

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.923.74

doi: 10.31498/2225-6733.42.2021.240570

© Бурлаков В.І.*

МОДЕЛЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТА ПРИ ВІБРО-МАГНІТНО-АБРАЗИВНОМУ ОБРОБЛЕННІ І ВПЛИВ ЙОГО НА ЯКІСТЬ ОБРОБКИ НАДТВЕРДОЇ КЕРАМІКИ

Показано, що дослідженням проблеми фінішної обробки займалися багато учених, але поєднання вібраційної та електромагнітної складових, отримання процесу притирки деталей з надтвердої кераміки та достатньо високих показників з якості та продуктивності обробки не було зроблено. Суть досліджуваної обробки полягає в тому, що на оброблювальне середовище і заготовки, що поміщені в робочу камеру вібраційного верстата, впливає постійне магнітне поле, спрямоване перпендикулярно площині циркуляційного руху робочого середовища. Робоче середовище переміщується під дією вібрації, а феромагнітний абразив, гранули Al_2O_3 і штучні алмази (які утримуються на гранулах) орієнтуються уздовж магнітних силових ліній. Магнітні силові лінії проходять через робочу камеру у напрямку від одного полюса до іншого. Заготовки не співударяються при обробці завдяки щільному розташуванню абразиву. У статті обґрунтовано, що одну з провідних ролей у вібро-магнітно-абразивному обробленні відіграє різальний інструмент. Саме вибір феромагнітного інструменту сприяє підвищенню якості виробів з надтвердої кераміки. Так як провідну роль у формуванні різального інструменту відіграє магнітне поле, то основою різального інструменту буде феромагнітний матеріал, у якому і утримуватимуться гранули, на яких розташовані штучні алмази.

Ключові слова: вібро-магнітно-абразивне оброблення, вібро-магнітно-абразивний інструмент, якість оброблення, фероабразивний порошок, різальний інструмент, форма магнітно-абразивних зерен, різальна здатність.

V.I. Burlakov. Modelling of the tool at vibro-magnetic-abrasive processing and its influence on the quality of processing of super hard ceramics. It has been shown that many scientists were concerned with the problem of finishing treatment, but they haven't managed to connect oscillation and electromagnetic components, to obtain lapping of parts from super hard ceramics and to get high enough quality and productivity indexes of treatment. The essence of treatment consists in the fact that the permanent magnetic field directed perpendicular to the plane of circulation motion of working environment influences on the processing environment and half-finished products in the working chamber of the oscillation machine-tool. The working environment moves under the action of vibration, while the ferromagnetic abrasive, the granules of Al_2O_3 and artificial diamonds (that are held on the granules) are oriented along the magnetic lines. The magnetic lines pass through the working chamber from one pole to the other. The half-finished products do not hit each other at treatment due to the dense location of the abrasive. Distance between the inner planes of the opposite walls of the working chamber in the direction from the electromagnet makes it possible to process the half-finished products of greater configuration, than the cutting plate of the tool, but it was not the task of that research. The half-finished products placed in the working chamber occupy free position. The half-finished products move along the columns of abrasive tool and due to the influence of vibration that assists the even removing of material, in the direction perpendicular to the lines of force of the magnetic-field, with the speed that equals to the vibration speed act-

* канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

ing on them. It provides the even removal of material, as half-finished products move in succession from the bottom to the top of the working chamber with approximately identical intensity of treatment. The electromagnets are permanent and the field, caused by them, keeps the lines of force integrate, thus, the «instrument» remains constantly space-stabilized. Moving half-finished products along the lines results in lapping. The article shows that the cutting tool plays a leading role in vibro-magnetic-abrasive treatment. It is the choice of ferromagnetic instrument that promotes the quality increase of the items of superhard ceramics. As the magnetic field plays the leading role in shaping the cutting tool, the basis of the cutting tool will be ferromagnetic material holding Al_2O_3 granules on which artificial diamonds are located.

Keywords: vibro-magnetic-abrasive treatment, vibro-magnetic-abrasive tool, quality of treatment, ferroabrasive powder, cutting tool, the shape of magnetic - abrasive grains, cutting ability.

Постановка проблеми. Актуальним науково-технічним завданням є вибір абразивного інструменту, який буде основою при вібро-магнітно-абразивному обробленні (ВіМАО) надтвердої кераміки і сприятиме отриманню високої якості обробленої поверхні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вібро-магнітно-абразивне оброблення – це новий вид оброблення, тому саме цьому виду майже не приділено уваги, але магнітно-абразивний інструмент застосовується й при обробці іншими видами оброблення.

Формуванням та впливом магнітно-абразивного інструменту на якість оброблення займалися значна кількість спеціалістів та вчених, серед яких, насамперед, В.С. Майборода, в роботах якого приділена увага магнітно-абразивній обробці лопаток на установці типу кільцева ванна, дослідженню умов магнітно-абразивного оброблення при кільцевому положенні магнітних зазорів, магнітно-абразивному обробленню кільцевого різального інструменту в умовах великих магнітних щільностей з використанням відновлювальних елементів, дослідженню закономірностей руху фероабразивного порошку при магнітно-абразивній обробці [1].

Ю.М. Барон займався технологією абразивної обробки в магнітному полі, дав характеристику поверхневого слою загартованої інструментальної сталі Р6М5, яка була оброблена магнітно-абразивним поліруванням і магнітною обробкою; вивчав проблеми тертя магнітно-абразивних порошків [2].

Роботи І.І. Білик присвячені отриманню магнітно-абразивних порошків з нерівномірним розподіленням абразивної складової. Роботи Д.Ю. Джулій, І.В. Ткачук, В.М. Гейчук присвячені визначенню впливу форми магнітно-абразивних зерен на їх різальну здатність, методиці оцінки абразивної здатності порошкових магнітно-абразивних матеріалів, формуванню магнітно-абразивного інструменту при магнітно-абразивному обробленні. Але, на жаль, проблема не була розкрита на сто відсотків.

Мета статті – розкрити роль феромагнітної складової вібро-магнітно-абразивного різального інструменту для покращення якості поверхні, що обробляється.

Виклад основного матеріалу досліджень. Вихідна магнітно-абразивна суміш при увімкненому магнітному полі установки утримується магнітними силами, обумовленими величиною магнітного поля в робочому просторі. Зразки різальних пластин із полікристалічного нітриду бору (ПКНБ) при накладанні вібрацій орієнтуються в просторі робочої зони за принципом найменшого опору переміщенню та при здійсненні поступальних рухів проходять через ущільнений магнітно-абразивний шар, здійснюючи обробку поверхонь. Незв'язані між собою зерна порошку переміщуються усередині робочої камери.

Відповідно до функціонального призначення магнітне поле формує з порошкової феромагнітної абразивної маси різальний інструмент з керованою жорсткістю. Кожна поверхня зразків із ПКНБ, що оброблюються, знаходиться у контакті із магнітно-абразивним шаром.

Як ріжучий інструмент при вібро-магнітно-абразивній обробці неможливо використання тільки традиційних абразивних матеріалів, так як вони повинні володіти не тільки абразивними, а й високими магнітними властивостями.

Основною властивістю магнітно-абразивних порошків є міцність з'єднання феромагнітної і абразивної складових. Останнє істотно впливає на стійкість зерен порошку при впливі термічних і механічних навантажень. Важливе значення має також мікротвердість, форма части-

нок, технологічність у виготовленні і вартість магнітно-абразивного порошку. Таким чином, в якості ріжучих елементів при ВіМАО використовуються порошки феросплавів, заліза, керметів та інших речовин, які вибираються залежно від матеріалу оброблюваних виробів, стану його поверхні і вихідної шорсткості.

Порція магнітно-абразивного порошку при увімкненому 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 допомагають магнітному полю утримувати порошок усередині робочого зазору [1].

Кожна поверхня зразку, що оброблюється, знаходиться у контакті з зерном. На поверхню діють сила різання P_z (якщо зерно упровалося в поверхню і здійснює мікрорізання або притирається до поверхні зразка) та сила тертя. Ці сили прагнуть захопити контактуюче зерно разом із заготовкою, що рухається, і повернути його щодо власного центру інерції. Руху зерен разом із поверхнею заготовки і їх поворотам перешкоджають оточуючі зерна, які під дією сил магнітного поля ущільнюються і створюють стовпчики з феромагнітного порошку.

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

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

Для того, щоб визначитися з величиною зерна, при обробці були проведені декілька спостережень, метою яких було визначення ступеня залежності продуктивності обробки від величини зерна абразиву (рис. 1).

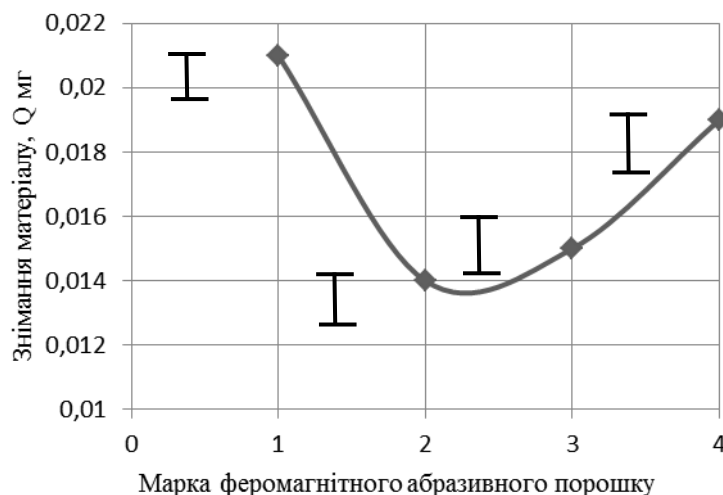


Рис. 1 – Залежність продуктивності обробки від дисперсності порошку ФЕРОМАП: 1 – ФЕРОМАП 630/400 мкм; 2 – ФЕРОМАП 400/315 мкм; 3 – ФЕРОМАП 315/200 мкм; 4 – ФЕРОМАП 200/100 мкм

Як показали попередні дослідження, при обробці таким порошком, 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 та порошків округлої форми, таких як: ПОЛІМАМ-М 400/315 мкм та ПР Р6М5 300/250 мкм. Тим більше, що всі ці порошки мають не дуже високі різальні властивості. Тому для досліджень було прийнято саме порошки типу ФЕРОМАП різної дисперсності.

Як показали 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 величина зерна, але саме вібраційна складова стала вирішальною при виборі більш продуктивного та більш дешевого матеріалу. Саме тому ФЕРОМАП 200/100 мкм був прийнятий за основний різальний матеріал.

Під час вібро-магнітно-абразивного оброблення при дії на електропровідні порошки полюсів магнітного індуктора і при переміщеннях зразків усередині робочого простору відносно стовпчиків абразиву, в них можуть індуктуватися електричні струми. Причинами появи індукційних струмів можуть служити також періодичні зміни щільності магнітного потоку в робочому просторі, якщо індуктор створює магнітне поле [2].

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, одна з яких має наступний зміст – магнітне поле формує з порошкової феромагнітної абразивної маси різальний інструмент з керованою жорсткістю і створює сили різання. Інші схеми не підходять за функціональним призначенням при ВіМАО.

Процес вібро-магнітно-абразивної обробки – це той процес, в якому видалення матеріалу розпочинається одночасно з вмиканням вібрації та створенням магнітного поля в зоні обробки. Визначення сил, що діють під час ВіМАО, важливе для розуміння механізму видалення матеріалу, бо сили безпосередньо впливають на формування готової поверхні.

Якість поверхні визначалася на безконтактному інтерференційному 3D-профілографі «Micron-alpha».

Якість поверхні ріжучої кромки формується на фінішних операціях, однак попередня обробка і заготівельний процес теж впливають на якість поверхні внаслідок технологічного успадкування вихідних властивостей заготовки на всіх етапах її обробки.

Шорсткість поверхні визначається прийнятим методом обробки, який характеризує розмір, форму шорсткості, напрямок штрихів обробки. Режими різання впливають на утворення шорсткості поверхні [3].

Розглядаючи приклади поверхонь зразків з надтвердої кераміки, можна зробити висновок про те, що після обробки ДЧК 630/400 мкм поверхня має хаотично розташовані риски і великі подряпини. Після обробки цього ж зразка ПОЛІМАМ-М 400/315 мкм кількість подряпин різко зменшилася, і вони придбали менш хаотичний характер. Це говорить про те, що певна обробка надтвердої кераміки відбулася, але домогтися потрібної шорсткості поверхні не вдалося.

На рисунку 2 представлені фрагменти поверхонь, які пройшли обробку ВіМАО.

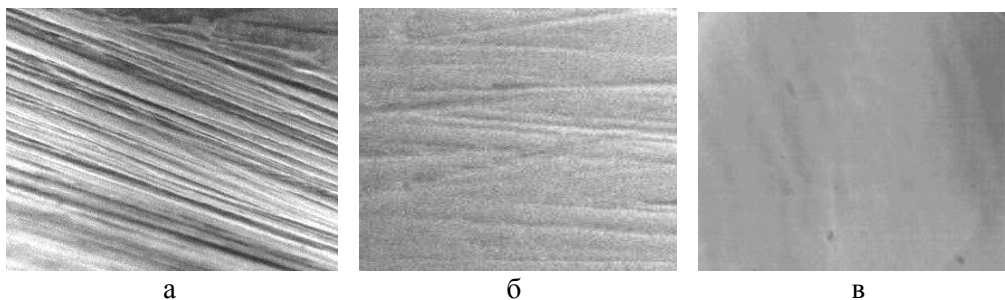


Рис. 2 – Поверхні зразків з надтвердої кераміки, що пройшли обробку ВіМАО з використанням різних феромагнітних абразивних матеріалів ($\times 500$): а – обробка ДЧК 630/400 мкм; б – обробка ПОЛІМАМ-М 400/315 мкм; в – обробка ФЕРОМАП 200/100 мкм

Таким чином при обробці ДЧК 630/400 мкм (рис. 2, а) відбулися зміни мікрорельєфу поверхні в кращу сторону, мікрорельєф при обробці ПОЛІМАМ-М 400/315 мкм (рис. 2, б) став якіснішим, а при обробці ФЕРОМАП 200/100 мкм (рис. 2, в) поверхня придбала квазіоднорідний характер, що є показником високої якості обробки поверхні.

Оцінюючи профілограми, робимо висновок за наведеними даними, що обробка ФЕРОМАП 200/100 мкм (рис. 3, в) привела до того, що шорсткість поліпшилась в середньому до 0,11 мкм. Такі показники говорять про те, що якість при обробці саме ФЕРОМАП 200/100 мкм значно підвищилася в порівнянні з іншими феромагнітними матеріалами.

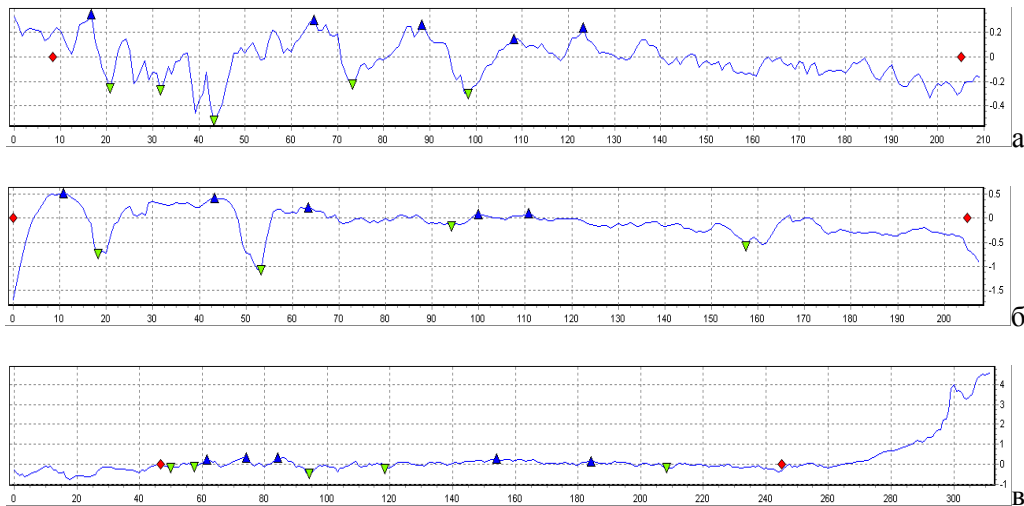


Рис. 3 – Профілограми поверхні надтвердої кераміки: Ind.results Sample а, Angle 0 Ra(1)=0.44 Ra при допуску (Lim=5.1) обробка ДЧК 630/400 мкм; Sample б, Angle 36 Ra(2)=0.22 при допуску (Lim=5.1) обробка ПОЛІМАМ-М 400/315 мкм; Sample в, Angle 108 Ra(3)=0.11 Ra при допуску (Lim=5.1) обробка ФЕРОМАП 200/100 мкм

Для використання в якості магнітно-абразивного інструменту (МАІ) можна рекомендувати абразивні частки тільки зі сфероїдальною формою зерна для забезпечення підвищеної поліруючої і зміцнюючої здатності за рахунок притирання оброблюваної поверхні, що у меншій мірі буде реалізуватися при використанні абразивних порошоків з іншою формою часток, які виконують переважно мікрорізання і диспергування матеріалу з поверхні заготовки.

Висновки

1. Встановлено, що ВіМАО забезпечує високопродуктивну і якісну обробку деталей, коли відбувається оброблення абразивним матеріалом ФЕРОМАП 200/100 мкм.
2. Профілограми поверхні надтвердої кераміки показують, що рельєф поверхонь після обробки ФЕРОМАП 200/100 мкм квазіоднорідний.
3. Встановлено можливість різання найбільш гострою кромкою зерна магнітно-абразивного порошку. Мікрочастки магнітного інструменту повинні бути тільки сфероїдальної форми.

Перелік використаних джерел:

1. Майборода В.С. Дослідження властивостей магнітно абразивного інструменту, сформованого із сумішей порошоків / В.С. Майборода // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : Зб. наук. пр. / ЖДТУ. – Житомир, 2009. – Вип. 6. – С. 144-159.
2. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Барон Ю.М. – Л. : Машиностроение, 1986. – 176 с.
3. Формування магнітно-абразивного інструменту при магнітно-абразивному обробленні довгомірних деталей у кільцевій робочій зоні / Д.Ю. Джулій, В.С. Майборода, І.В. Ткачук, В.М. Гейчук // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : Зб. наук. пр. / ЖДТУ. – Житомир. – 2011. – Вип. 11. – С. 92-107.

References:

1. Mayboroda V.S. Doslidzhennya vlastivostey mahnitno abrazyvnoho instrumentu sformovanomu z sumishey poroshkiv [Prescription of the power of magnetically abrasive tool molded from the sum of powders]. *Protsey mekhanichnoyi obrobky v mashynobuduvanni – Machining processes in mechanical engineering*, 2009, vol. 6, pp. 144-159. (Ukr.)
2. Baron Yu.M. Mahnitno-abrazyvna i mahnitna obrobka vyrobiv i rzhuchykh instrumentiv [Magnetic-abrasive and magnetic processing of products and cutting tools]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1986. 176 p. (Rus.)
3. Dzhuliy D.Yu., Mayboroda V.S., Tkachuk I.V., Heychuk V.M. Formuvannya mahnitno-abrazyvnoho instrumentu pry mahnitno-abrazyvnomu obroblenni dovhomirnykh detaley u kil'tsevyi robochiy zone [Formation of a magnetic-abrasive tool during magnetic-abrasive grinding of all-over parts near the cyclone working zone]. *Protsey mekhanichnoyi obrobky v mashynobuduvanni – Machining processes in mechanical engineering*, 2011, vol. 11, pp. 92-107. (Ukr.)

Рецензент: А.А. Андилахай
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 15.04.2021