

УДК 624.132.3

Ю.Д. Абрашкевич, д.т.н., проф.;
Л.Є. Пелевін, к.т.н., проф.;
В.П. Рашківський, к.т.н.;
О.В. Човнюк, мл.н.сп (КНУБА, Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДРІЗНОГО АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

АНОТАЦІЯ. В даній статті досліджено вплив вмісту хімічних складових на експлуатаційні показники абразивного армованого круга.

Ключові слова: дослідження, хімічні складові, абразивний круг.

АНОТАЦІЯ. В данной статье исследовано влияние химических составляющих на эксплуатационные показатели абразивного армированного круга.

Ключевые слова: исследования, химические составляющие, абразивный круг.

SUMMARY. In this article influence of chemical constituents is investigational on the operating indexes of the abrasive reinforced circle.

Key words: researches, chemical constituents, abrasive circle.

Актуальність роботи

При відновувальних роботах на будівельних об'єктах виникає потреба у різучих елементах з високими технологічними показниками. Одним з найбільш розповсюджених для відрізних операцій є використання ручних машин з абразивним інструментом. Проте існуючі абразивні інструменти в процесі роботи швидко зношуються.

Мета та постановка задачі

Дослідити вплив вмісту хімічних складових на експлуатаційні показники абразивного армованого круга.

Виклад основного матеріалу

Абразивні армовані круги – це багатокomпонентна система, що складається з абразивних зерен, органічної зв'язки та склосітки армування.

У роботі досліджуються питання, пов'язані з впливом складу абразивних кругів на їх експлуатаційні показники.

Абразивні армовані круги виготовляються з нормального електрокорунду марок 13А і 14А зернистістю 50, 63, 80. Встановлено, що круги, виготовлені з електрокорунду марки 14А, мають вищі показники по зносостійкості. Це багато в чому пояснюється тим, що електрокорунд марки 13А в порівнянні з 14А має приблизно в 3 рази більше домішок окису заліза і в 1,3 рази окису кальцію, які негативно

впливають на механічну міцність абразивного зерна. При проведенні міцнісних випробувань зерен електрокорунду марок 13А і 14А відповідно до ГОСТ 9206-70 встановлено, що руйнуюче навантаження зерен електрокорунду марки 13А складає 20,66 Н/зерно, а марки 14А – 26,50 Н/зерно, тобто міцність зерна корунду марки 13А приблизно на 28 % менша. В процесі дослідження абразивних зерен електрокорунду марок 13А і 14А методами оптичного аналізу визначено, що в них присутні наступні різновиди корунду: світлорожевий, рожевий, буроватозелений і сірий, а також в невеликій кількості білий, голубий, матовий і фіолетовосиній. Їх кількісний зміст приведений в таблиці 1. Визначено, що рожеві і буроватозеленоваті різновиди найбільш тріщинуваті та збагачені домішками, що знижує їх механічну міцність.

Шляхом комплексних оптичних і рентгенівських аналізів встановлено, що домішки представлені кварцем, ільменітом, хлоритом і рентгеноморфним матеріалом. Найменш шкідливим з перерахованих домішок є кварц, зважаючи на близькість його механічних властивостей і корунд. Найшкідливішими – хлорит і рентгеноморфний матеріал, що знаходиться в тріщинах зерен електрокорунду.

По зернистості досліджувані зразки зерен електрокорунду ідентичні. Вміст

електромагнітних і слабоелектромагнітних фракцій в них різний. У зерні корунду марки 13А воно складає 78 %, а 14А – 66 %. Разом з тим, в зерні корунду марки 14А воно підвищене за рахунок сірого корунду монолітними зернами, а в зерні корунду марки 13А електромагнітну фракцію представлено в основному рожевими і буро-зеленими зернами з найбільшою тріщинуватістю і тому з найменшою міцністю. З таблиці 1 видно, що кількість цих зерен в електрокорунді марки 13А складає 65 %, а 14А – 27 %. В результаті міцнісних мінералогічних і рентгенівських досліджень встановлено, що електрокорунд марки 14А має вищі механічні властивості в порівнянні з електрокорундом марки 13А.

Нижча міцність зерен електрокорунду марки 13А в порівнянні з 14А є основною причиною меншої зносостійкості відрізних кругів, виготовлених з цього зерна. У таблиці 2 приведені дані за експлуатаційними показниками кругів Д180х3х22 мм, Д230х3-

х22 мм, Д300х3х32 мм, Д400х4х32 мм, виготовлених з електрокорунду марки 14А Челябінського абразивного заводу (ЧАЗ) і Запорізького абразивного комбінату (ЗАК) і корунду марки 13А Юргинського абразивного заводу.

З таблиці 2 видно, що зносостійкість кругів, виготовлених з електрокорунду марки 14А Запорізького абразивного комбінату і Челябінського абразивного заводу, при постійній продуктивності, практично однакова і вище, ніж у всіх типорозмірів кругів з електрокорунду марки 13А.

Для виготовлення абразивних інструментів все ширше застосовується легований електрокорунд: хромовий, титановий, хромистотитаністий, цирконієвий. В процесі досліджень за визначенням доцільності використання цих матеріалів для виготовлення відрізних абразивних армованих

Дослідження властивостей електрокорунду

Таблиця 1

Найменування	14А		13А	
	Склад, %	Домішки в різновиді, %	Склад, %	Домішки в різновиді, %
Светлорожевий	48	3	20	3
Рожевий	16	12	31	10
Буро-зеленуватий	11	20	34	40
Сірий до чорного	21	25	5	30
Білий	5	-	1	-
Голубий матовий	6	2	-	-
Фіолетовосиній	-	-	10	6

Зносостійкість абразивних армованих кругів

Таблиця 2

Типорозмір круга, мм	Марка електрокорунду	Розмір і марка розрізаного матеріалу, мм	Час різання, с	Коефіцієнт шліфування
Д180х3х22 мм	14А	Ø 20 (Ст.3)	3	2,05
Д180х3х22 мм	13А	-/-	3	1,55
Д230х3х22 мм	14А	-/-	2,5	2,15
Д230х3х22 мм	13А	-/-	2,5	1,68
Д300х3х32 мм	14А	Труба 57х4 Сталь 20	6	1,98
Д300х3х32 мм	13А	-/-	6	1,5

Д400х4х32 мм	14А	Труба 89х4 Сталь 20	15	2,2
Д400х4х32 мм	13А	-//-	15	1,6

кругів встановлено, що інструменти з хромового електрокорунду марки 34А в порівнянні з серійними (при різанні труб з вуглецевих сталей) мають нижчі показники по зносостійкості. Круги з хромістотитаністого електрокорунду марки 91А мають приблизно однакову з серійними зносостійкість при різанні труб з вуглецевих сталей. При різанні легованих сталей внаслідок більшої в'язкості хромістотитаністого електрокорунду в порівнянні з нормальними зносостійкість кругів з електрокорунду 91А на 12...15 % вище, ніж у серійних. Для різання матеріалів, відмінних фізико-механічними властивостями, доцільно застосовувати круги з різних електрокорундових матеріалів. Так, при різанні сталі 40Х10С2М найбільшу зносостійкість мають круги з нормального електрокорунду марки 14А, а сталі Х18Н10Т – з цирконієвого електрокорунду марки 38А.

Зернистість абразиву істотно впливає на експлуатаційні показники інструменту. Зносостійкість кругів Д400х4х32 мм з електрокорунду марки 14А зернистістю 80Н в порівнянні із зернистістю 50Н в середньому на 22 % вища при різанні труб 89х4 мм з вуглецевої сталі.

Це пояснюється тим, що зі збільшенням розмірів абразивного зерна збільшується середня відстань від вершини зерна до ділянки зв'язки, що утримує зерно і це сприяє зменшенню впливу температури на зв'язку круга. Разом з тим, збільшення зернистості обмежується висотою абразивного круга, яка повинна бути не менше сумарної товщини 5-6 зерен. Круги заввишки до 3 мм включно виготовляють з абразивних матеріалів зернистістю 50, а більше 3 мм – зернистістю 50, 63, 80. При виготовленні кругів заввишки до 3 мм із зерна більшої зернистості істотно погіршуються їх міцнісні характеристики.

Зв'язка, разом з маркою зерна і зернистістю, є найважливішою характеристикою абразивного інструменту і визначає область його застосування, ріжучу здатність,

економічну ефективність. Експлуатаційні показники абразивних армованих кругів залежать від структури, твердості, теплофізичних властивостей зв'язки. Зв'язка повинна забезпечувати не тільки високу ріжучу здатність круга, але і максимальне використання абразивного зерна в інструменті.

Абразивні армовані круги виготовляються на бакелітовій зв'язці, яка має високу питому міцність, пружність, порівняльно високі експлуатаційні показники. Її зв'язуючими речовинами є продукти феноло-формальдегідних смол: фенолова порошкоподібна зв'язка СФП-012А, аналог пульвербакеліта ПБ, і зволожувач – рідкий бакеліт БЖЗ.

До складу зв'язки для підвищення фізико-механічних властивостей абразивних армованих кругів вводять наповнювачі різного функціонального призначення. Вони можуть змінювати теплофізичні властивості зв'язки і твердість круга, сприяти підвищенню його міцності і ріжучої здатності, забезпечувати змащення в зоні різання, надавати хімічну дію на оброблюваний матеріал і інші параметри інструменту.

Наповнювачі можна підрозділити на неактивні і активні. Неактивні наповнювачі (інертні з хімічної точки зору) дозволяють поліпшити механічні властивості зв'язки круга. В якості таких можуть бути використані волоконні матеріали, наприклад, азбест, скловолокно. Активні наповнювачі надають фізико-хімічну дію на різання. До їх числа відносяться з'єднання фтору, хлору і різні класи речовин, що містять сірку. Ці речовини при високих температурах в зоні контакту розкладаються з поглинанням тепла і виділенням з'єднань, які активно впливають на процес різання. Так, використання в серійних кругах в якості наповнювача кріоліту – з'єднання фтористого натрію і алюмінію, при підвищенні температури різання, розкладається та поглинає тепло, при цьому одним з продуктів термічної реакції є фтористоводнева кисло-

та, яка створює агресивне середовище і активно впливає на процес різання.

Можливе також введення наповнювача, який, окрім поглинання тепла, виділяє дисперсні метали, які поліпшують виведення тепла із зони різання і підвищують зносостійкість круга. До таких наповнювачів можуть бути віднесені форміати міді, нікелю, свинцю. Деякі наповнювачі, зокрема, оксиди металів, кремнію, порошкоподібні метали дозволяють поліпшити механічні характеристики круга шляхом структуризації і зміцнення полімерної зв'язки. При введенні до складу зв'язки свинцю, олова, вісмуту підвищуються її антифрикційні властивості.

Для зменшення коефіцієнта тертя між кругом і матеріалом, який оброблюється, в зв'язку вводять наповнювачі з низьким коефіцієнтом тертя, наприклад, дисульфід молібдену, графіт та інші. Існують також наповнювачі, які можуть наноситися на зовнішню поверхню круга, тобто не входити до складу зв'язки, а при потраплянні в зону різання виконують фізико-механічний вплив. До цієї групи відносяться різні активноповерхневі речовини, особливо жирні кислоти та їх солі. При використанні вказаних з'єднань в процесі різання утворюється так званий ефект Ребіндера, який полягає в зниженні міцності матеріалу, що розрізується, за рахунок створення тиску розклинювання при попаданні поверхнево-активних речовин в мікротріщини і дефекти поверхневого шару металу.

Експериментальні дані, накопичені в процесі застосування абразивного інструменту з різними наповнювачами, практично не досліджені і носять, в основному, емпіричний характер.

В процесі досліджень, встановлено позитивний вплив ряду наповнювачів на експлуатаційні показники кругів. Так, при введенні в зв'язку круга комплексного наповнювача, що складається з цинку і окису цинку, зносостійкість при різанні труб з легованої сталі вища ніж у серійних кругів в середньому на 24 %. Це пояснюється тим, що в результаті хімічної взаємодії частинок цинку і окису цинку з феноло-нормальдегідною смолою частина зв'язки переходить

в зміцнений стан, що приводить до підвищення міцності інструменту, збільшенню його твердості і відповідно зносостійкості абразивного армованого круга. Крім того, цинковий порошок підвищує теплопровідність зв'язки. При введенні в зв'язку круга форміатів нікелю, міді, свинцю в якості функціонального наповнювача також підвищується зносостійкість абразивного круга, оскільки він надає багатопланову дію на зв'язку. В процесі різання такими кругами, при підвищенні температури в зоні контакту відбувається поглинання тепла, обумовлене розкладанням наповнювача, а також виділенням високодисперсної металевої фази (нікелю, міді, свинцю) в робочій зоні. Крім того, високодисперсні метали, які виділяються при розкладанні форміатів, виконують роль змащення, яке перешкоджає "засаленню" інструменту. Методами диференціально-термічного аналізу були досліджені композиції на основі фенол-формальдегідних смол, які використовуються для виготовлення абразивних армованих кругів і містять абразивне зерно, рідкий бакеліт, пульвербакеліт, кріоліт і форміати нікелю. Встановлено, що форміати нікелю при розкладанні в температурному інтервалі 468-508 К, тобто до розкладання кріоліту, створюють ефект, пов'язаний з поглинанням тепла і збільшенням теплопровідності зв'язки вже на початковій стадії різання.

Підвищення зносостійкості абразивних армованих кругів відбувається також при введенні структуруючих наповнювачів в масу інструменту: каоліну, модифікованого алкаміном ДС-М 4 і різних з'єднань аеросилу. Це пояснюється тим, що навіть при малих наповненнях вони створюють просторовий каркас в об'ємі маси, підвищують твердість круга.

На рис.1 приведена гістограма зміни твердості для кругів з різним вмістом наповнювача, з якої видно, що із зменшенням вмісту наповнювача, твердість круга збільшується.

Присутність на поверхні високодисперсного модифікованого каоліну приводить до утворення додаткових просторових зв'язків між поверхнею

наповнювача і бакелітовою зв'язкою, що сприяє її зміцненню. Аналогічну дію надають на зв'язку і модифіковані аеросили.

Встановлено, що навіть незначна кількість цих речовин дозволяє підвищити експлуатаційні показники абразивних армованих кругів. На рис. 2 показана залежність між зносостійкістю і об'ємним вмістом наповнювачів в крузі. З рисунка видно, що найбільшу зносостійкість мають круги, в яких об'ємний вміст форміатів нікелю, модифікованого каоліну і аеросилу складає 0,4...0,7 %. Із збільшенням їх вмісту зносостійкість круга знижується, що пояснюється високою адсорбцією вказаних наповнювачів, яка є причиною міцності з'єднання між зв'язкою та абразивними зернами.

Введення в зв'язку інструменту активних наповнювачів може розглядатися одним з напрямів при створенні абразивних армованих кругів спеціального призначення, зокрема, для різання легованих сталей. При різанні легованих сталей в порівнянні з вуглецевими, зносостійкість кругів (що серійно випускаються) зменшується в 2...2,5 рази, що багато в чому пояснюється меншою теплопровідністю легованої сталі і відповідно інтенсивнішим нагрівом зв'язки під час роботи.

Встановлена принципова можливість підвищення зносостійкості абразивних армованих кругів при різанні легованих сталей шляхом введення в їх склад сірки і сірководмістних з'єднань. Так, просочені сі-

ркою в спеціальній установці круги Д300-х3х32 мм в процесі випробувань виявилися більш зносостійкими при різанні труб 57х3 мм з легованої сталі Х18Н10Т.

Аналогічний ефект було встановлено при різанні труб з легованих сталей кругами, до складу яких вводився пірит (сірчаний колчедан) в поєднанні з кріолітом, графітом і комплексним наповнювачем. На рис.3 показані результати випробувань кругів з різними наповнювачами, які одержані при різанні труби $\varnothing 57 \times 4$ мм із сталі Х18Н10Т. З рисунка видно, що зносостійкість кругів з модифікованим каоліном на 25 % вище, ніж у кругів з комплексною добавкою і в 1,8...2 рази вище, ніж у серійних.

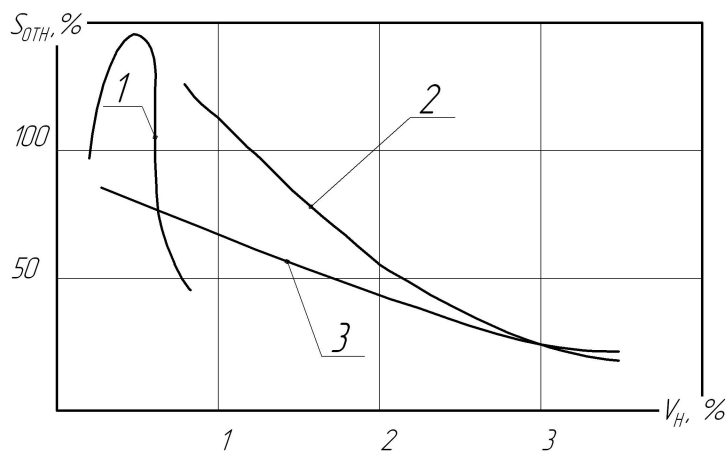


Рис. 2 Залежності коефіцієнта шліфування (S_{OTH}) від об'ємного вмісту (V_H) наповнювача в крузі: 1 – аеросил; 2 – модифікований каолін; 3 – форміат нікелю

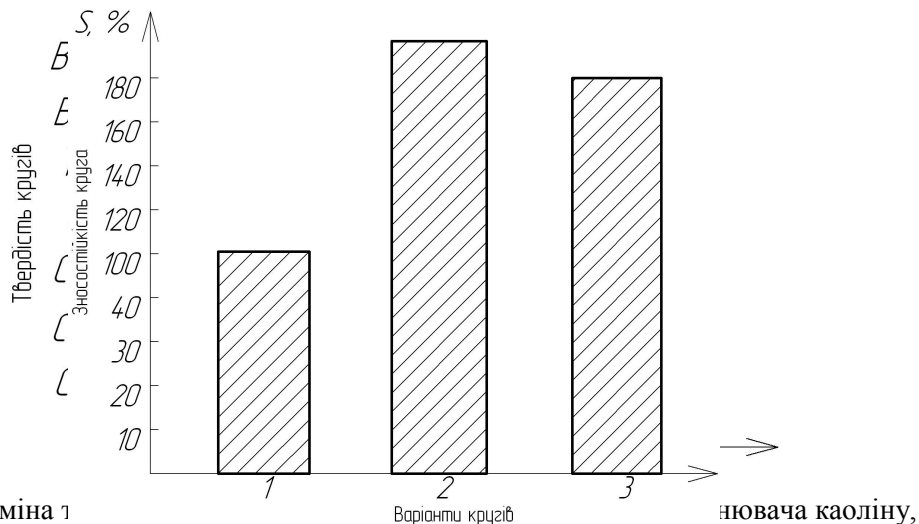


Рис. 1 Зміна твердості кружів при використанні новачка каоліну, модифікованого алюмінієм РСМ4 і при введенні в склад: 1 – серійний круг; 2 – каолін; 3 – комплексна добавка

Розробка ефективних наповнювачів можлива тільки за умови вивчення впливу кожного з компонентів зв'язки на композицію в цілому, теплофізичних властивостей круга, а також теплових процесів, що протікають в процесі різання матеріалів з різними фізико-механічними властивостями.

Висновки

1. Зносостійкість абразивних армованих кругів залежить від міцності зерна. У зв'язку з цим зносостійкість кругів з електрокорунду марки 13А нижче, ніж марки 14А.

2. Підвищення експлуатаційних показників абразивних армованих кругів і розширення області її застосування може досягатися шляхом введення до складу круга активних наповнювачів.

Література

1. Курносів А.П. Износостойкость шлифовальных кругов при абразивной отрезке сталей и сплавов различных марок. Науч.-техн. Реф. Сб. Абразивы М., НИИ-Маш, 1980, вып.6.1–2с.
2. Абрашкевич Ю.Д., Смірнов В.М., Пелевін Л.Є., Рашківський В.П. Механізація трудомістких процесів: Навчальний посібник, К., КНУБА, 2006, 180 с.

Рецензент: О.М. Лівінський, д.т.н., проф. (УАН)

Одержано: 12.05.2009 р.