

**В. І. Лавріненко**

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля  
НАН України, Київ, Україна  
lavrinen52@gmail.com

**Про вплив водневого показника технологічної рідини на експлуатаційні характеристики алмазно-абразивних кругів**

*Показано, що значення водневого показника технологічної рідини, в середовищі якої відбувається контакт інструмента і деталі та поляризація такої рідини під час тертя, впливає на процес алмазно-абразивної обробки інструментальних матеріалів. Встановлено, що під час обробки алмазним інструментом твердих сплавів треба застосовувати рідини з нейтральним рН 7, а під час шліфування оксидних керамік – технологічні рідини з підвищеним значенням рН до 8–9. Застосування поляризованої, а саме, активованої гідрат-іонами технологічної рідини в процесі обробки алмазним інструментом пористої і провідної оксидно-карбідної кераміки дозволяє знизити знос круга та питому енергоємність шліфування до 2 разів.*

**Ключові слова:** технологічна рідина, водневий показник, активована гідрат-іонами вода, питомо енергоємність, алмазно-абразивна обробка.

У літературі останнього часу з'являються відомості про вплив на процес тертя значення водневого показника рН технологічної рідини (ТР), в середовищі якої відбувається контакт інструмента і деталі та поляризація такої рідини. Так, в [1] показано вплив рідини з різним рН на зношування твердого сплаву WC/Co з різною кількістю кобальту. Дослідження на алмазне дряпання провадили на сплаві WC/Co трьох марок із вмістом Co – 6, 11, 28 % (за масою), в дистильованій (рН 6), кислій (рН 2) і лужній (рН 10) воді. Дослідження зносу і коефіцієнта тертя провадили у разі зміни нормального навантаження у діапазоні 2–102 Н. Встановлено, що вміст кобальту істотно впливає на навантаження в зоні дряпання і коефіцієнт тертя. Останній збільшується з підвищенням вмісту Co через більшу ступінь пластичної деформації. Крім того, засвідчено, що за навантажень, менших за 62 Н, водневий показник рідини не впливає на тертя, а за більш високих навантажень вплив рідкого середовища є статистично значимим і використання дистильованої води зменшує коефіцієнт тертя. В [2] досліджено вплив електрокапілярних явищ в поляризованій рідині на проникнення змазки на поверхню поділу інструмент–стружка. Показано, що електроосмотична сила, пов'язана із дзета-потенціалом і напруженістю електричного поля, може регулювати проникнення рідини на поверхню поділу. Випробування під час різання засвідчили, що сила різання, отримана у разі застосування рідини з більш високим дзета-потенціалом, була нижчою.

Як впливає водневий показник електроліту на зміну складу катодних плівок на ріжучій поверхні круга також свого часу звертали увагу в [3]. Було показано, що за таких умов поляризація рідини змінює вміст катодної плівки

на поверхні круга під час контакту з твердим сплавом, причому зі зменшенням рН поляризованої рідини зі значення від 10 до 4 різко змінюється склад плівки, у якій значно зростає вміст елементів твердого сплаву. Фактично це означає, що з підвищенням значення рН погіршується оброблюваність твердого сплаву, оскільки в поверхневому шарі твердого сплаву залишається більше кобальту, а відтак, відповідно до [1], збільшуються навантаження в зоні різання і коефіцієнт тертя.

В даному повідомленні показано, що значення водневого показника технологічної рідини впливає на експлуатаційні показники алмазно-абразивних кругів під час шліфування інструментальних матеріалів (в літературних джерелах таких даних немає).

Для досліджень було використано принцип вивчення активації стираючого впливу у зоні контакту матеріал–алмазовмісний шар за невеликих навантажень. Для цього у хімічну склянку діаметром 50 мм з ТР (водою з рН 5–11) об'ємом 100 мл занурювали алмазовмісну таблетку діаметром 40 мм і товщиною 3 мм. Зверху розташовували таблетку діаметром 20 мм з інструментального матеріалу та магніт. Під впливом магнітного поля таблетки починали рухатися. Далі вимірювали знос за масою  $m$  матеріалу таблеток та обраховували відносні витрати  $q_p$  алмазів. У процесі проведення досліджень використовували алмазовмісні АС4 100/80МА–В1-13–100 таблетки, таблетки з безвольфрамового твердого сплаву ТН50 і різальної кераміки оксидного (ВО13) типу. Результати досліджень зношування пари алмазовмісний шар–інструментальний матеріал за умов невеликих навантажень у воді з різним рН в діапазоні 5–11 наведено у табл. 1.

**Таблиця 1. Вплив зміни значення рН води на зношуваність пари алмазовмісний шар (АС4 100/80МА–В1-13–100)–інструментальний матеріал**

Водневий показник води рН	Інструментальний матеріал			
	Твердий сплав ТН50		Оксидна кераміка ВО13	
	$m$ , мг	$q_p$ , мг/г	$m$ , мг	$q_p$ , мг/г
5	0,7	0,236	0,7	0,0787
8	0,8	0,236	0,5	0,0393
11	0,1	0,236	1,5	0,0262

Аналіз табл. 1 свідчить про те, що для забезпечення більших показників  $m$  зносу матеріалу під час обробки сплаву ТН50 слід віддавати перевагу застосуванню середовищ, близьких до нейтральних (рН 7–8). Залужування води у даному випадку зменшує знімання твердого сплаву, а знос ріжучого шару  $q_p$  для всіх водневих показників води залишається сталим. У разі обробки оксидної кераміки більш прийнятною є лужна вода. Водночас зі зростанням показника рН знос ріжучого шару зменшується, а показник знімання істотно зростає.

Наведене вище є характерним для невеликих навантажень в зоні контакту обробного матеріалу і робочого шару круга. Для дослідження реальних навантажень в зоні контакту вивчали працездатність алмазного круга 12А2-45° 150×10×3×32 АС4 100/80–100–В1-13 у процесі безпосереднього шліфування інструментальних матеріалів. Режими обробки:  $v_k = 15$  м/с;  $S_{\text{под}} = 0,3$  м/хв;  $S_{\text{п}} = 0,25$  мм/пдв. хід, продуктивність шліфування – 525 мм<sup>3</sup>/хв. Видно (табл. 2), що під час шліфування сплаву ТН50 зниження водневого показника ТР

з лужного на нейтральні сприяє зменшенню зносу кругів і питомої енергоємності шліфування (обраховували у відповідності до [4]), що корелює з даними табл. 1. У разі шліфування кераміки В013 з підвищенням рН ТР зменшується знос кругів, також зменшується і питома енергоємність шліфування, що також корелює з даними табл. 1.

**Таблиця 2. Вплив зміни значення рН водяних ТР на показники інструментальних матеріалів**

Технологічна рідина			Ефективна потужність шліфування, кВт	Відносні витрати алмазів, мг/г	Питома енергоємність шліфування, кДж/кг
Склад	Вміст, % (за масою)	рН			
Безвольфрамовий твердий сплав ТН50					
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	3,0*	10	1,70	6,4	1421
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2,0*	8	1,35	3,5	617
NaNO <sub>2</sub>	0,2*				
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2,0*	7	1,40	2,6	475
NaNO <sub>2</sub>	0,2*				
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,1*				
Оксидна кераміка В013					
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0*	7	0,25	1,7	55,5
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2,5*	8	0,20	1,3	34,0
NaNO <sub>2</sub>	0,5*				
Вода	100	9	0,30	1,1	43,1

\* Все інше – вода.

Важливим чинником впливу на поверхні в зоні контакту інструмента і деталі є активація поляризації рідини, тому що може діяти електрокапілярний ефект, описаний в [2], коли зростання фізико-хімічної активності ТР відбувається внаслідок утворення реакційноздатних частинок з більшою енергією (іонізовані молекули, вільні радикали та ін.). Для реалізації таких переваг запропоновано використовувати метод поляризації рідини на анодну (насичену ОН<sup>-</sup>-іонами) та катодну (Н<sup>+</sup>-іонами) воду і розділення їх по різних комірках. На думку автора, це унікальна можливість отримати під час шліфування поляризацію не за рахунок додаткового джерела струму, а саме за рахунок іонізованої ТР. Причому більший інтерес викликає саме вода з ОН<sup>-</sup>-іонами.

Перевірку вказаного вище у разі шліфування більш пористої [5] та провідної оксидно-карбідної кераміки В0К60 на вказаних режимах здійснювали як з використанням не електропровідної керамічної зв'язки СК6, так і електропровідної металополімерної В1-13. Експериментальні дані наведено в табл. 3, де видно, що застосування ТР із солями (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 % (за масою)) та NaNO<sub>2</sub> (0,2 % (за масою)) та водою, активованою гідрат-іонами, дозволяє знизити знос кругів майже у два рази порівняно зі звичайною неактивованою водою. Наведені результати вказують на те, що саме поляризація рідини гідрат-іонами впливає як на зношування алмазних кругів, так і на питому енергоємність шліфування. Використання кислотної активованої води, зважаючи на її високу корозійну активність, не розглядали, тим більше, що практика свідчить про те, що всі ТР, які мають водневий показник менше 7, є корозійно активними і у разі їхнього використання слід дотримуватися екологічних норм безпеки та захисту обладнання.

**Таблиця 3. Вплив активованої гідрат-іонами води у складі TR із солями  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  та  $\text{NaNO}_2$  на показники шліфування оксидно-карбідної кераміки ВОК60**

Технологічна рідина			Ефективна потужність шліфування, кВт	Відносні витрати алмазів, мг/г	Питома енергоємність шліфування, кДж/кг
Склад	Вміст, % (за масою)	pH			
Круг з робочим шаром АС6 100/80–100–СК6					
Вода	99,7	7	0,30	0,45	17,6
Активована вода	99,7	8	0,35	0,18	8,2
Круг з робочим шаром АС4 100/80–100–В1-13					
Вода	99,7	7	0,29	1,30	49,2
Активована вода	99,7	8	0,34	0,68	30,2

Отже, проведені дослідження засвідчили, що значення водневого показника технологічної рідини під час шліфування твердих сплавів має бути нейтральним, а для інструментальних керамік рН технологічної рідини може бути підвищеним до рН 8–9, причому наступним способом досягнення позитивних ефектів під час алмазного шліфування є використання технологічної рідини з гідрат-іонами, як нетрадиційного засобу неявної поляризації у процесі шліфування.

V. I. Lavrinenko

Bakul Institute for Superhard Materials,

National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

On the influence of the hydrogen index of technology liquids for performance characteristics diamond abrasive wheels

*In recent literature, there is information about a certain effect on the friction processes of the value of the hydrogen index of the technological liquid, in which the contact process takes place, and the polarization of this fluid. In this report, we extend such studies to the process of diamond-abrasive machining of tool materials. It was established that during diamond processing of hard alloys it is necessary to use liquids with a neutral pH of 7, and when grinding oxide ceramics, it is possible to use technological liquids with an increased pH of 8–9. It is shown that the use of polarized, namely activated by hydrate ions, technological liquid during diamond processing, to a certain extent porous and conductive, oxide-carbide ceramics allows to reduce wheel wear and the specific energy consumption of grinding up to 2 times.*

**Keywords:** technological liquid, hydrogen index, water activated by hydrate ions, specific energy capacity, diamond-abrasive machining.

1. Magnol R.V., Gatti T., Romero M.C., Sinatora A., Scandian C. Liquid media effect on the abrasion response of WC/Co hardmetal with different cobalt percent. *Wear*. 2021. Vol. 477, art. 203815.
2. Feng B., Luan Z., Zhang R., Xia Y., Yao W., Liu J., Ma Y., Hu X., Xu X. Effect of electroosmosis on lubricant penetration at the tool–chip interface. *J. Mater. Proc. Techn.* 2022. Vol. 307, art. 117653.
3. Lavrinenko V.I. The structurally changed layer of superabrasive wheel and workpiece contact surfaces as a factor of improving their wear resistance (film component). *J. Superhard Mater.* 2012. Vol. 41, no. 5. P. 314–320.

4. Lavrinenko V.I. On the analysis of the estimate of energy expenditures in the diamond abrasive treatment by wheels from superhard materials. *J. Superhard Materials*. 2022. Vol. 44, no. 4. P. 285–291.
5. Lavrinenko V.I. Porosity and water absorbability of tool composite materials as factors of improving wear resistance of superabrasive grinding wheels. Part 3. Cutting-tool ceramic composites. *J. Superhard Materials*. 2019. Vol. 41, no. 5. P. 360–363.

Надійшов до редакції 27.03.23

Після доопрацювання 27.03.23

Прийнятий до опублікування 03.04.23