

7. Pashchenko, E.O., Kukharenko, S.A., Bychikhin, V.M., et al. (2019). *Patent of Ukraine 119114, МПК В24D 3/20. Sposib otrymannia instrumentalnoho kompozytu z nadtverdykh materialiv na osnovi funktsionalizovanykh oksydneykh poroshkiv [The method of obtaining an instrumental composite from superhard materials based on functionalized oxide powders]*. (Patent Ukrainy № 119114) [in Ukrainian].

УДК 53.06.621.923.546.1

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-381-384

О. П. Денисенко¹, В. І. Кисіль², В. В. Білорусець¹, Л. Г. Макаренко³, О.М. Кошкін¹

¹Інститут надтвердих матеріалів імені В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська 2, 04074 м. Київ, e-mail: dar48@ukr.net

²Компанія “Ремонт Центр”, просп. Відрадний, 107, 02000 м. Київ, Україна, e-mail: kvi@gmail.com

³Інститут ядерних досліджень НАН України, просп. Науки, 47, 03028 м. Київ, Україна, e-mail: interder@ukr.net

МЕХАНІЗМ УТВОРЕННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ХОНІВ В ПРОЦЕСІ ХОНІНГУВАННЯ

У статті подано результати дослідження механізму взаємодії зерен хонів із зв'язаним абразивом з обробленою поверхнею циліндрів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Зазначено, що з метою оцінювання руйнування зерен SiC на робочій поверхні хону використовувався растровий електронний мікроскоп з енергодисперсійним аналізатором рентгенівських знімків. Визначено характерні ознаки руйнування цілого зерна до і після хонінгування.

Показано характер зламу частинок SiC із утворенням дрібних гострих різальних країв. Доведено, що такі частинки мають високу твердість і різальні властивості. Під час взаємодії зерен в процесі хонінгування циліндрів утворюється поверхня, що сприяє збільшенню маслостійкості та опорної площі при високій якості структури.

Розглянуто ефективність попереднього базового хонінгування з огляду на видалення припуску, а також оптимізацію режимів обробки з необхідним якісним складом абразивних хонів.

Проаналізовано механізм взаємодії зерен карбиду кремнію, що знаходяться в робочій поверхні хонів, із обробленою поверхнею циліндрів.

Вказано, що результати дослідження можна використовувати для аналізу ефективності хонів при створенні процесів базового та фінішного хонінгування.

Ключові слова: механізм руйнування зерен, інструмент із зв'язаним абразивом, структура робочої поверхні хону, базове хонінгування, двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ)

Вступ

Найважливішим завданням технічного прогресу в галузі машинобудування є підвищення надійності та довговічності роботи машин та механізмів. Вирішення його пов'язане із удосконаленням технологічних методів і засобів обробки деталей, тобто з технологічним забезпеченням високої точності їхньої геометричної форми, низької шорсткості поверхні, кращого фізико-механічного стану поверхневих шарів металу та скороченням у часі технологічного процесу. Саме на останніх операціях формується поверхневий шар деталей, що визначає їхні експлуатаційні властивості.

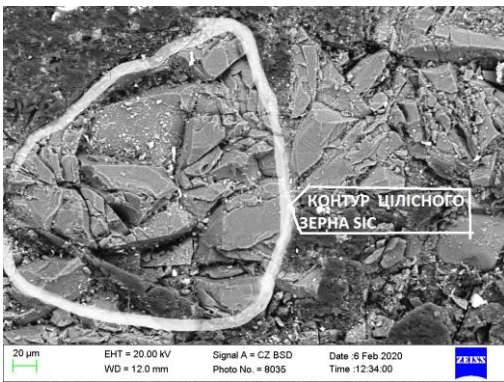
Обробка отворів методом хонінгування у вітчизняній та зарубіжній практиці в останні роки набула широкого поширення. Вона застосовується в автомобільній, авіаційній, тракторній, сільськогосподарській, нафтовій та інших галузях машинобудування при обробці деталей із чавуну, сталі, кераміки, пластмас та кольорових металів. Хонінгування підвищує точність геометричної форми та зменшує шорсткість поверхні, а також стабілізує якість оброблюваних деталей та підвищує надійність технологічних процесів [1, 2].

Проблемами хонінгування займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені. Зокрема, О. П. Бабічев та М. О. Тамаркін у своїх дослідженнях пропонують використання нового матеріалу як зв'язувального інструменту в абразиві; С. А. Клімов, В. І. Зайцев, Ю. М. Полянчиков, Л. Г. Гільдебранд та ін. – використовували електрохімічне хонінгування; С. І. Куликов, Ф. Ф. Різванов розглядають вплив різних видів осцилюючих рухів на процес хонінгування; В. І. Бутенко, О. В. Чистяков досліджують вплив температури на процес обробки та пропонують застосування мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ певної температури; В. М. Шумячер, І. М. Нікіфоров – вплив складу мастильно-охолоджуючої рідини на процес абразивної обробки; Ю. Н. Полянчиков, Ю. П. Адлер, А. А. Омеляненко – вибір оптимальних режимів різання при хонінгуванні тощо.

Основна мета хонінгування поверхні циліндрів двигунів внутрішнього згорання – формування оптимального мікропрофілю з більшою опорною поверхнею і глибоких рисок, які сприяють вивільненню графіту (складової чавуна) на робочій поверхні [3]. Залежно від вибору зернистості абразиву, задіяного у зв'язці хону, досягається потрібний результат. Дослідженню хонів зі зв'язаним абразивом передувало моделювання процесу руйнування зерен SiC з використанням планетарного млина М-44Л. Аналіз дисперсійного стану подрібненого карбиду кремнію, проведений на лазерному дифракційному аналізаторі MAS – MASTERSIZER, показав, що кількість дрібних зерен превалює при розподілі розміру частинок, а це значно зменшує продуктивність хонінгування [4]. Тому, для забезпечення суттєвого припуску при хонінгуванні, було вибрано SiC зернистості 160/125. В нашому випадку розглядається хонінгування інструментом зі зв'язаним абразивом, де за рахунок впливу структурних факторів на механічні властивості твердих і крихких фаз SiC відбувається їхня руйнація [4, 5]. Це сприяє отриманню оптимального мікропрофілю обробленої поверхні циліндрів та ефективному використанню хонів.

Результати досліджень

Дослідження та аналіз механізму руйнування зерен абразиву високої концентрації при хонінгуванні спеціальним інструментом надали можливість визначити різновид зламу шліфувальних часток SiC .



Контур цілісного зерна SiC розміром 290x240 мкм після хонінгування

Для оцінювання зламу зерен SiC на робочій поверхні хону використовувався растровий електронний мікроскоп *Carl Zeiss EVO 50XVO* з енергодисперсним аналізатором рентгенівських спектрів. Спостерігалось часткове дробіння зерен з утворенням менших фрагментів із гострими різальними кромками, що дає можливість уникнути засалювання робочої поверхні хону (рисунок). Ці частинки мають високу твердість, поступаючись карбиду бора та алмазу, і значні різальні властивості.

Взаємодія таких зерен із хонінгувальною поверхнею циліндрів забезпечує однорідну тонку фактуру її мікропрофілю. Окрім цього, вони впливають на стан поверхні, що гарантує збільшення маслостійкості щодо опорної площі при високій якості структури поверхневого шару циліндра.

Для утворення більш однорідної зернистості в зв'язку хонів вводили лише калібровані зерна М40 із Al_2O_3 , які в процесі хонінгування подрібнювали більші за розміром зерна SiC.

Проведені випробування розроблених абразивних хонів АББХ 125x8x7 на органічній зв'язці з використанням суміші SiC (карбіду кремнію зеленого) 64С зернистості 160/125 й оксиду алюмінію (Al_2O_3) зернистості М40 при обробці чавунних циліндрів ДВЗ в умовах ремонтного центру показали, що за продуктивністю та якістю оброблених поверхонь блоків (гільз) випробувані хонінгувальні бруски дають можливість збільшити швидкість роботи на 30%. Ці хони використовувалися для попереднього базового хонінгування.

Фінішне хонінгування проводилося на органічній зв'язці з SiC зернистості М40, оскільки все навантаження щодо ефективного видалення припуску і поліпшення (виправлення) форми внутрішньої поверхні циліндра бере на себе хон, який, насамперед, містить КЗ із зерном 160/125.

Здатність крихкого руйнування і подрібнення зерен карбіду кремнію, розташованого на робочій поверхні хону, під час його дискретного контакту з оброблюваною поверхнею передбачає такі стадії, як:

1) початкова – зерна ще великі (до 600 мкм), вони знімають значну частину припуску до 0,2 мкм і виправляють порушення внутрішньої форми поверхні циліндра. Робоча поверхня хону не засалюється через постійно розкрити структуру;

2) завершальна – крихкі частки карбіду кремнію SiC і оксиду алюмінію Al_2O_3 очищають поверхню циліндра, що робить її більш змочуваною (подібно до крацевання).

Висновки

Досліджено, що в процесі хонінгування робочою поверхнею хону, яка містить абразивні зерна SiC, відбувається крихке їх подрібнення з утворенням фрагментів із гострими різальними кромками, що дає можливість ефективно знімати припуск без засалювання хону. Це дає можливість зменшити час і спрощує технологію самого процесу хонінгування.

Результати дослідження можна використати для аналізу ефективності застосування інструмента із закріпленими великими або дрібними зернами SiC при створенні базового або фінішного процесу хонінгування.

О. Denisenko¹, V. Kisel², V. Belorusets¹, L. Makarenko³, O. Koshkin¹

¹*V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of National Academy of Ukraine*

²*Company "Repair Center", Ukraine*

³*Institute of nuclear researches of National Academy of Sciences of Ukraine*

MECHANISM OF FORMATION OF THE MICRORELIEF OF HONES WORKING SURFACE IN THE PROCESS OF HONING

The article presents the results of the study of the mechanism of interaction of hone grains with a bound abrasive with the treated surface of cylinders of internal combustion engines (ICE).

It is indicated that in order to simulate the process of grinding SiC grains with a grain size of 160/125, their fine grinding was carried out on a laboratory planetary mill M-44L, which, according to domestic and foreign research, is widely used when grinding materials that are difficult to grind, for example, carbides, synthetic diamonds, etc.

It is noted that in order to evaluate the characteristics of SiC grain destruction on the working surface of the hone, a Carl Zeiss EVO50XVO scanning electron microscope with an X-ray energy dispersive analyzer was used. Characteristic signs of destruction of the whole K3(SiC) grain before and after honing were determined.

The characteristics of the fracture of SiC particles with the formation of small sharp cutting edges are also presented. It has been proven that such particles have high hardness and cutting properties. During the interaction of the grains with the honing surface of the cylinders, a surface is formed, which contributes to the

increase of oil resistance and the bearing area with a high quality of the surface structure. The final honing is carried out on an organic bond with SiC grain size M40. Since all the load related to the effective removal of the allowance and improvement (correction) of the shape of the inner surface of the cylinder is taken by the hone, which, first of all, contains short-circuiting with a grain of 160/125. In addition, the unique composition of the bakelite bond is optimized taking into account rational honing modes.

The effectiveness of the preliminary basic honing is considered in view of the removal of the allowance, as well as the optimization of processing modes with the necessary high-quality composition of abrasive hones.

The mechanism of interaction of silicon carbide grains located in the working surface of the hones with the processed surface of the cylinders was analyzed.

It is indicated that the results of the study can be used to analyze the efficiency of hones in the creation of basic and final honing processes.

Key words: mechanism of grain destruction, tool with bound abrasive, structure of the working surface of the hone, basic honing, ICE – internal combustion engines.

Література

1. Рыжов Э. В. Высокоэффективные процессы финишной обработки. Київ: Наук. думка, 1987. 256 с.
2. Киричок П. О., Роїк Т. А., Гавриш А. П., Шевчук А. В., Віцюк Ю. Ю. Фінішне оброблення зносостійких деталей друкарських машин. Навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 404 с.
3. Стрижаков В. Л., Чалый В. Т., Шило А. Е. Инструмент для платовершинного хонингования, соответствующий требованиям ведущих зарубежных моторостроительных фирм. *Инструментальный світ*. 2008. № 1(37). С. 45–48.
4. Кошкин А. М., Соколюк Д. В., Белорусец В. В., Полторацкий В. Г., Кротенко Т. Л., Кодрик А. И., Денисенко А. П., Калина Е. В. Эффективные методы обработки деталей алмазными и абразивными хонинговальными брусками. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения*. Сб. науч. тр. Вып. 20. Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, НАН Украины, 2017. С. 535–539.
5. Дыбань Ю. П., Миролюз В. М., Гриднева И. В., Базилевич В. Д., Чугунова С. И., Гончарук В. А. Влияние зернового состава SiC-наполнителя на структуру и прочность реакционноспеченного карбида кремния. *Порошковая металлургия*. 1989. Вып. 8. С. 73–81.

Надійшла 03.10.23

References

1. Ryzhov, E. V. (1987). *Vysokoeffektivnye protsessy finishnoi obrabotki [Highly effective finish processing]*. Nauk. dumka [in Russian].
2. Kyrychok, P. O., Royik, T. A., Havrish, A. P., et al. (2014). *Finishne obroblennia znosostiikykh detalei drukarskykh mashyn: navch. posibnyk [Finishing of wear-resistant parts of printing machines]*. NTUU «KPI» [in Ukrainian].
3. Strizhakov, V. L., Chalyiy, V. T., & Shilo, A. E. (2008). Instrument dlia platovershinnoho khoninhovaniia, sootvetstvuiuschii trebovaniiam vedushchikh zarubezhnykh motorostroitelnykh firm [Tool for plate top honing, meeting the requirements of leading foreign engine manufacturers]. *Instrumentalniyi svit – Instrumental world*, (1(37)), 45–48 [in Russian].
4. Koshkin, A. N., Sokolyuk, D. V., Beloruset, V. V., et al. (2017). Effektivnye metody obrabotki detalei almaznymi i abrazivnymi khoninhovalnymi bruskami [Effective methods for processing parts with diamond and abrasive honing stones]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*. (20nd Issue, p. 535–539) [in Russian].
5. Dyiban, Yu. P., Mirolyuz, V. M., Gridneva, I. V., et al. (1989). Vliianie zernovoho sostava SiC-napolnitelia na strukturu i prochnost reaktsionnospechennoho karbida kremniia [Influence of the grain composition of the SiC filler on the structure and strength of reaction-sintered silicon carbide]. *Poroshkovaia metallurgiiia – Powder metallurgy*, (8), 73–81 [in Russian].