

10. Sizonenko, O. N., Oleinik, N. A., Petasyuk, G. A., et al. (2013). Effect of high-voltage electrical discharge treatment of diamond powders on their mechanical characteristics. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 52, 7-8, 365–369.
11. Sizonenko, O. N., Baglyuk, G. A., Raichenko, A. I., et al. (2011). Effect of high-voltage discharge on the particle size of hard alloy powders. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 49, 11-12, 630–636.
12. Lypian, Ye., & Sizonenko, O. (2017). Jelektrozrjadnaja podgotovka shihty dlja poluchenija karbidotitanovyh tverdyh splavov [Electric discharge preparation of the powder mixture for titanium carbide hard metals obtainment]. *Naukovi notatky – Scientific notes*, 59, 350–357 [in Russian].
13. Bogatyreva, G. P., Sizonenko, O. N., Oleinik, N. A., et al. (2011). Vliianie obrabotki vysokovoltным elektricheskim razriadom na morfometricheskie kharakteristiki almaznykh poroshkov [Effect of treatment of high-voltage electrical discharge on morphometric characteristics of diamond powders]. *Porodorazrushaiushchii i metaloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologija ego izgotovleniia i primeneniia – Rock cutting and metalworking tools – equipment and technology of its manufacture and use*, 14, 272–277 [in Russian].
14. Sizonenko, O. N., Bagliuk, G. A., Raichenko, A. I., et al. (2012). Elektorazriadnyi sintez nanorazmernykh metall-uglerodnykh kompozitcionnykh poroshkov [Electrical discharge synthesis of nanosized metal-carbon composite powders]. *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii – Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies*, 10, 1, 135–144 [in Russian].

УДК 621.923: 621.922

DOI: 10.33839/2223-3938-2019-22-1-436-440

В. І. Лавріненко, д-р техн. наук; **В. Г. Полторацький**, **О. О. Пасічний**, кандидати технічних наук; **Г. А. Петасюк**, д-р техн. наук¹; **В. Ю. Солод**, **Д. Г. Музичка**, кандидати технічних наук²

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська, 2, 04074, Київ, e-mail: lavrinenko@ism.kiev.ua

²Дніпровський державний технічний університет МОН України, вул. Дніпробудівська, 2а, 51918, Кам'янське, e-mail: v_solod@ukr.net

АНАЛІЗ НАЯВНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ФІЗИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ОКСИДІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ТЕРМОСТІЙКИМИ ОКСИДАМИ АЛМАЗНИХ ШЛІФПОРОШКІВ З МЕТОЮ ДОПРАВЛЕННЯ ОКСИДНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЗОНУ ОБРОБКИ

Визначені обмеження до вибору оксидів, які можуть нас зацікавити при модифікуванні термостійкими оксидами шліфпорошків синтетичного алмазу та компактів на основі мікропорошків cBN, структурованих вуглцевою зв'язкою. Показано, що до таких оксидів слід віднести значну частину оксидів групи MeO₂ (TiO₂, SiO₂, GeO₂, SnO₂). В меншій мірі можемо застосовувати оксиди Me₂O₃ (N₂O₃, B₂O₃, Al₂O₃), а також MeO (TiO, BaO, BeO, CaO). Визначено, що застосування для модифікації зерен шліфпорошків оксидами типу Me₂O₅ є недоцільним.

Ключові слова: оксиди, фізичні властивості, модифікація оксидами, алмазні шліфпорошки, компакти на основі мікропорошків cBN

Вступ

Кисень в процесах різання є важливим чинником зміни триботехнічних характеристик контактних поверхонь [1]. Оксидні шари, що виникають під дією кисню або його сполук на контактних поверхнях, у значній мірі знижують тертя. Чим вищою є хімічна активність металу до кисню, тим більший ефект зниження тертя спостерігають. Так, коефіцієнт тертя стружки по передній поверхні інструменту при різанні має значення для ювенільних поверхонь 0,8–6,0, а для окислених поверхонь – 0,4–0,8 [1]. Примусовий обдув зони різання киснем знижує складові зусилля різання. Іншими варіантами введення кисню в зону обробки, як приклад, є застосування 0,5 %-ного розчину перекису водню в воді або іонізованого повітря [1].

Наявність такого ефекту є важливою для процесів шліфування кругами з надтвердих матеріалів (НТМ). В роботі [2] нами свого часу було визначено, що для підвищення ефективності процесів шліфування кругами з НТМ необхідно застосувати низьку заходів. По-перше, зв'язка робочого шару круга повинна містити у своєму складі матеріали (Al, Si, Sn, Cu, Ti та ін.), що досить активно окислюються, і необхідно створювати умови для їх окислення у процесі обробки. По-друге, додатковий, наприклад, плазмовий, вплив на робочу поверхню круга має бути таким, щоб утворювалися оксидні плівки на зв'язці та на зернах НТМ. По-третє, у якості опорних елементів у робочому шарі круга можна ефективно застосовувати оксидні зернисті мінеральні концентрати, насамперед оксидні рутилові (TiO_2) концентрати. В четверте, при обробці полімерних матеріалів і чавунів можна в кругах ефективно застосовувати абразивні матеріали у вигляді різної подрібленої оксидної (Al_2O_3) інструментальної кераміки.

Наведене вище було нами реалізовано і описане в роботах [1–3]. Разом з тим, є ще один напрямок, який раніше не розглядався і можливість реалізації якого ми розглянемо в даній статті. Основна ідея цього напрямку роботи полягає в тому, що у якості абразивних порошків у робочому шарі абразивного інструменту застосовуються модифіковані термостійкими оксидами шліфпорошки синтетичного алмазу і аналогічним чином модифіковані шліфпорошки з компактів на основі мікропорошків cBN, структурованих вуглецевою зв'язкою. Як наслідок, це дозволить ефективно доправляти оксиди безпосередньо в зону обробки абразивними зернами.

Результати дослідження та їх обговорення

Розглянемо характеристики оксидів, для вибору типів оксидів найбільш придатними для використання з поставленою вище цілю.

Їх властивості досить детально подані у роботах [4, 5]. Перед тим, як перейти до розгляду можливостей впливу їх властивостей на досягнення вказаних вище ефектів, проаналізуємо взаємозв'язок даних по тепловому розширенню і іншим властивостям оксидів і карбідів, наведених в роботах [4, 5]. Відомо [6], що теплове розширення тісно пов'язане з параметрами, що характеризують стан твердого тіла, і для металів існують такі залежності, але ми не знайшли таких узагальнених даних для оксидів і карбідів. При цьому відомо, що у металів коефіцієнт лінійного теплового розширення (КЛТР) елементів є тим меншим, ніж є вищою температура

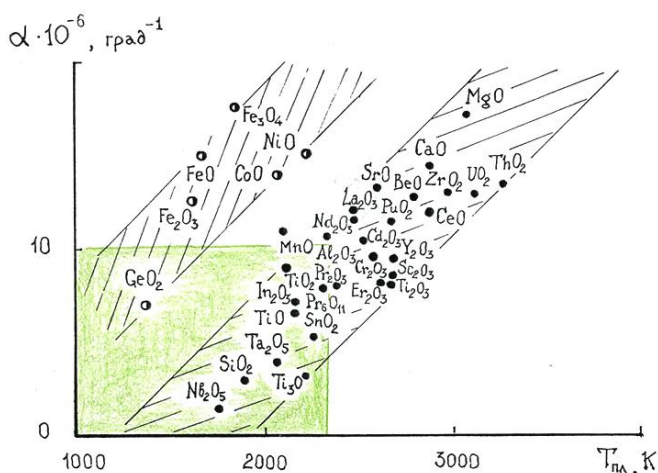


Рис. 1. Кореляційний зв'язок між температурою плавлення і коефіцієнтом лінійного термічного розширення оксидів

плавлення металу. Для оксидів, як нами встановлено внаслідок аналізу масиву даних робіт [4, 5], спостерігається зворотня залежність: із зростанням температури плавлення ($T_{пл}$) оксидів їх коефіцієнт розширення зростає (рис. 1). Тобто: зростає $T_{пл}$ і зростає КЛТР. З рис. 1 видно, що оксиди металів восьмої групи – заліза, кобальту та нікелю, а також германію – займають окрему область, паралельну основній.

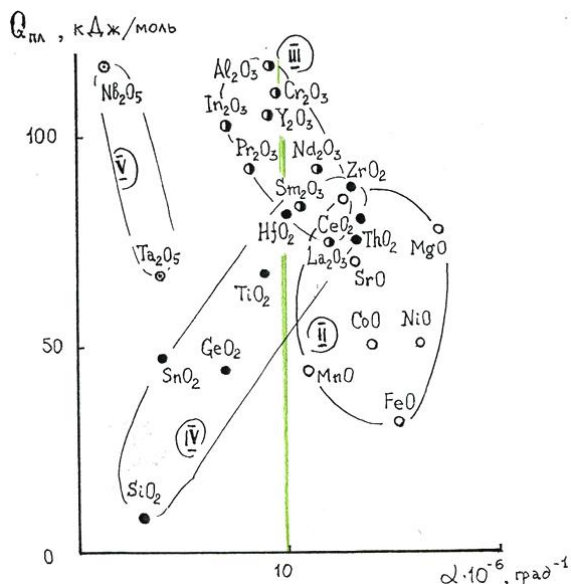


Рис. 2. Кореляційний зв'язок між коефіцієнтом лінійного термічного розширення і прихованою теплотою плавлення оксидів (римськими цифрами позначені валентності металів оксидів)

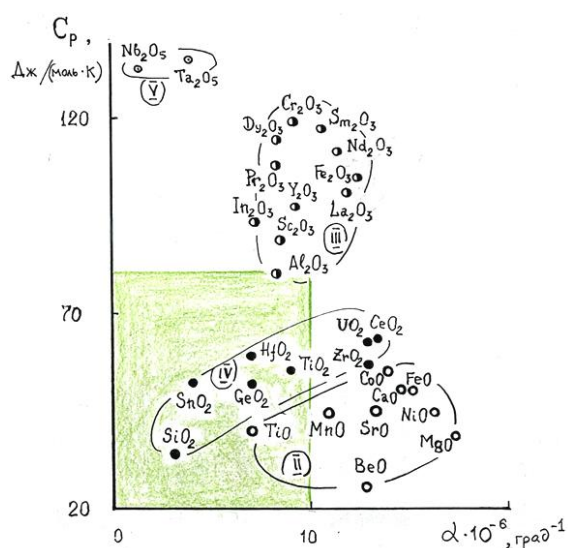


Рис. 3. Кореляційний зв'язок між коефіцієнтом лінійного термічного розширення і питомою мольною теплоємністю оксидів (римськими цифрами позначені валентності металів оксидів)

Очевидного взаємозв'язку теплового розширення і теплоти плавлення, характерного для металів [43], в оксидах не спостерігається (рис. 2). При цьому видно, що вони розподіляються на групи в залежності від валентності металу в оксиді. А от якщо зростає КЛТР, то поведінка прихованої теплоти плавлення є неоднозначною. Для MeO_2 – зростає, для Me_2O_5 та Me_2O_3 – спадає, а ось MeO – є кластером.

Аналогічне групування спостерігається і при аналізі зв'язку КЛТР і стандартної мольної теплоємності оксидів (рис. 3). Аналіз зв'язку густини і теплоємності свідчить, що із зростанням густини оксидів стандартна теплоємність дещо зростає (рис. 4). Значне зростання спостерігається для оксидів, що мають склад Me_2O_3 . В цілому спостерігається описане вище групування за валентністю металу оксиду. Відтак, оксиди мають низку характерних особливостей, аналіз яких може нагодитися, наприклад при поясненні поведінки керамік при нагріві чи виборі оксидів для модифікування оксидами поверхні зерен.

Враховуючи отримані нами [1, 2, 3] експериментальні дані по введенню оксидів в зону контакту шліфувального круга і оброблюваного виробу та надані вище аналітичні кореляційні залежності, нами було визначено, що для проведення модифікування зерен шліфпорошків застосування оксидів із КЛТР більшим за $10 \cdot 10^{-6}$, град $^{-1}$ є недоцільним. Іншим обмеженням, на наш погляд, є обмеження за температурою плавлення таких оксидів – не більш як 2300 К (див. рис. 1), значенню питомої мольної теплоємності – не більше 80 Дж/(моль·К) (див. рис. 3 та 4) та густиною оксидів – не більш як $5 \cdot 10^3$ кг/м 3 (рис. 4).

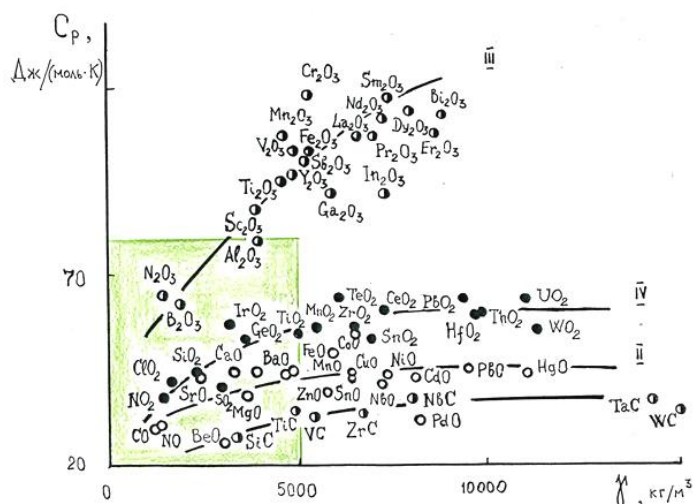


Рис. 4. Кореляційний зв'язок між коефіцієнтом густиною і питомою мольною теплоємністю оксидів та карбідів (римськими цифрами позначені валентності металів оксидів)

Висновки

Враховуючи наведені вище обмеження, до оксидів які можуть нас зацікавити при модифікуванні термостійкими оксидами шліфпорошків синтетичного алмазу і компактів на основі мікропорошків cBN, структурованих вуглецевою зв'язкою, слід віднести значну частину оксидів групи MeO_2 (TiO_2 , SiO_2 , GeO_2 , SnO_2). В меншій мірі можемо застосовувати оксиди Me_2O_3 (N_2O_3 , B_2O_3 , Al_2O_3), а також MeO (TiO , BaO , BeO , CaO). Застосування для модифікації оксидів типу Me_2O_5 на наш погляд є недоцільним.

Установлены ограничения применительно к выбору оксидов, которые могут нас заинтересовать при модифицировании термостойкими оксидами шлифпорошков синтетического алмаза и компактов на основе микропорошков cBN, структурированных углеродной связкой. Показано, что к таким оксидам следует отнести значительную часть оксидов группы MeO_2 (TiO_2 , SiO_2 , GeO_2 , SnO_2). В меньшей степени можем использовать оксиды Me_2O_3 (N_2O_3 , B_2O_3 , Al_2O_3), а также MeO (TiO , BaO , BeO , CaO). Определено, что использование для модификации зерен шлифпорошков оксидами типа Me_2O_5 нецелесообразно.

Ключевые слова: оксиды, физические свойства, модификация оксидами, алмазные шлифпорошки, компакты на основе микропорошков cBN

V. I. Lavrinenko, V. G. Poltoratskiy, O. O. Pasichnyi, G. A. Petasyuk¹,
V. Yu. Solod², D. G. Muzichka²

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

²Dniprovsk State Technical University, Ukraine

ANALYSIS OF THE EXISTING RELATIONSHIP BETWEEN THE PHYSICAL PROPERTIES OF OXIDES FOR TO OBTAIN MODIFIED HEAT RESISTANCE OXIDES OF DIAMOND POWDERS WITH THE AIM OF DELIVERY OXIDE MATERIALS IN PROCESSING ZONE

Defined limits to the choice of oxides which may be of interest to us at modified forging art heat resistance oxides powders of the synthetic diamond and compacts on the basis micropowders of the cBN, structured by carbon binder. It is shown that such oxides include a significant portion of the MeO_2 group of oxides (TiO_2 , SiO_2 , GeO_2 , SnO_2). To a lesser extent can apply Me_2O_3 oxides (N_2O_3 , Al_2O_3 , B_2O_3), and MeO (TiO , BaO , BeO , CaO). Determined that the application for the modification of powders of the oxide type Me_2O_5 it is not feasible to.

Key words: oxide, physical properties, modification of oxide, diamond powders, compacts on the basis micropowders of the cBN

Литература

1. Лавріненко В. І., Новіков М. В. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: енциклопедичний довідник / під загальною ред. академіка НАНУ М.В. Новікова. – К.: ІНМ НАН України, 2013. – 456 с.

2. Lavrinenko V. I., Solod V. Yu., Oxidation of oxide materials in the machining zone in superabrasive grinding – a factor of influence on the grinding performance // *J. Superhard Mater.* – 2016. – V. 38. – N 6. – P. 417–422.
3. Lavrinenko V. I., Solod V. Yu., Sytnik B. V., Nikitin Yu. I., The use of bearing elements in structure of superabrasive wheel working layer to improve the wheel performance // *J. Superhard Mater.* – 2011. – V. 33. – N 1. – P. 54–59.
4. Самсонов Г. В., Винницкий И. М. Тугоплавкие соединения. – М.: Металлургия, 1985. – 560 с.
5. Физико-химические свойства окислов: Справочник / Под ред. Г. В. Самсонова. – М.: Металлургия, 1978. – 472 с.
6. Новикова С. И. Тепловое расширение твердых тел. – М.: Наука, 1974. – 294 с.

Надійшла 09.04.19

References

1. Lavrinenko, V. I., & Novikov, M. V. (Ed.). (2013). *Nadtverdi abrazyvni matetially v mekhanoobrobtsi. Entsykloped. Dov. [Superabrasive Materials in Machining, Encyclopedic Handbook]*. Kyiv: Bakul Institute for Superhard Materials, NAS of Ukraine [in Ukrainian].
2. Lavrinenko, V. I., & Solod, V. Yu. (2016). Oxidation of oxide materials in the machining zone in superabrasive grinding – a factor of influence on the grinding performance. *Journal of Superhard Materials*, 38, 6, 417–422.
3. Lavrinenko, V. I., Solod, V. Yu., Sytnik, B. V., & Nikitin, Yu. I. (2011). The use of bearing elements in structure of superabrasive wheel working layer to improve the wheel performance. *Journal of Superhard Materials*, 33, 1, 54–59.
4. Samsonov, G. V., & Vinnitskii, I. M. (1985) *Tugoplavkie soedinenija [Refractory compounds]*. Moskva: Metalyrgija [in Russian].
5. G. V. Samsonov (Ed.). (1978). *Fiziko-chimicheskie svoistva okislov: Spravochnik [Physico-chemical properties of oxides: Guide]*. Moskva: Metalyrgiia [in Russian].
6. Novikova, S. I. (1974) *Teplovoe rashirenije tverduh tel [Thermal expansion of solids]*. Moskva: Nayka [in Russian].