

В. І. Лавріненко

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України, м. Київ, Україна
lavrinenko@ism.kiev.ua

**Пористість і водопоглинання композитів
інструментального призначення як чинники
підвищення зносостійкості шліфувальних
кругів з НТМ.**

**Повідомлення 2. Заморожування води
в пористому просторі композитів з НТМ**

Вперше визначено умови використання пористості абразивних композитів з надтвердих матеріалів у процесі водопоглинання і подальшого заморожування води в композиті. Показано, як змінюються при цьому фізико-механічні властивості (твердість, показники міцності, електропровідність) таких композитів. Досліджено особливості зміни зносостійкості шліфувального інструменту при заморожуванні.

Ключові слова: абразивні композити з НТМ, ефект водопоглинання, пористий простір, заморожування, зносостійкість.

У попередній роботі [1] автором вперше визначено умови використання пористого простору абразивних композитів з НТМ у процесі водопоглинання. Показано, як змінюються фізико-механічні властивості (твердість, показники міцності, електропровідність) таких композитів під впливом водопоглинання, визначено час дії такого ефекту і досліджено умови підвищення їх зносостійкості в шліфувальному інструменті. Оскільки пористий простір круга при цьому заповнюється водою, то виникає питання, яким чином на вказаний ефект може вплинути заморожування води, як це змінює пористий простір і, відповідно, властивості композитів, а відтак і експлуатаційні характеристики шліфувального інструменту з надтвердих матеріалів (НТМ).

Процес заморожування води в робочому шарі шліфувальних кругів відбувався наступним чином. Попередньо просочували робочий шар круга протягом 40–60 год (в залежності від основи зв'язки круга). Потім круг розміщували у морозильній камері і витримували при температурі -9°C упродовж 3 год. Після цього круг виймали з камери і далі він проходив випробування.

Для уточнення методики на першому етапі досліджували просочення водою і заморожування робочого шару круга 12A2-45° 150×10×3×32 на металічній зв'язці АС6 125/100 МО20-2 100. Шліфували з охолодженням з продуктивністю 600 мм³/хв твердий сплав ВК10ХОМ. Реєстрували наступні показники: q_p – відносні витрати алмазів в кругах при шліфуванні, мг/г; Ra – параметр шорсткості поверхні, що піддавали обробці, мкм; $N_{\text{еф}}$ – ефективну потужність шліфування, кВт (табл. 1). Аналіз отриманих даних дозволив вияви-

ти певні особливості. Просочування водою (68 год) очікувано знизило витрати алмазів в кругах, але заморожений круг мав зносостійкість фактично в 2 рази меншу, ніж вихідний круг. Після того, як цей же круг був залишений на 18 год для просушування при кімнатній температурі, його показники за зносостійкістю повернулися фактично до значень просоченого круга. Цікавим виявилось те, що цей же круг, залишений на просушування на 45 діб, зберіг ті ж самі показники, які були в нього після 18 год просушування. Автор вважає, що не менш цікавою є зміна показників ефективної потужності шліфування і шорсткості. Потужність вихідного круга, замороженого і просушеного (18 год) були однаковими; просочений круг, а також просушений упродовж 45 діб після заморожування мали суттєво більші показники, особливо останній. Ймовірно, це пов'язано з формуванням оксидних плівок на поверхні круга.

Таблиця 1. Показники процесу шліфування сплаву ВК10ХОМ кругом з робочим шаром АС6 125/100 МО20-2 100 при різних його станах (просочуванні, заморожуванні, просушуванні)

Показники процесу шліфування	Стан робочого шару круга				
	вихідний (сухий)	просочування 68 год	заморожування 3 год	просушування	
				18 год	45 діб
q_p , мг/г	0,52	0,45	1,0	0,42	0,42
Ra , мкм	0,66	0,64	0,57	0,46	0,42
$N_{эф}$, кВт	1,2	1,4	1,2	1,2	1,7

Що стосується шорсткості обробленої поверхні, то при обробці вихідним, просоченим і замороженим кругами вона мало відрізнялася, а при обробці просушеним кругом після його розморожування стала відчутно меншою. Тому після заморожування круг не треба відразу використовувати, необхідно витримати його упродовж певного часу при кімнатній температурі. Крім того, час дії ефекту від просочування круга водою при наступному заморожуванні значно збільшується.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для перевірки цих висновків було досліджено експлуатаційні показники шліфувальних кругів 12А2-45° 150×10×3×32 на більш пористих зв'язках: полімерній АС4МА 100/80 В1-13 100 і металічній АС4 100/80 М1-04 100 при шліфуванні з охолодженням з продуктивністю 600 мм³/хв твердого сплаву ВК6ОМ після заморожування упродовж 3 год (табл. 2 і 3). Фактично характер змін по зносу кругів залишається тим же, але підвищення зносу замороженого круга менше, ніж при використанні зв'язки МО20-2. Головним висновком з цих досліджень є те, що заморожування дозволяє значно збільшити час дії ефекту просочування, адже навіть після фактично двох місяців знос круга залишається істотно нижчим від вихідного.

Показники ефективної потужності шліфування і шорсткості обробленої поверхні змінюються наступним чином. Ефективна потужність при обробці кругом зростає відразу після його заморожування, після розморожування і просушування впродовж 160 год зростає, а після 65 діб зменшується і фактично повертається до вихідних значень. Шорсткість Ra досліджених кругів з полімерною зв'язкою і зі зв'язкою МО20-2 після їх просочення і заморожування має менше значення, а для кругів зі зв'язкою М1-04 дещо підвищується.

Таблиця 2. Показники процесу шліфування сплаву ВК6ОМ кругом з робочим шаром АС4 100/80 В1-13 100 при різних його станах (просочуванні, заморожуванні, просушуванні)

Показники процесу шліфування	Стан робочого шару круга				
	вихідний (сухий)	просочування 40 год	заморожування 3 год	розморожування і просушування	
				160 год	65 діб
q_p , мг/г	4,30	1,85	2,48	1,84	2,7
Ra , мкм	0,49	0,37	0,39	0,37	0,41
$N_{эф}$, кВт	0,80	0,80	0,85	0,90	0,75

Таблиця 3. Показники процесу шліфування сплаву ВК6ОМ кругом з робочим шаром АС6 100/80 М1-04 100 при різних його станах (просочуванні, заморожуванні, просушуванні)

Показники процесу шліфування	Стан робочого шару круга				
	вихідний (сухий)	просочування 40 год	заморожування 3 год	розморожування і просушування	
				160 год	65 діб
q_p , мг/г	1,52	0,58	0,74	0,70	1,10
Ra , мкм	0,44	0,41	0,49	0,50	0,52
$N_{эф}$, кВт	0,70	0,88	0,90	0,91	0,80

Твердість робочого шару

В [1] автором було показано, що заповнення пористого простору водою приводить до підвищення твердості робочого шару круга. Результати дослідження впливу заморожування круга на показник твердості представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Значення показника твердості робочого шару при просочуванні водою, заморожуванні та подальшому просушуванні композитів

Стан робочого шару	Твердість, HRB	
	КР 100/80МА В1-13 100	Зв'язка В2-08
Вихідний (сухий)	67±5	28±6
Просочування (4 год)	72±7	34±8
Просочування (8 год)	72±6	34±9
Просочування (24 год)	80±6	35±8
Просочування (48 год)	78±6	34±8
Заморожування (3 год)	82±8	44±6
Просушування (1 год)	84±4	47±10
Просушування (4 год)	84±6	50±8
Просушування (21 год)	85±9	50±11
Просушування (45 год)	108±10	71±12
Просушування (117 год)	100±8	65±12
Просушування (141 год)	93±4	60±12
Просушування (165 год)	91±5	56±6

Аналіз даних табл. 4 свідчить, що спочатку твердість дещо підвищується зі зростанням терміну водопоглинання до 24 год, надалі спостерігається стабілізація показника твердості при 48 год. Відразу після заморожування твердість також трохи зростає. А потім в процесі просушування твердість знову починає зростати, упродовж 45–117 год таке зростання є найбільшим і залишається стабільним в цьому діапазоні. Надалі твердість починає зменшуватися, але навіть після майже тижня просушування ефект підвищення твердості все ще залишається помітним.

Границя міцності під час стиску

Дослідження, проведені на зразках розміром 5×5×5 мм (табл. 5), свідчать, що просочування водою впливає на міцність під час стиску – спостерігається певна тенденція до її зменшення. Заморожування зразка підвищує показник його міцності відносно просоченого. Разом з тим, розкид даних експериментів для композитів як з металополімерною зв'язкою ВСЕ, так і з металічною зв'язкою МО20-2 є великим, збільшується для просочених і ще більше – для заморожених.

Таблиця 5. Значення показника міцності під час стиску при просочуванні водою і заморожуванні композитів

Характеристика композита	Міцність композитів під час стиску, МПа		
	сухих	просочених (42 год)	заморожених
АС6 100/80 ВСЕ 100	156±11	146±12	149±14
АС4 100/80 МО20-2 100	338±3	283±5	312±8

Питомий електроопір

Аналіз даних табл. 6 свідчить про те, що характер змін електроопору для композитів з полімерною і металічною зв'язками є однаковим. Спочатку просочення водою протягом 40 год дещо зменшує питомий електроопір. Далі заморожування підвищує показники. А найбільше їх значення спостерігається через 0,5–1,0 год після заморожування. Надалі електроопір залишається більшим за вихідні показники і лише після фактично тижня просушування показники питомого електроопору повертаються у вихідний стан.

Таблиця 6. Значення показника електроопору робочого шару при просочуванні водою, заморожуванні та подальшому просушуванні композитів

Стан композиту	Електроопір, Ом·мм ² /м	
	АС4 100/80МА В2-08 100	АС6 100/80 М1-04 100
Вихідний (сухий)	1,365	0,107
Просочування, 40 год	1,210	0,087
Заморожування, 3 год	1,180	0,099
Просушування, 0,5 год	1,380	0,129
Просушування, 1 год	1,410	0,114
Просушування, 1,5 год	1,410	0,114
Просушування, 160 год	1,365	0,108

ВИСНОВКИ

Процес заморожування круга після попереднього просочування його робочого шару водою впливає на показники зносостійкості шліфувального інструменту. Встановлено, що круг після заморожування не треба відразу використовувати, необхідно витримати його упродовж певного часу при кімнатній температурі.

Виявлено, що заморожування круга дозволяє значно збільшити термін дії ефекту просочування, адже навіть після двох місяців знос круга залишається істотно нижчим від вихідного.

Встановлено, що відразу після заморожування твердість композита зростає, в процесі просушування продовжує зростати і в діапазоні 45–117 год зростання є найбільшим. Надалі твердість починає зменшуватися, але навіть після майже тижня просушування ефект підвищення твердості все ще залишається помітним.

Встановлено, що заморожування композита підвищує показники питомого електроопору – найбільше значення спостерігається через 0,5–1,0 год після заморожування. Показники питомого електроопору повертаються у вихідний стан тільки після одного тижня просушування.

Впервые определены условия использования пористости абразивных композитов из сверхтвердых материалов в процессе водопоглощения и дальнейшего замораживания воды в композите. Показано, как изменяются при этом физико-механические свойства (твердость, прочность на сжатие, электропроводность) таких композитов. Исследованы особенности изменения износостойкости шлифовального инструмента при замораживании.

Ключевые слова: абразивные композиты из СТМ, эффект водопоглощения, пористое пространство, замораживание, износостойкость.

For the first time the conditions have been defined for making use of porosity of superabrasive composites in the process of water absorption and subsequent water freezing in the composite. The paper addresses the changes in physical-mechanical properties (hardness, strength characteristics, electrical conductivity) the composites undergo under such conditions. The behavior of wear resistance of grinding tools upon freezing has been studied.

Keywords: superabrasive composites, water absorption effect, porous space, freezing, wear resistance.

1. Лавріненко В.І. Пористість і водопоглинання композитів інструментального призначення як чинники підвищення зносостійкості шліфувальних кругів з НТМ. Повідомлення 1. Абразивні композити з НТМ. *Надтверді матеріали*. 2019. № 2. С. 74–82.

Надійшла до редакції 13.06.18

Після доопрацювання 13.06.18

Прийнята до опублікування 18.12.18