

УДК 621.923.74

Бурлаков В. І., Шабунін М. І., Костигов Б. О.

ПРОЦЕС РІЗАННЯ ПРИ ВІБНО-МАГНІТНО-АБРАЗИНОЇ ОБРОБЦІ (ВіМАО) НАДТВЕРДОЇ КЕРАМІКИ

Роль керамічних різальних пластин важко недооцінювати. За останні десятиліття машинобудівне виробництво досягло значного прогресу. Створені високоефективні верстатні системи дозволяють підвищити продуктивність механічної обробки за рахунок високих і надвисоких швидкостей різання. Проте практичне використання цього потенціалу значно обмежується експлуатаційними показниками різальних інструментів і їх недостатньо високою здатністю чинити опір процесам зношування і руйнування під дією високих термомеханічних навантажень. Очевидно, що для вирішення цієї проблеми потрібні інструменти, орієнтовані на високошвидкісну лезвійну обробку.

За останні десятиліття машинобудівне виробництво досягло значного прогресу. Створені високоефективні верстатні системи дозволяють підвищити продуктивність механічної обробки за рахунок високих і надвисоких швидкостей різання. Проте практичне використання цього потенціалу значно обмежується експлуатаційними показниками різальних інструментів і їх недостатньо високою здатністю чинити опір процесам зношування і руйнування під дією високих термомеханічних навантажень. Очевидно, що для вирішення цієї проблеми потрібні інструменти, орієнтовані на високошвидкісну лезвійну обробку.

Оскільки кераміка має підвищену червоностійкість, вона забезпечує найбільшу швидкість різання. Крім того, вона хімічно інертна по відношенню до оброблюваного матеріалу, що має велике значення при механічній обробці жароміцних і нержавіючих матеріалів. Кераміка не містить дорогих легуючих елементів, тому вона є дешевим інструментальним матеріалом. Пластинами з кераміки оснащують торцеві фрези при фрезеруванні конструкційних, легованих і хромистих сталей.

Дуже часто керамічні пластини використовуються на фінішних операціях. Оброблену з їх допомогою поверхню, як правило, можна відразу шліфувати, якщо в цьому є необхідність. Керамічні пластини зайняли свою нішу навіть в космічній галузі, де з їх допомогою обробляються деталі з жароміцних матеріалів.

У статті зроблена спроба показати деякі аспекти обробки надтвердої кераміки, які полягають у впливі деяких чинників на обробку матеріалу новим способом вібро-магнітно-абразивним.

Ключові слова надтверда кераміка, різальні пластини, керамічні пластини, вібраційна обробка, рідина що охолоджує, інструмент, щільність насичення, абразив.

Постановка проблеми. Проблема якісної металообробки стоїть дуже гостро. Тому використання в якості різального інструменту надтвердої кераміки може підвищити

продуктивність та якість оброблення. Таким чином розробка нових методів оброблення надтвердої кераміки є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом інструменту з надтвердої кераміки все більше приділяється увага з боку вчених як України так і зарубіжжя. Розкриттю схожих проблем приділяють увагу такі учені, як: Бабічев А. П. [1], який працює у вібраційних та зміцнюючих процесах, а також Гречишніков В. А. [2], Колесов М. В., Петухов Ю. С. які займалися математичним моделюванням у інструментальному виробництві, що дає можливість суттєвим чином підвищити параметри якості деталей та окремих вузлів машин. Кузін В. В. [3], який працював у сфері обробки різальних пластин з надтвердої кераміки, її заточки та випробуванні. Власов В. І. приділяв увагу розробці режимів різання конструкційних матеріалів[4]. Пронін А. І., Мильніков В. В., Рожков І. І. [5] зробили вагомий внесок у розробку різального інструменту який оснащений різальними пластинами з надтвердої кераміки. Але проблема досі не розкрита багатогранно. В Україні відсоток інструменту який вживається у виробництві дуже малий в порівнянні з США та Євросоюзом. Тому процес підготовки різальних пластин їх заточування та використання це актуальне питання яке вимагає рішення.

Мета досліджень. Показати, що вібро-магнітно-абразивна обробка здатна вирішувати досить складне питання яке пов'язано з обробкою різальних пластин з надтвердої кераміки. Розповісти про роль ущільнення середовища яке оброблює кераміку і використання змащувально-охолоджуючої рідини сприяє підвищенню продуктивності процесу обробки надтвердої кераміки.

Викладення основного матеріалу. Утворені в процесі пластичної деформації ультрамікроскопічні тріщини поширюються з надзвичайно високою швидкістю. Ультрамікроскопічні тріщинки в зоні різання перетворюються в мікроскопічні. При цьому виникають новоутворені ювенільні поверхні, які мають викривлену кристалічну решітку, і з високою швидкістю покриваються молекулами сольватного шару.

У даний час існують дві точки зору з питання вибору фінішних абразивних операцій. Одні дослідники вважають за краще обробку брусками, інші - вільним абразивом. Шліфувальний круг або абразивний брусок принципово відрізняються від вільного абразиву, хоча, на перший погляд, як інструменти, вони мають одну і ту саму природу. Можна було б очікувати, що доведення брусками, як найтонший процес шліфування, буде аналогічним процесу ВіМАО. Насправді це не так.

Для фінішних операцій, які будуть імітувати процес притирання, абразивний матеріал є більш досконалим інструментом. Він має властивість автоматичного регулювання процесу протягом одного робочого циклу, забезпечуючи тим самим поступовий перехід від різання до процесу притирання.

Відомо, що навіть при однаковому маркуванні фактичні характеристики абразиву можуть значно відрізнятися один від одного. При однакових умовах, але при зміні абразиву може виходити різна шорсткість обробки поверхні. Якщо абразив більш твердий, він буде працювати з затупленням і з засалюванням, при цьому обробка не припиниться але не буде достатньо якісною тому що такий абразив повільніше буде перетворюватися на порошок.

Якщо ж абразив м'якший, він буде скоріш переведений у стан порошку і так само якісно оброблювати поверхню, тобто працювати в режимі притирання.

ВіМАО, що розробляється, в процесі роботи створює стабільні умови утворення доведеної поверхні. Процес дроблення зерен до кінця циклу призводить робочу поверхню зерна в однаковий стан, а тому і вигладжуваний ефект завжди однаковий.

У кожному циклі характер переходу від процесу різання до процесу загладжування абсолютно однаковий і автоматично підтримується. Отже, можна сказати, що при ВіМАО зберігається сувора внутрішня закономірність протікання робочого циклу, а при роботі іншими методами такої закономірності може і не існувати. Розкид вихідної фактичної характеристики видів обробки створює розкид результатів, що характеризують шорсткість поверхні. В останньому випадку сталість режимів обробки не гарантує сталої якості поверхні.

За параметри порівняльної оцінки ефективності оздоблювальної обробки прийняті: знімання матеріалу з деталі Q , шорсткість обробленої поверхні та інші показники. Ефективність абразивного доведення визначається фізико-механічними властивостями оброблюваного матеріалу, матеріалу абразиву, мастильно-охолоджувальною рідиною, яка подається в зону обробки, а також факторами, що характеризують режим обробки.

Геометрію абразивного зерна можна оцінювати за кількістю різальних кутів і виступів (макрогеометрія), ступенем гладкості поверхонь, що утворюють ці кути і виступи (геометрія зерна), і за радіусом заокруглення кутів і виступів.

Н. І. Богомолів, вивчаючи процес абразивної обробки з використанням одиничного зерна, встановив можливість саморегулювання процесу, яка полягає в тому, що при певному тиску абразивне зерно руйнується і, тим самим, автоматично регулює максимальну глибину свого проникнення в метал.

Різальна здатність абразивних зерен визначається не тільки їх твердістю, але міцністю і іншими властивостями абразивних матеріалів.

В основу вивчення механізму оздоблювальних процесів І. Кремень пропонує покласти дві основні ознаки:

- 1) число ступенів свободи абразивного зерна;
- 2) вид взаємодії зерна з оброблюваною металевою поверхнею.

Число ступенів свободи вільного абразивного зерна - 6 так як воно не закріплено. Ступінь шаржування абразивними зернами в поверхню деталі визначається питомим тиском, твердістю притиру і деталі, кінематикою їх відносного переміщення, зернистістю абразивних зерен.

Істотно впливає на знімання матеріалу щільності «насичення» стовпчика інструмента при обробці м'якими абразивними зернами. Встановлено, що залежність знімання матеріалу від щільності м'яких абразивних зерен має пік при $0,25-0,35 \text{ г/см}^3$. Подальше збільшення щільності веде до зниження знімання матеріалу і підвищенню шорсткості обробленої поверхні (рис. 1).

Машинобудування і зварювальне виробництво

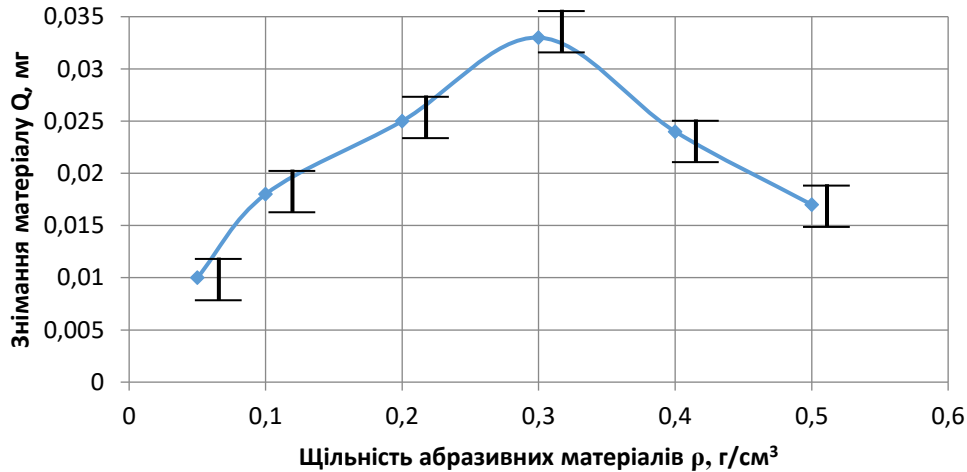


Рисунок 1 – Залежність знімання матеріалу від щільності «насичення» абразивними зернами

В даному випадку ми маємо завдання лінійного програмування. У завданнях лінійного програмування необхідно знайти екстремум лінійної функції (цільовій функції) на множині, обмеженій системою лінійних рівнянь і нерівностей.

Математична модель загального завдання лінійного програмування має вигляд:

$$\begin{aligned}
 f(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min (\max) \\
 \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, k \\
 \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i \quad i = k+1, \dots, l \\
 \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j &\geq b_i \quad i = l+1, l+2, \dots, m, \quad x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, p, p \leq n
 \end{aligned}$$

Безліч точок $M(x_1, x_2, \dots, x_n)$, що задовольняють цим обмеженням, утворюють допустиму множину. Далі вважатимемо, що усі змінні невід'ємні, т. е. $p = n$. Введенням додаткових змінних завдання зводиться до канонічного виду, в якому усі обмеження являються вище розглянута рівність, т. е. отримуємо завдання:

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min (\max) \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j &= b_i \quad i = 1, 2, \dots, k, k \leq n \\
 x_j &\geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

У основі рішення цієї задачі лежить наступне твердження: якщо завдання має рішення, то екстремум цільової функції досягається в одній з кутових точок допустимої великої кількості.

У практичному відношенні цікавлять процедури Minimize і Maximize пакету MathCAD, що дозволяють вирішити це завдання. Чисельно вирішуючи дане завдання, отримаємо, що щільність насичення абразивним матеріалом буде знаходитися у межі 0,25 - 0,35 г/см³.

Такий результат й буде підтвердженням коректності проведених експериментів.

Використання змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР) при будь-якому виді обробки необхідно по деяким параметрам. По-перше це охолоджувальний ефект, по-друге це дає

ефект рівномірності обробки і по-третє очистка деталей. Але при ВіМАО охолоджувальний ефект не дуже важливий в нашому випадку тому що як було сказано вище про відвід тепла з зони різання ця проблема не може бути істотною.

Представляти інтерес може й третя складова, замінивши обмивання деталі після обробки в окремій ємності.

При вібраційній обробці вільним гранульованим середовищем існує вірогідність використання робочого розчину, що має відповідні властивості, тобто малим поверхневим натягненням, що забезпечує змочування поверхонь оброблюваних деталей, оскільки це сприяє рівномірній обробці. Оптимуму можна досягти шляхом регулювання в'язкості робочого розчину, від якої залежить товщина плівки, що утворюється на поверхні оброблюваних деталей.

Одночасно в'язкий шар збільшує площу зони контакту, за рахунок чого розширюється дія прикладеної сили на поверхню що оброблюється. Це дозволить одночасно деформувати більшу кількість гребінців мікронерівностей, знижуючи шорсткість поверхні, і в той же час знижувати адгезійні властивості. Для збільшення в'язкості і хімічної активності робочого розчину в нього додають поверхнево-активні речовини (ПАР). Такі розчини полегшують процес пластичної деформації за рахунок розклинюючого ефекту (ефект Ребіндера) і сприяють рівномірності обробки.

ВИСНОВКИ

Отримана математична модель екстремумам що має на увазі максимальну щільність абразивного інструменту, яку необхідно враховувати при обробці. Істотний вплив на знімання матеріалу надає щільність «насичення» оброблюваної поверхні м'якими абразивними зернами і має екстремум при $0,3 \text{ г/см}^3$. Встановлено, що використання ЗОР при ВіМАО сприяє очищенню деталей підвищує рівномірність обробленої поверхні.

Перелік використаних джерел:

1. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом / А. П. Бабичев [и др.]. – Ростов-на-Дону, ДГТУ, 2003. – 192 с.
2. Гречишников, В. А. Математическое моделирование в инструментальном производстве / В. А. Гречишников, Н. В. Колесов, Ю. Е. Петухов. – М. : МГТУ «Станкин». 2003. – 113 с.
3. Кузин, В. В. Технология заточки режущих пластин из нитридной керамики / В. В. Кузин // Технология машиностроения. – 2006. – № 9. – С. 33–37.
4. Власов, В. И. Процессы и режимы резания конструкционных материалов : справочник / В. И. Власов. – М. : ИТО, 2007. – 189 с.
5. Пронин, А. И. Повышение эффективности обработки за счет использования режущего инструмента, оснащенного упрочненными пластинами из сверхтвердых материалов и режущей керамики / А. И. Пронин, В. В. Мильников, И. И. Рожков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10-3. – С. 377–380.

Бурлаков В. И., Шабунин М. И., Костыгов Б. А.

ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ ПРИ ВИБРО-МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СВЕРХТВЕРДОЙ КЕРАМИКИ

Роль керамических режущих пластин трудно недооценить. За последние десятилетия машиностроительное производство достигло значительного прогресса. Созданные высокоэффективные станочные системы позволяют повысить производительность механической обработки за счет высоких и сверхвысоких скоростей резания. Однако практическое использование этого потенциала значительно ограничивается эксплуатационными показателями режущих инструментов и их недостаточно высокой способностью сопротивляться процессам изнашивания и разрушения под действием высоких термомеханических нагрузок. Очевидно, что для решения этой проблемы необходимы инструменты, ориентированные на высокоскоростную лезвийную обработку.

Требованиям высокоскоростного резания в наибольшей степени отвечают инструменты, оснащенные керамическими режущими пластинами, которые успешно применяются на окончательных операциях механической обработки деталей из чугунов, закаленных сталей и цветных сплавов. Эти инструменты позволяют значительно увеличить производительность механической обработки и повысить качество изготовленных деталей при выполнении постоянно возрастающих экологических требований.

В статье сделана попытка показать некоторые аспекты обработки сверхтвердой керамики, которые заключаются во влиянии отдельных факторов на обработку материала новым способом - вибро-магнитно-абразивным.

Ключевые слова: *сверхтвердая керамики, режущие пластины, керамические пластины, вибрационная обработка, охлаждающая жидкость, инструмент, плотность насыщения, абразив.*

Burlakov V. I., Shabunin M. I., Kostygov B. A.

CUTTING PROCESS AT VIBRO-MAGNETIC-ABRASIVE TREATMENT OVER HARD CERAMICS

The role of ceramic cutting plastins it is difficult to underestimate. For the last decades a machine-building production attained considerable progress. Created the high-efficiency machine-tool systems allow to promote the productivity of tooling due to high and very high-rates of cutting. However, the practical use of this potential is considerably limited to the operating indexes of cutting instruments and them by high not enough ability to offer resistance to the processes of wear and destruction under the action of the high thermal mechanical loading. Obviously, that for the decision of this problem the necessary instruments oriented to high-speed blade treatment.

For the last decades a machine-building production attained considerable progress. Created the high-efficiency machine-tool systems allow to promote the productivity of tooling due to high and very high-rates of cutting. However, the practical use of this potential is considerably limited to the operating indexes of cutting instruments and them by high not enough ability to offer resistance to the processes of wear and destruction under the action of the high thermal mechanical loading.

Obviously, that for the decision of this problem the necessary instruments oriented to high-speed blade treatment.

As ceramics have increase red-hardness, she provides most speed of cutting. In addition, she chemically inert in relation to the processed material that matters very much at tooling of heatproof and non-rusting materials. Ceramics do not contain expensive alloying elements, that is why she is more cheap instrumental material. From ceramics equip butt-end milling cutters plates at milling of construction, alloyed and chromic steels. Very often ceramic plates are used on finish operations. A treat with their help surface, as a rule, it can at once polish, if herein there is a necessity. Ceramic plates occupied the niche even in space industry, where with their help details are processed from heatproof materials.

In the article the done attempt to show some aspects treatments of over hard ceramics, that consist in influence of some factors on treatment of material by a new method a vibro - magnetic - abrasive.

Keywords: *over hard ceramics, cutting plates, ceramic plates, oscillation treatment, cooling a liquid, instrument, closeness of satiation, abrasive.*

*Рекомендовано до публікації: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С. С.
Стаття надійшла 14.12.2020 р.*

УДК 621.91

Водзянский В. В., Потлов В. А., Бантюков В. В.

ОБРОБКА ТОЧНИХ (ПІДШИПНИКОВИХ) ШИЙОК ВАЛІВ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ В УМОВАХ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розроблена, випробувана на підприємстві і теоретично обґрунтована технологія ремонту точних підшипникових шийок крупногабаритних "сирих" валів на токарних верстатах в якій наголос зроблено на використання незвичної методики при обробці таких поверхонь на важких токарно-гвинторізних верстатах, суть якої полягає в регулюванні верхніх санчат супорта верстата з врахуванням відстані між ремонтуємими шийками. Розроблена технологія у статті обґрунтована теоретичними викладками, які представлені як рішення поставленої задачі методом розмірних ланцюгів і ця методика була використана у нашій роботі з врахуванням методу підгонки і підтверджено що вона реальна і може бути застосована у ремонтному виробництві. Відомо що обробка на важких токарних верстатах виконується з використанням лезвійного інструменту, а тим паче в умовах ремонтного виробництва, то не завжди можливо одержати необхідні діаметральні і лінійні розміри з необхідною точністю тому що вони залежать від геометричної точності верстата, а також параметри поверхні по шорсткості $Ra = 0,8-0,4$ мкм, одержавши також необхідні на поверхні стискаючи остаточні напруження потрібної величини і напрямку, які можливо одержати якимсь конкретним засобом. Тому у роботі представлені результати проведених нами досліджень у вигляді графіків по виявленню залежності величин і напрямків стискаючих остаточних напружень від режимних характеристик обробки. Також нами було проведено аналіз і прийнято рішення щодо одержання необхідних параметрів по стискаючих