки є дуже актуальною, тому що надтверда кераміка є складовою прогресивного різального інструменту, а якість виробів залежить від якості різального інструменту. Вирішити таку проблему можна за допомогою об'єднання вібраційної та магнітної обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою фінішної обробки займалися багато учених, серед яких Матюха П.Г. [1], що працював в області обробки робочих кромek різального інструменту, шліфування деталей, області питань вдосконалення фінішних операцій механічної обробки деталей, шліфування деталей, довговічності шліфованих деталей. Степанов А.В. [2] розглядав особливості самого процесу магнітно-абразивної обробки (МАО); процеси формування мікропрофілю інструменту під час МАО; вплив МАО на фізико-механічні характеристики оброблюваного інструменту [3]. Видатний вчений Бабічев А.П. є основоположником і керівником наукового напрямку «Вібраційна технологія», засновником наукової школи «Вібротехнологія», автором розробки комплексної наукової програми «Вібротехнологія». Ящерицин П.І. і Мартинов А.Н. [4] займалися описом методів обробки деталей вільним абразивом. На рахунку видатного вченого Барон Ю.М. [5] фізичні основи процесів магнітно-абразивного полірування і магнітного зміцнення виробів і різальних інструментів. Він розглядав різні схеми відтворення цих процесів, розробляв технологічні рекомендації і конструкції пристроїв для магнітної обробки виробів, описав магнітно-абразивні матеріали і дав рекомендації щодо їх застосування, займався розрахунком магнітних індукторів для магнітно-абразивного полірування і магнітного зміцнення. Якулович Л.М., Сергєєв Л.Є. [6] працювали в області фінішної і чистової обробки виробів в магнітному полі.

Ціль статті – показати, що поєднавши вібраційну та електромагнітну складові, можна добитися притирки деталей з надтвердої кераміки та отримати досить високі показники по якості та продуктивності обробки.

Виклад основного матеріалу. Суть обробки полягає в тому, що на оброблювальне середовище і заготовки, поміщені в робочу камеру вібраційного верстата, впливає постійне магнітне поле, спрямоване перпендикулярно площині циркуляційного руху робочого середовища (рис. 1). Робоче середовище переміщається під дією вібрації, а оброблювальний феромагнітний абразив, гранули Al_2O_3 і штучні алмази орієнтуються уздовж магнітних силових ліній. Магнітні силові лінії проходять через робочу камеру у напрямі від одного полюса до іншого. Заготовки не співударяються при обробці завдяки щільному розташуванню абразиву.

Відстань між внутрішніми площинами протилежних стінок робочої камери в напрямі від електромагніту дозволяє обробляти деталі більш великої конфігурації, ніж ріжучі пластини інструменту, але таке завдання не ставилося в процесі дослідження. Заготовки, поміщені в простір робочої камери, займають вільне положення.

Заготівки переміщаються вздовж власної осі і за рахунок енергії вібраційної сили, що сприяє рівномірному зніманню металу, в напрямі, перпендикулярному силовим лініям магнітного поля, із швидкістю, що дорівнює швидкості дії на них вібрації. Це забезпечує рівномірне знімання металу, оскільки деталі переміщаються послідовно по усіх зонах робочої камери з різною інтенсивністю обробки. Електромагнітне постійне поле, викликане ними, не дає розпастися силовим лініям, отже, «інструмент» залишається постійно орієнтований в просторі. Переміщення ж заготовок уздовж ліній здійснює обробку у вигляді притирання.

Орієнтуючись на висунену раніше теорію про здатність обробки твердих матеріалів м'якшими, можна говорити і про обробку надтвердої кераміки за допомогою ВіМАО. Тим паче, що підвищити продуктивність і якість обробки можна при додаванні штучних алмазів в суміш абразиву [1].

На процес ВіМАО впливають декілька факторів, деякі з них розглянуті в цій статті. Порція магнітно-абразивного порошку при включеному магнітному полі утримується магнітними

силами, обумовленими величиною магнітного поля в робочому просторі. Зразки виявляються притиснутими до абразивного матеріалу та при русі заготовки вгору чи вниз здійснюється обробка надтвердої кераміки. При цьому видаляється припуск і формується поверхня з новим мікрорельєфом. Сили тертя між зернами і поверхнею полюса допомагають магнітному полю утримувати порошок усередині робочого зазору. Не зв'язані між собою зерна порошку переміщуються усередині робочої камери.

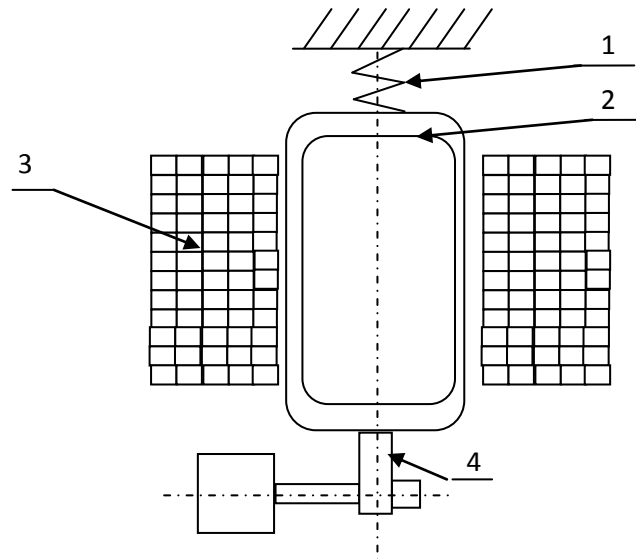


Рис. 1 – Схема установки вібромагнітноабразивного оброблення (ВіМАО): 1 – пружні опори; 2 – робоча камера, яка виготовлена з SiCa; 3 – статор; 4 – ексцентрик

Кожна поверхня зразку, що оброблюється, знаходиться у контакті з зерном, та на них діють сили різання Pz (якщо зерно увпоровалося в поверхню і здійснює мікрорізання або притирається до поверхні зразка) та сили тертя (рис. 2). Ці сили прагнуть захопити контактуюче зерно разом з поверхнею, що рухається, і повернути його щодо власного центру інерції. Руху зерен разом з поверхнею заготовки і їх поворотам перешкоджають навколишні зерна, які під дією сил магнітного поля ущільнюються і створюють стовпчики з феромагнітного порошку та доданих до них штучних алмазів.

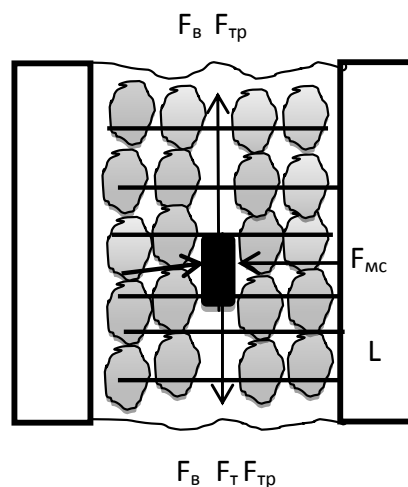


Рис. 2 – Схема абразивного різання зерном магнітно-абразивного порошку в реальних умовах: L – лінії дії магнітного поля; F_T – сила тяжіння; F_{Tp} – сила тертя; F_B – вібраційна сила; F_{mc} – магнітна сила або сила прижиму зразка

Якщо при поступовому поглибленні ріжучого зерна в оброблювану поверхню сила різання перевищить опір повороту зерна з боку середовища, що його оточує, або якщо на шляху зерна, що треться (ріжучого), з'являється перешкода у вигляді збільшеної мікронерівності, твердого чужорідного включення, то таке зерно повертається і в контакт із заготівкою вступають його нові ділянки і нові ріжучі кромки. Саме цими поворотами можна пояснити переривистий характер рисок – слідів абразивного різання на поверхні заготовки [2].

Безперервний вступ до роботи нових ріжучих кромок через переміщення зерен усередині робочих камер, їх поворотів і переходів з однієї площини на іншу в порошкової масі ні на мить не припиняє обробку. Поза сумнівом, в процесі обробки відбувається поступове руйнування зерен шляхом відривання з м'якшої феромагнітної основи зерна (матриці) вкраплених в неї ріжучих центрів або шляхом стирання матриці. При цьому теж виходить оголення нових ріжучих кромок.

Відмітною особливістю абразивного різання при ВіМАО є спостережувані різкі зміни продуктивності процесу при зміні умов обробки. Своєрідний ріжучий інструмент, сформований магнітним полем з магнітно-абразивного порошку, відрізняється підвищеною еластичністю. Глибина впровадження кожного зерна в оброблювану поверхню (а значить і об'єм матеріалу, що зрізується ним) є результатом сталої у кожному окремому випадку рівноваги між силами, що притискають зерно до оброблюваної поверхні, і силами опору матеріалу заготовки введенню зерна [2].

Для того, щоб визначитися з величиною зерна при обробці, були проведені декілька спостережень, а саме на скільки залежить продуктивність обробки від величини зерна абразиву (рис. 3).

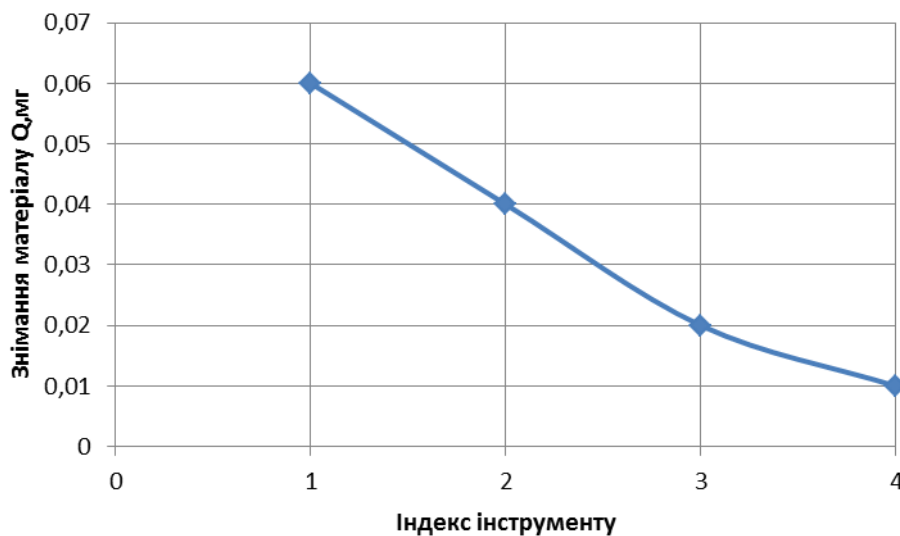


Рис. 3 – Залежність продуктивності обробки від дисперсності порошку Феромап: 1 – Феромап 630/400 мкм; 2 – Феромап 400/315 мкм; 3 – Феромап 315/200 мкм; 4 – Феромап 200/100 мкм

Попередні дослідження показали, що при обробці такими порошками, як Феромап 630/400 мкм, Феромап 400/315 мкм, Феромап 315/200 мкм, Феромап 200/100 мкм, була отримана краща якість поверхні, ніж від застосування порошків типу ДЧК 630/400 мкм, ДЧК 630/400 мкм, порошків округлої форми, таких як Полімам-М 400/315 мкм та ПР Р6М5 300/250 мкм. Тому для досліджень були прийняті саме порошки типу Феромап різної дисперсності [4].

Як показали проведені експерименти, найкраще зарекомендував себе Феромап 630/400 мкм, але використання вібраційної сили майже знівелювало розбіжності. Це сталося тому, що без використання вібрації основну роль відігравала саме величина зерна, але за рахунок вібрації саме вібраційна складова стала вирішальною при виборі досить продуктивного та більш дешевого матеріалу. Саме тому Феромап 200/100 мкм був прийнятий за основний матеріал.

Під час вібромагнітноабразивного оброблення (ВіМАО), при дії на електропровідні порошки полюсів магнітного індуктора і при переміщеннях зразків усередині робочого простору відносно стовпчиків абразиву в них можуть індукуватися електричні струми. Причиною появи індукційних струмів можуть служити також періодичні зміни щільності магнітного потоку в робочому просторі, якщо індуктор створює магнітне поле [5].

Індукційні струми заготовки впливають на величину і розподіл магнітного поля в робочому зазорі, оскільки вони завжди направлені так, щоб своїм власним магнітним полем перешкоджати зміні зовнішнього магнітного поля, що їх породжує.

Відповідно до функціонального призначення магнітного поля у кожному конкретному випадку усі відомі схеми магнітно-абразивного оброблення можуть бути розділені на п'ять груп, які позначають римськими цифрами. Одна з яких має такий смисл – магнітне поле формує з порошкової феромагнітної абразивної маси різальний інструмент з керованою жорсткістю і створює сили різання. Згідно зі схемою (рис. 2) сила різання представляє собою суму всіх сил, які впливають на зразок:

$$P_z = F_T + F_{TP} + F_B + F_{MC},$$

де F_T – сила тяжіння; F_{TP} – сила тертя; F_B – вібраційна сила; F_{MC} – магнітна сила або сила прижиму зразка.

Отже, якщо магнітне поле управляє жорсткістю порошку (інструменту) [6], то на обробку поле матиме безпосередній вплив. Але не тільки за жорсткість відповідає магнітне поле. Воно впливає також і на силу, з якою заготовка буде прижиматися до стовпчиків абразиву (інструменту). З цього випливає залежність сили прижиму заготовки до інструменту від напруженості магнітного поля. На рисунку 4 показаний такий вплив у вигляді залежності продуктивності обробки від напруженості магнітного поля.

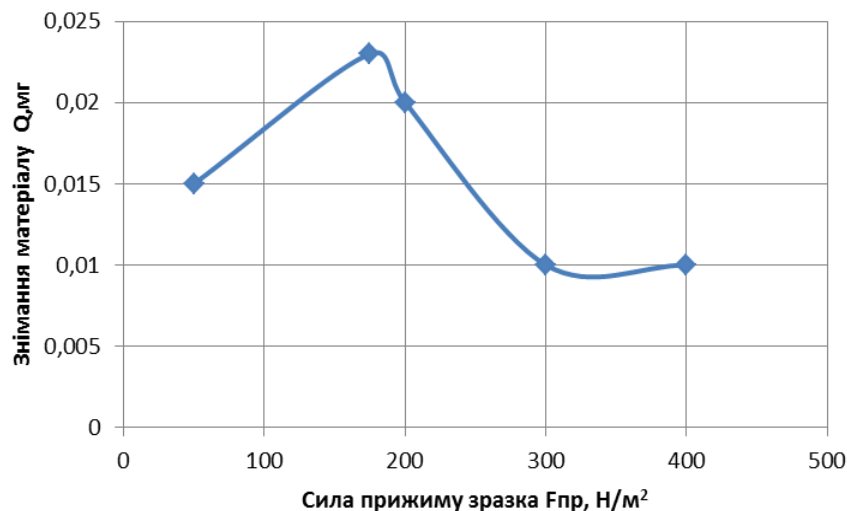


Рис. 4 – Залежність продуктивності обробки від сили прижиму зразка

Аналізуючи залежність, приходимо до висновку, що найбільша допустима величина сили прижиму – $175 \text{ H}/\text{m}^2$, яка буде відповідати напруженості магнітного поля у 1,2 Тл, при якій і здійснювалася найбільш продуктивна та якісна обробка.

Висновки

1. Поєднання вібраційної сили та магнітного впливу на інструмент призводить до появи нового виду обробки. Вібромагнітноабразивна обробка дозволяє оброблювати надтверду кераміку з поліпшеною продуктивністю.

2. Як показали експерименти, при обробці таким порошком як Феромап 630/400 обробка є найбільш продуктивна.

3. Сила прижиму зразка, від якої залежить знімання матеріалу, залежить від величини магнітного поля і становить 1,2 Тл.

4. Сила різання надтвердої кераміки буде залежати від F_T – сили тяжіння; $F_{тр}$ – сили тертя; F_b – вібраційної сили; $F_{мс}$ – магнітної сили або сили прижиму зразка.

Перелік використаних джерел:

1. Матюха П.Г. Тенденции магнитно-абразивной обработки / П.Г. Матюха, А.В. Бурдин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – Вип. 6. – С. 166-173. – (Серія : Машинобудування і машинознавство).
2. Степанов О.В. Исследование процесса формирования магнитно-абразивного порошкового инструмента для обработки деталей сложной геометрической формы : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.06 / Степанов Олег Васильевич. – Киев, 1997. – 145 с.
3. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей / А.П. Бабичев. – М. : Машиностроение, 1974. – 445 с.
4. Ящерицин П.И. Чистовая обработка деталей в машиностроении / П.И. Ящерицин, А.Н. Мартынов. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 335 с.
5. Барон Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле / Ю.М. Барон. – Л. : Машиностроение, 1975. – 127 с.
6. Якулович Л.М. Основы магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей / Л.М. Якулович, Л.Е. Сергеев, В.Я. Лебедев. – Минск : БГАТУ, 2012. – 316 с.

References:

1. Matiukha P.G., Burdin A.V. Tendentsii magnitno-abrazivnoi obrabotki [Magnetic Abrasion Trends]. *Naukovi pratsi Donets'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu. Serii: Mashinobuduvannia i mashinoznavstvo – Scientific works of the Donetsk National Technical University. Series: Machine Building and Machine Science*, 1997, vol. 6, pp. 166-173. (Rus.)
2. Stepanov O.V. *Issledovanie protcesa formirovaniya magnitno-abrazivnogo poroshkovogo instrumenta dlya obrabotki detalei slozhnoei geometricheskoi formy*. Diss. cand. techn. nauk [Research of process of forming of magnetically-abrasive powder-like instrument for treatment of details of difficult geometrical form. Cand. tech. sci. diss.]. Kiev, 1997. 145 p. (Rus.)
3. Babichev A.P. *Vibratsionnaya obrabotka detalei* [Oscillation treatment of details]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974. 445 p. (Rus.)
4. Ysheritsin P.I., Martynov A.N. *Chistovaya obrabotka detalei v mashinostroenii* [Clean treatment of details is in an engineer]. Minsk, Byshatisha shkola Publ., 1983. 335 p. (Rus.)
5. Baron U.M. *Tehnologiya abrazivnoei obrabotki v magnitnom pole* [Technology of abrasive treatment is in the magnetic field]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1975. 127 p. (Rus.)
6. Iakulovich L.M., Sergeev L.E., Lebedev V.Ia. *Osnovy magnitno-abrazivnoi obrabotki metallicheskikh poverkhnostei* [The basics of magnetic abrasive machining of metal surfaces]. Minsk, BGATU Publ., 2012. 316 p. (Rus.)

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

Стаття надійшла 24.04.2019