

УДК 621.921

В. И. Лавріненко, др. техн. Наук, **О. О. Пасічний**, канд. техн. Наук,
Б. В. Ситник, інженер, **В. М. Ткач**, канд. фіз.-мат. Наук, **І. В. Лещук**, м.н.с.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ОТРИМАННЯ СТРУКТУРОВАНОГО РОБОЧОГО ШАРУ АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

The problem on importance of the count of structural orientation in a working layer of abrasive wheels from SHM surveyed. Technological aspects with reference to requirements of a molding and sintering of a working layer of circles are shown at which it is possible to implement requirements of change of structural orientation of such layer. Features of a grinding composite with diamond around surveyed.

Сучасна металообробка потребує застосування шліфувальних інструментів гарантованої зносостійкості та сталої різальної здатності. Однією з визначальних умов досягнення цього є керування змінністю структури робочого шару шліфувального інструменту. Раніше вже зверталась увага на те, що в робочому шарі реальних кругів з надтвердих матеріалів, отриманих за стандартною технологією спікання та пресування, вже існує певна структурна організація [1]. Вказану структурну орієнтацію щодо працездатності реальних кругів саме й бажано змінювати в необхідному напрямку. Це питання є найактуальніше для реальних шліфувальних кругів і потребує конкретних рішень та рекомендацій саме щодо такого інструменту, який застосовується в різних умовах, а рекомендації щодо характеристики його робочого шару надаються без урахування умов конкретного застосування. Наприклад, при шліфуванні крайкою круга зерна з надтвердого матеріалу працюють у зовсім інших умовах, ніж при шліфуванні торцем або периферією круга. Саме відсутність таких рекомендацій унеможливує керування параметрами процесу обробки відомостей як раз і не дозволяє керувати параметрами процесу обробки за рахунок обґрунтованого вибору характеристик кругів з урахуванням структурної організації його робочого шару. Окремі спроби змінити структурну орієнтацію робочого шару вже робилися [2], але кардинального рішення щодо суттєвого впливу на орієнтацію структури досі не існує.

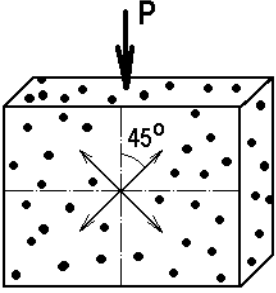
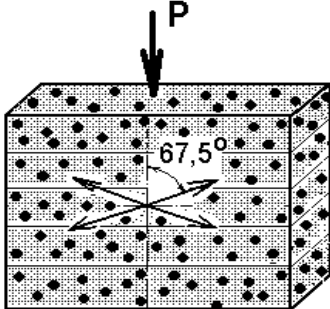
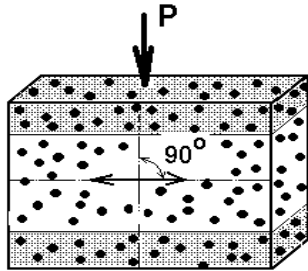
Розглянемо питання можливості зміни регулярності структури в робочому шарі шліфувальних кругів з надтвердих матеріалів щодо технологічних аспектів його виготовлення.

Показники структури робочого шару оцінювали за допомогою аналізу зображень, отриманих методом растрової електронної мікроскопії (РЕМ) із використанням системи аналізу зображень. Як інформаційний інструмент використовували електронний мікроскоп-мікроаналізатор BS-340. У процесі досліджень виготовляли зразки робочого шару з різних композитів і для аналізу їх внутрішньої структури було виготовлено шліфи у площині зрізу вздовж зусилля пресування. Для оцінки цієї структури як основні використовували показники анізотропії та орієнтації, які оцінювали двовимірним Фур'є-спектром зображення поверхні шліфа за методикою, розробленою спеціалістами ІНМ НАН України [1].

Наведемо основні отримані результати роботи та їх трактування. Дослідженнями було встановлено, що за стандартних умов формування робочого шару кругів як на полімерних так і на металевих зв'язках показник орієнтації дорівнює приблизно 45° (або $45^\circ + \pi/2$ з іншого боку). Оскільки висунута в [1] гіпотеза, про те, що за стандартних умов пресування та спікання основну роль у формуванні структурної орієнтації відіграють напруження стискання, для зміни цієї орієнтації в бажаному напрямку, наприклад, від 45° до 90° , логічно було би висунути гіпотезу про те, що для цього необхідно посилити вплив напружень розтягування та дещо знизити вплив напружень стискання. Для перевірки цієї гіпотези було застосовано

технологію попереднього пошарового брикетування. Це дало змогу у процесі пресування та спікання нарівні з напруженнями стискання досягти ще й напружень розтягування за рахунок пошарового бокового руху. Логічно припустити, що за допомогою такої технології можна досягти значення кута орієнтації, яке буде дорівнювати сумі кутів 45° та $45^\circ/2$ і, отже, буде наближене до кута $67,5^\circ$. Перевірка такої гіпотези на металевих композитах типу М2-01 дала змогу підтвердити дробленні припущення (див. таблицю). У результаті повторних визначень значення орієнтації в інших точках зразка, окрім 66° , було отримано значення 76° та 61° , а середній кут оцінки орієнтації становив $67,7^\circ$.

Показники структури робочого шару композиту на зв'язці типу М2-01 за різних умов формування композиту

Технологія формування композиту		
Стандартна	Пошарове брикетування	"м'яке" пресування
		
Кут орієнтації структури (від напрямку дії зусилля пресування)		
44...45°	61...76°	85...90°
Середні значення анізотропії двовимірного Фур'є-спектру, %		
61	53	48
Середні значення анізотропії у структурі, %		
4,1	5,0	4,9
Середній відсоток дрібних об'єктів у структурі, %		
4	3	29
Значення кроку структури, мкм		
5,3	7,0	14,0

Постає питання, чи можливо ще більшою мірою змінити кут орієнтації структури. Було сформульовано гіпотезу про те, що для досягнення такої тенденції необхідно створити комбіновану ситуацію, коли будуть досягнуті умови одночасного руху на розтягування в шарах. Технологію, за допомогою якої можна досягти зазначених умов, умовно було названа "м'яким" пресуванням, яке вирізняється тим, що при цьому застосовуються одночасно традиційна технологія пресування та розглянута раніше технологія пошарового брикетування (при цьому верхні та нижні шари – брикет, а середня частина насипна). Як наслідок жорсткість перехідних меж різко знижено, пом'якшено, та разом з тим ці межі існують.

Очікувана оцінка кута орієнтації становить 90° , а реальна його оцінка в різних точках зразка, окрім 90° , дала ще розкид значень у діапазоні від 85° до 92° (див. таблицю). Аналіз даних таблиці засвідчив, що за таких умов послідовної зміни кута орієнтації поведінка інших показників структури композиту дещо різниться. Так, анізотропія структури для всіх трьох технологій різниться неістотно, тоді як анізотропія двовимірного Фур'є-спектру вже істотно, послідовно знижуючись з 61 до 48%.

Аналіз даних таблиці свідчить також про те, що за допомогою "м'якого" пресування, на відміну від пошарового брикетування, можна суттєво змінити структуру робочого шару.

Так, якщо технологія пошарового брикетування принципово відрізняється від стандартної насипної технології тільки кутом орієнтації структури та середнім значенням анізотропії двовимірного Фур'є-спектру, технологія "м'якого" пресування до вказаних показників додає дві принципові відмінності: різке збільшення (майже на порядок) відсотка дрібних об'єктів у структурі та суттєву (майже втричі) збільшення значення кроку структури. При застосуванні технології пошарового пресування та спікання важливо забезпечити стійке з'єднання шарів між собою. Початковими експериментами було встановлено, що навіть при видимій відсутності шаруватості в перехідних зонах одночасно знижується вміст міді та олова, що є вкрай негативним явищем. Для запобігання цьому явищу були розроблені заходи технологічної підготовки брикетів, за допомогою яких отримано багатошаровий композит не тільки без видимих меж між шарами, а й без зміни вмісту міді та олова в цих зонах.

Насамкінець визначимо ще одну закономірність, яку було встановлено для досліджуваних композитів, при спіканні разом з алмазами. Відомо, що зона композиту, яка прилягає до алмазу, характеризується підвищеним вмістом олова [3]. Наші дослідження це підтверджують і визначають, що справді при розломі композиту на алмазі залишаються сліди матеріалу металевого композиту, вміст олова в якому є вищий від його вмісту в основному шарі композиту.

Наведене поведіння олова пов'язане, на наш погляд, із дією ефекту зміни градієнта концентрації пластичної фази, а саме олова [4]. Оскільки цей ефект діє й у розглянутому випадку, з урахуванням викладених закономірностей було розроблено умови отримання металевого композиту для абразивного інструменту з структурно-орієнтованим робочим шаром з урахуванням технології "м'якого" пресування. Зразок отриманого структурованого робочого шару багатошарового композиту показано на рис. 1.

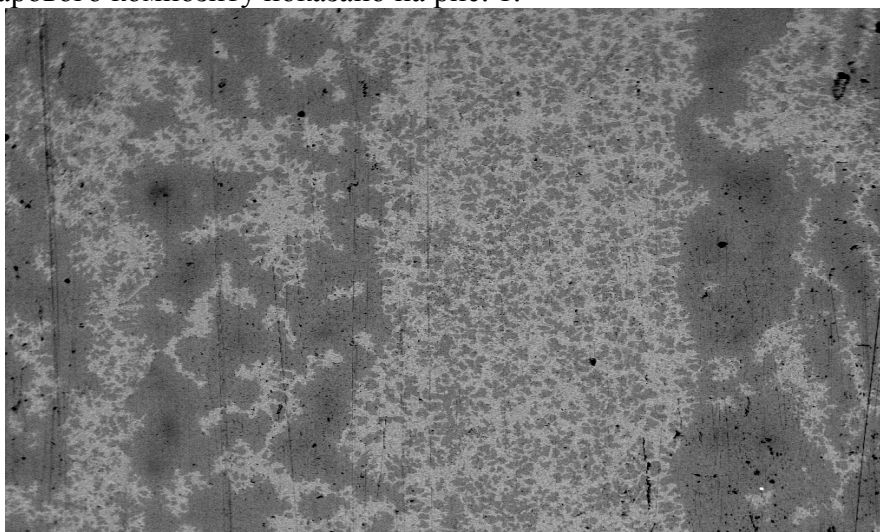


Рис. 1. Структурований робочий шар металевого композиту з основою Cu–Sn (світлим виділені частини структури зі збільшеним вмістом олова, темною – частини структури зі зменшеним його вмістом)

Звернемо увагу ще на одну закономірність що стосується вказаного на рис. 1 багатошарового композиту. Якщо проаналізувати дані рис. 1, то постає низка питань: яка кількість на ньому шарів і де саме розміщуються межі шарів. На перший погляд, тут три або чотири шари і межі між ними видно. Чи так це насправді? Як можна побачити ці межі в реальності? Для цього було застосовано технологію нанесення йонно-плазмових плівок. Попередньо виготовили брикети і на одну з їх поверхонь нанесли тонкий шар (приблизно 1 мкм) карбиду титану. Було зроблено припущення, що такий тонкий шар не порушить загального процесу формування структури, але чітко виявить межі між шарами. Сформовану структуру після "м'якого" пресування та спікання зображено на рис. 2.

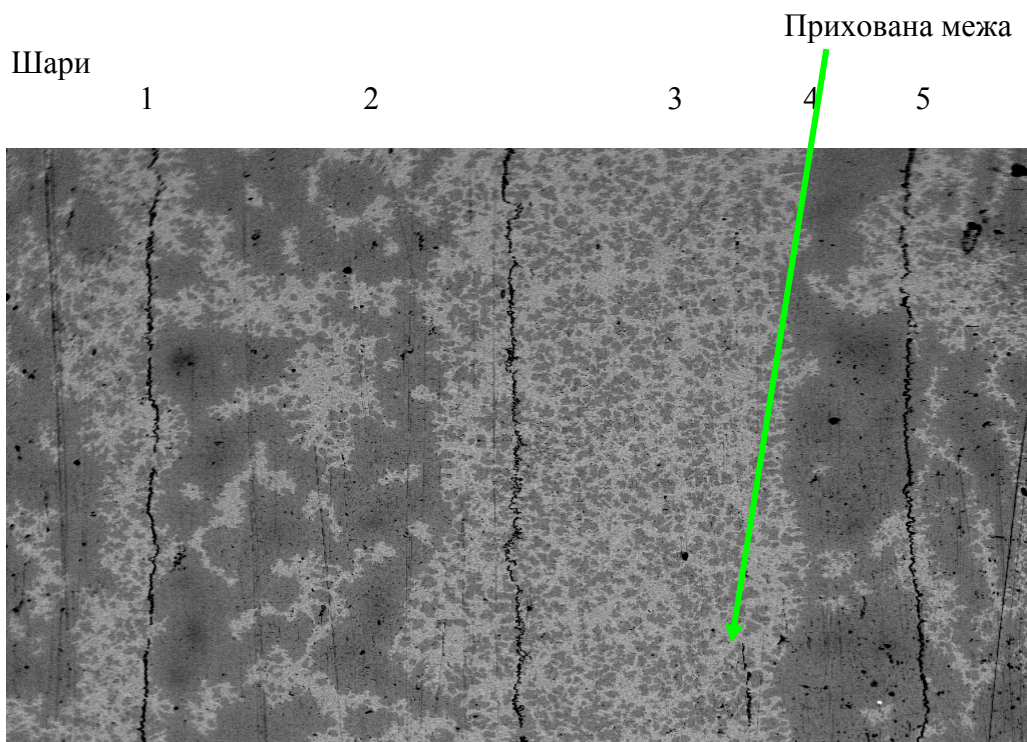


Рис. 2. Структурованийий робочий шар металевого композиту з основою $Cu-Sn$ (світлим виділені частини структури зі збільшеним вмістом олова, темним – зі зменшеним його вмістом) із визначеними межами між шарами

Результати аналізу даних рис. 2 свідчать про те, що межі між складовими структури не заважають формуванню визначеної орієнтації в певних зонах шаруватого композиту. Навіть тонкий, але певною мірою інеродний шар покриття не завадив переходу через межу і формуванню відповідної структури. Це добре видно, якщо порівняти межі між шарами 2 і 3 та шарами 3 і 4. Між шарами 2 і 3 була плівка TiC , а між шарами 3 і 4 не було плівки, лише в нижній частині видно невелику ділянку межі, яка виникла внаслідок потрапляння на зворотний бік брикету плями плівки TiC . Як бачимо, на побудові структури наявність плівки ніяк не позначилась. На наш погляд, отриманий результат пов'язаний також із тим, що окрім іншого в цих зонах задіяний, вже описаний ефект зміни концентрації рухомої фази, який значно поліпшує зчеплюваність шарів.

Продемонструємо це на прикладі зміни співвідношення в структурі композиту вмісту міді до олова. Кожний шар багатошарової композиції (рис. 3) містив вихідну суміш міді (80 %) та олова (20 %), а відтак співвідношення їх вмісту становило 4. Викладенні технологічні прийоми повинні змінювати це співвідношення, оскільки змінюється структурна орієнтація. Крім того, на межах між шарами, як зазначалося раніше, спрацьовує ефект зміни градієнта концентрації рухомої фази, а відтак вміст олова тут повинен бути підвищеним і реальне значення цього відношення повинно зменшитись, наприклад, до 3. Якщо вміст олова збільшується в одній частині структури, то в іншій його буде менше і співвідношення міді до олова там збільшиться, наприклад до 5. Було проаналізовано всю структуру, зображену на рис. 2. Зміна значення співвідношення вмісту міді до олова в цій структурі показано на рис. 3. Цікаво, що зроблені припущення щодо зміни значення цього співвідношення збігаються із реальними значеннями співвідношення. Це свідчить про те, що певною мірою можна досягати необхідної структурної організації в робочому шарі абразивних композитів з надтвердих матеріалів.

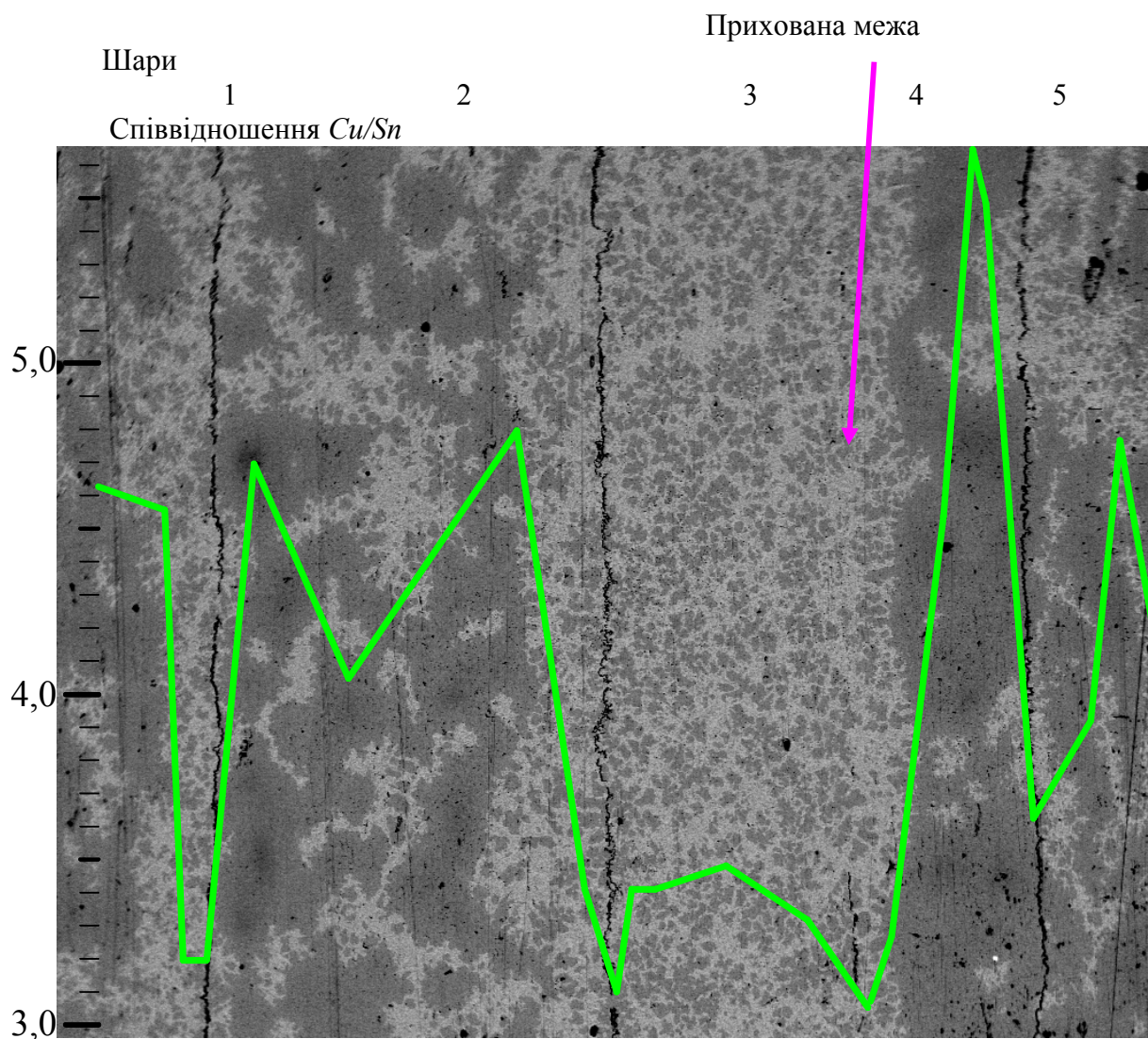


Рис. 3 – Зміна величини відношення вмісту Cu/Sn у структурно-орієнтованому робочому шарі металевого композиту з основою Cu–Sn (світлим виділені частини структури із збільшеним вмістом олова, темною – частини структури із зменшеним вмістом олова) із визначеними межами між шарами.

Таким чином, у результаті досліджень виявлено, що для більшої зміни кута орієнтації шаруватої структури робочого шару необхідно створити комбіновану ситуацію, коли буде досягнуто умови одночасного руху на розтяг у шарах. Технологію, за допомогою якої це досягається, умовно названо технологією "м'якого" пресування. Вона вирізняється тим, що одночасно застосовуються традиційна технологія пресування та пошарове брикетування (верхні та нижні шари – брикет, середня частина насипна). Як наслідок жорсткість перехідних меж пом'якшено. Показано також, що за допомогою технології "м'якого" пресування, на відміну від технології пошарового брикетування, можна значно змінити структуру. Так, якщо технологія пошарового брикетування принципово відрізняється від стандартної насипної технології тільки кутом орієнтації структури та середнім значенням анізотропії двовимірного Фур'є-спектру, технологія "м'якого" пресування до вказаних додає ще дві принципові відмінності: підвищення майже на порядок відсотка дрібних об'єктів у структурі та значне (майже в тричі) збільшення значення кроку структури. Визначено, що межі між складовими шаруватої структури не заважають формуванню визначеної орієнтації в певних зонах шаруватого композиту.

Література

1. К вопросу о формировании структурной ориентации в рабочем слое шлифовальных кругов из СТМ / В. И. Лавриненко, В. Н. Ткач, Б. В. Сытник и др. // Резание и инструмент в технологических системах. – 2007. – Вып. 73. – С. 147–153.
2. Встановлення закономірностей формування двокаркасних металополімерних композитів з КНБ за умов їх програмованого спікання та пресування / А. О. Шепелев, В. І. Лавріненко, О. Г. Гонтар та ін. // Резание и инструмент в технологических системах.–2001.–Вып. 60.– С. 258–261.
3. Полуян А.И. Исследование структуры алмазных композитов на металлических связках // "Машиностроение и техносфера XXI века". Сб. тр. IX Междунар. науч. техн. конф., Севастополь–Донецк, 09–12.09.2005 г. – Донецк: Изд-во ДНТУ, 2005. – т. 2 – С. 268–270.
4. Використання ефекту зміни градієнту рухомої фази при розробці інструментальних композитів з НТМ / В. І. Лавріненко, А. О. Шепелев, І. В. Лещук та ін. // Зб. наук. пр. КДТУ "Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". – Кіровоград: Вид-во КДТУ. 2003. – Вип. 13. – С. 57–60.

Поступила 05.05.08