

References

1. Andrievskii, R.A., & Spivak I.I. (1984). *Nitrid kremniia i materialy na yeho osnove [Silicon nitride and materials based on it]*. Metallurgiiia [in Russian].
2. Ivzhenko, V.V., Dub, S.M., Tkach, V.M., & Kosenchuk, T.O. (2021). Rozrobka termostiikoho materialu na osnovi nitrydu kremniuu z pidvyshchenoiu znosostiikistiuu [Development of heat-resistant material based on silicon nitride with high wear resistance]. *Instrumentalnoe materialovedenie – Tooling materials science*. (24nd Issue, p. 430–440) [in Ukrainian].
3. Ivzhenko, V.V., Gevorkyan, E.S., & Kosenchuk, T.O. (2021). Spikannia ta vlastyvoli materialiv na osnovi karbidiv kremniuu, boru i tytana, otrymanykh metodom elektroiskrovoho spikannia [Sintering and properties of materials based on carbides of silicon, boron and titanium, obtained by the method of electrospark sintering]. *Nadtverdi materialy – Superhard materials*, 6. 35–46 [in Ukrainian].
4. Ivzhenko, V. V., Tkach, V. M., & Kosenchuk, T. O. (2022). Vplyv skladu ta tysku na mekhanichni vlastyvoli ta znosostiikist sialonu [Influence of composition and pressure on mechanical properties and wear resistance of sialon]. *Instrumentalnoe materialovedenie – Tooling materials science*. (25nd Issue, p. 311–321) [in Ukrainian].
5. Riley, R. M. (2000). Silicon nitride and related materials. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 63, 245–265.
6. Maistrenko, A.L., & Dub, S.N. (1993). Prohnozirovanie iznosostoikosti khrupkikh materialov po tverdosti i treshchinostoikosti [Prediction of wear resistance of brittle materials by hardness and crack resistance]. *Zavodskaia laboratoriiia – Factory laboratory*, 1, 52–54. [in Russian].

УДК 621.923

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-369-375

С.В. Рябченко¹, Я.Б. Аргиров², Т.М. Мечкарова², кандидати технічних наук

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

²Технічний Університет Варни, вул. Студентска 1, 9010, м. Варна, Болгарія
e-mail: t.mechkarova@tu-varna.bg; jaroslav.1955@abv.bg

ШЛІФУВАННЯ НАПЛАВЛЕНИХ МАТЕРІАЛІВ З СПЕЦІАЛЬНИХ СПЛАВІВ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИМИ ГОЛОВКАМИ

Шліфування наплавлених матеріалів є одним з методів обробки деталей машин, які потребують ремонту після потужної експлуатації. Розглядається питання підвищення ефективності шліфування наплавлених матеріалів алмазно-абразивним інструментом. Досліджені проблеми в обробці наплавлених матеріалів та забезпечення якості обробки поверхні і фізико-механічного стану створеного поверхневого шару. Проведено випробування шліфування наплавлених матеріалів з спеціального дуплексного сплаву різними абразивними інструментами та проведена оцінка ефективності зняття обробленого матеріалу та зносу абразивного інструменту.

Мета роботи полягає в проведенні випробування різних алмазно-абразивних інструментів для ручного шліфування наплавлених матеріалів з спеціальних сплавів.

Для обробки наплавлених матеріалів використовували алмазно-абразивні головки діаметром 10 мм з електрокорунду білого та хромистого, карбїду кремнію та синтетичного алмазу при шліфуванні ручним електроінструментом професійного класу.

Результати порівняльних випробувань різних абразивних головок при шліфуванні наплавлених матеріалів показали високу ефективність обробки абразивними головками з хромистого корунду та алмазу при мінімальному зносі інструменту.

Результати випробування алмазно-абразивних головок дозволяють оцінити ефективність використання різного інструменту при шліфуванні наплавлених матеріалів та дати рекомендації для промисловості.

Ключові слова: шліфування, ефективність, алмазно-абразивні головки, наплавлені матеріали, якість обробки, знос інструменту

Вступ

Забезпечення ефективності обробки наплавлених матеріалів зі спеціальних сплавів є актуальною проблемою виробництва та ремонту устаткування [1, 2].

При вирішенні задачі підвищення якості та надійності машин велике значення має широке застосування різноманітних покриттів на деталях, що дозволяє заощадити дефіцитні матеріали, продовжувати термін служби як нових, так і відновлених деталей, значно підвищити експлуатаційні показники деталей машин, скоротити витрати на виготовлення запасних частин машин. Однак широкому впровадженню в виробництво сучасних наплавлених матеріалів перешкоджає обмеженість науково обґрунтованих рекомендацій щодо призначення режимів обробки та параметрів інструменту [2–4].

Найбільшою проблемою в обробці наплавлених матеріалів є забезпечення якості обробки поверхні та фізико-механічного стану створеного поверхневого шару. Нами проведені випробування шліфування різними абразивними інструментами наплавлених матеріалів з спеціального дуплексного сплаву та проведена оцінка ефективності обробки (зняття матеріалу та знос інструменту) [5].

Мета роботи – проведення випробувань різних алмазно-абразивних інструментів для ручного шліфування наплавлених матеріалів з спеціальних сплавів. Визначено ефективність обробки наплавлених матеріалів різними алмазно-абразивними інструментами, яка оцінювалась величиною зняття обробленого матеріалу та зносом абразивного інструменту. Визначена структура нового шару обробленого наплавленого матеріалу після шліфування різними алмазно-абразивними інструментами.

Методика проведення роботи

Для обробки наплавлених матеріалів використовувались алмазно-абразивні головки діаметром 10 мм з електрокорунду білого та хромистого, карбїду кремнію та синтетичного алмазу (рис. 1).

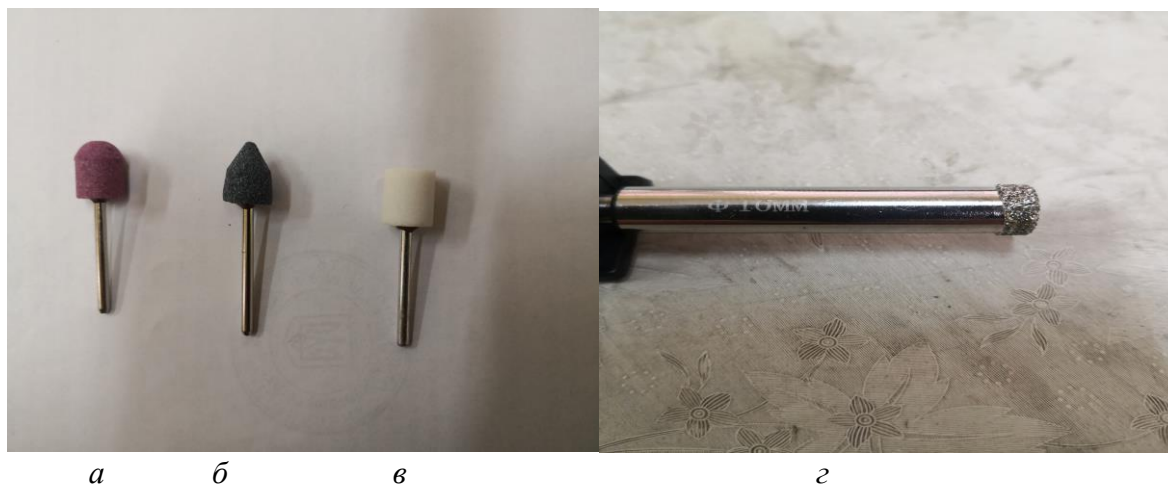


Рис. 1. Шліфувальні головки з абразиву хромистого корунду (а); карбїду кремнію (б), білого корунду (в); та синтетичного алмазу (z)



Рис. 2. Пластина з покриттям

Наплавлені матеріали нанесені на поверхню пластины у вигляді валиків висотою 2 мм та шириною до 5 мм. Пластина, на яку наплавлялось покриття зі спеціального дуплексного сплаву типу UR2507, мала розмір 100x50x12 мм (рис. 2).

Наплавка наносилась на пластину ручним методом з використанням електродів SAAB діаметром 2,5 мм. Робочий струм зварювання 70 А. Хімічний склад напавленого матеріалу UR2507 (X2CrNiMoN) наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад напавленого матеріалу

Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mo	N	PREN
Маса %	<0,03	25	6,5	3,6	0,26	41

Випробування інструментів проводилося з використанням ручного електроінструменту професійного класу – шліфувальної машини DREMEL 3000. Її основні технічні характеристики: потужність 130 Вт; напруга 230 В; частота обертів 33000 об/хв.

Результати дослідження

Шліфування наплавлених валиків виконувалось наступним чином. Перший валик не шліфувався і в подальшому використовувався як первинна поверхня для досліджень фізико-механічного стану нового шару наплавленого матеріалу. Другий валик шліфувався абразивною головкою з хромистого корунду, третій валик – абразивною головкою з білого корунду, четвертий валик – абразивною головкою з карбіду кремнію, п'ятий валик – абразивною головкою з синтетичного алмазу (рис. 3).



Рис. 3. Вид дослідного зразка після оброблення різними абразивними головками

корунду зняття матеріалу було мінімальним, а абразивна головка «засалювалась». При шліфуванні наплавлених матеріалів абразивною головкою з карбіду кремнію зняття матеріалу було мінімальним, але абразивна головка швидко зношувалась. Також ефективно оброблявся наплавлений матеріал при використанні алмазної головки, знос якої був мінімальний. Показники зняття наплавленого матеріалу та знос абразивних головок наведені в табл. 2.

Результати порівняльних випробувань різних абразивних головок при шліфуванні наплавлених матеріалів показали високу ефективність обробки головками з хромистого корунду: зняття матеріалу складало 0,5 мм наплавленого шару за 2 хв, а знос абразивної головки був мінімальним. При обробці наплавленого покриття абразивною головкою з білого корунду зняття матеріалу було мінімальним, а абразивна головка швидко зношувалась. Також ефективно оброблявся наплавлений матеріал при використанні алмазної головки, знос якої був мінімальний.

Таблиця 2. Показники зняття наплавленого матеріалу та знос головок

Обробка інструменту	Зняття матеріалу, мм	Час шліфування до зносу, хв	Знос абразивної головки, мм	Примітка
З хромистого корунду	0,5	3	0,1	малий нагрів зразка
З білого корунду	0,3	1	-	засалювання головки, швидкий нагрів зразка
З карбіду кремнію	0,2	1	-	швидкий знос, швидкий нагрів зразка
З алмазу	0,5	3	0,05	«холодне» шліфування

Рентгеноструктурний аналіз наплавлених зразків, оброблених різними алмазно-абразивними головками, вказав наступні показники обробки в осьовому напрямку по аустеніту і фериту (табл. 3) та справжній напрузі (табл. 4). Ці показники потребують

додаткової обробки результатів дослідження оброблених наплавлених матеріалів різними алмазно-абразивними головками.

Таблиця 3. Показники напружень у фазах аустеніту та фериту в осьовому напрямку

Осьовий напрямок	аустеніт	ферит
Наплавка базова	-32 МПа	78,6 МПа
Обробка хромистим корундом	506 МПа	428,8 МПа
Обробка білим корундом	436,8 МПа	498,1 МПа
Обробка карбідом кремнію	719,2 МПа	551 МПа
Обробка синтетичним алмазом	282,5 МПа	31,1 МПа

Таблиця 4. Показники справжніх напружень у фазах аустеніту та фериту

Справжні напруження	аустеніт	ферит
Обробка хромистим корундом	538 МПа	350,2 МПа
Обробка білим корундом	468,8 МПа	419,5 МПа
Обробка карбідом кремнію	751,2 МПа	472,4 МПа
Обробка синтетичним алмазом	314,5 МПа	47,5 МПа

За отриманими результатами розроблена методика контролю якості структури та властивостей виробів з покриттям з нержавіючої сталі. За результатами розробки встановлено, що при значному деформаційному втручанні спостерігається сильне текстурування зерен і побудова смуг деформації, які перешкоджають виникненню вогнищ корозії. У цих об'єктах корозія спостерігається лише в недеформованій зоні.

Висновки

Встановлено, що найвищу ефективність обробки наплавленого матеріалу з дуплексного сплаву типу UR2507 забезпечують абразивні головки з хромистого корунду та синтетичного алмазу. Вони мають високий рівень зняття наплавленого матеріалу, який складає до 0,25 мм/хв, а мінімальний знос абразивного шару головки складає від 0,1 до 0,05 мм за період шліфування. Шліфування наплавленого матеріалу виконувалось з мінімальним виділенням тепла («холодне шліфування») та мінімальним навантаженням.

Абразивні головки з білого корунду та карбіду кремнію мають дуже низький рівень зняття наплавленого матеріалу, який складає максимально 0,2 – 0,3 мм до наступу критичного зносу абразивної головки. Абразивні головки з білого корунду дуже швидко «засалюються», що призводить до неможливості подовження процесу шліфування. Абразивні головки з карбіду кремнію також дуже швидко зношуються та втрачають свою геометричну форму. Шліфування цими інструментами супроводжується дуже великим нагрівом оброблюваного

наплавленого матеріалу, що приводить до змін у його структурі та знижує якість оброблених виробів. Все це свідчить про дуже низьку ефективність використання такого типу абразивних головок.

Дослідження, проведені методом рентгеноструктурного аналізу, вказали, що після обробки наплавлених матеріалів різними алмазно-абразивними головками показники аустеніту і фериту та справжні напруження у структурі наплавленого матеріалу суттєво різняться. Це підтверджує, що шліфування абразивними головками з білого корунду та карбїду кремнію недоцільно використовувати при обробці наплавлених матеріалів зі спеціальних сплавів, як таке, що призводить до суттєвого зниження якості обробки.

S. Riabchenko¹, Y. Argirov², T. Mechkarova²

¹*V.N. Bakul Institute for Superhard Materials NAS of Ukraine, 04074, Kyiv, Avtozavodska Street, 2*

²*Technical University Varna, 9010, Varna, Studentska Street, 1, Bulgaria*

GRINDING OF WELDED MATERIALS MADE FROM SPECIAL ALLOYS WITH DIAMOND ABRASIVE HEADS

Grinding of deposited materials is one of the methods of processing machine parts that require repair after heavy use. The question of increasing the efficiency of grinding of deposited materials with a diamond-abrasive tool is considered. Problems in the processing of deposited materials and ensuring the quality and physicomechanical condition of the processed surface are studied. Testing of grinding of deposited materials made from a special duplex alloy with various abrasive tools was carried out, and the efficiency of removing the treated material and the wear of the abrasive tool were evaluated.

The purpose of the work is to test various diamond-abrasive tools for manual grinding of deposited materials from special alloys.

Diamond abrasive heads with a diameter of 10 mm made of white and chromium electrocorundum, silicon carbide, and synthetic diamond were used for processing the welded materials when grinding with a professional-grade manual power tool.

The results of comparative tests of different abrasive heads for grinding of welded materials showed a high efficiency of processing with abrasive heads made of chromium corundum and diamond, while the wear of the heads was minimal.

The results of the test of diamond-abrasive heads allow us to evaluate the effectiveness of the use of various tools when grinding deposited materials and give recommendations for industry.

Key words: *grinding, efficiency, diamond abrasive heads, deposited materials, processing quality, tool wear*

Література

1. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. К.: Наукова думка, 1994. 180 с.
2. Рябченко С.В., Серета Г.В., Валуйский В.Ю. Шлифование наплавленных поверхностей абразивными кругами из хромистого корунда. *Оборудование и инструмент для профессионалов*: 2018. № 2(204). С. 21.
3. Рябченко С.В., Нежебовський В.В., Серета Г.В. Применение абразивных головок при шлифовании наплавленных материалов для тяжелого машиностроения. *Multidisciplinary academic explorations. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. The I International Science Conference «Multidisciplinary academic explorations»*, January 10–12, 2021, Amsterdam, Netherlands. P. 165–167.
4. Бандуренко М.В., Рябченко С.В. Алмазно-гальванічний інструмент для обробки наплавок. *Інженерія поверхні та реновація виробів*: матеріали 22-ї Міжнарод. Наук.-техн. конф., 15 – 16 червня 2022 р. Київ: АТМ України, 2022. С. 12–13.

5. Рябченко С.В., Аргиров Я.Б., Мечкарова Т.М. Ефективність обробки наплавки абразивним інструментом. *Інженерія поверхні та реновація виробів*: матеріали 23-ї Міжнарод. наук.-технічн. конф. 20 – 22 червня 2023 р. Київ: АТМ України, 2023. С. 60–63.

Надійшла 25.08.23

References

1. Ryzhov, E.V., Klimenko, S.A., & Gutsalenko, O.G. (1994). *Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva detalei s pokrytiiami [Technological support of the quality of parts with coatings]*. Naukova dumka [in Russian].
2. Riabchenko, S.V., Sereda, G.V., & Valuyskiy, V.Y. (2018). Shlifovanie naplavlennykh poverkhnostei abrazivnymi kruhami iz khromistoho korunda [Grinding of clad surfaces with chrome corundum abrasive wheels]. *Oborudovanie i instrument dlia professionalov – Equipment and tools for professionals*, 2(204), 21. [in Russian].
3. Riabchenko, S.V., Nezhebovskiy, V.V., & Sereda, G.V. (2021). Primenenie abrazivnykh golovok pri shlifovanii naplavlennykh materialov dlia tiazhelogo mashinostroeniia. [The use of abrasive heads in the grinding of deposited materials for heavy engineering]. *Multidisciplinary academic explorations. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. The I International Science Conference «Multidisciplinary academic exploration»* (s. 165–167). Amsterdam [in Russian].
4. Bandurenko, M.V., Riabchenko, S.V. (2022). Almazno-galvanichniy instrument dlia obrobky naplavok. [Diamond-galvanic tool for overlay processing]. *Inzheneriia poverkhni ta renovatsiia vyrobiv – Surface Engineering and Renovation of Virob.* (s. 12–13). АТМ Ukraine [in Ukrainian].
5. Riabchenko, S.V., Arhyrov, Y.B., Mechkarova, T.M. (2023). Efektyvnist obrobky naplavok abrazyvnyim instrumentom. [Efficiency of surface treatment with an abrasive tool]. *Inzheneriia poverkhni ta renovatsiia vyrobiv – Surface Engineering and Renovation of Virobs.* (s. 60–63). АТМ Ukraine [in Ukrainian].

УДК 666.1.03; 544.02

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-375-381

Є. О. Пащенко, д-р техн. наук; **Д. О. Савченко**, **С. А. Кухаренко**, кандидати технічних наук; **В. М. Бичихін**; **Р. М. Курганов**, аспірант

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська, 2, м. Київ, Україна, 04074, E-mail: lab6_1@ukr.net

ВПЛИВ СКЛАДУ ЛУГОСТІЙКИХ НІТРИДНИХ СТЕКОЛ НА ЇХ СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ

Досліджено процес введення нітрогену в молекулярну сітку стекол за рахунок додавання Si_3N_4 та використання стадії переплаву оксинітридних стекол. Вивчено вплив складу лугостійких нітридних стекол на їх структуру та властивості. Істотне підвищення фізико-механічних властивостей (мікротвердості та тріщиностійкості) спостерігається за введення до 4 % (ат.) нітрогену. Оксинітридні стекла мають підвищену хімічну стійкість. Поєднання покращеної міцності та підвищеної хімічної стійкості відкрило значний потенціал для використання їх у інструментальних