

Исследование процессов обработки

УДК 621.791: 669.017

**В. І. Лаврінєнко, Б. В. Ситник, В. О. Скрябін,
В. М. Ткач** (м. Київ)
**С. С. Самоутєїн, В. О. Мазур, К. В. Кудїнова,
А. Д. Чєпурной, Ю. Д. Сердюк** (м. Марїуполь)

Вплив плазмової обробки на зміну елементного складу поверхні робочого шару твердосплавного інструменту, її шорскості та зносостійкості

Наведено дослідження зі впливу плазмової обробки на зміни в елементному складі поверхневого шару твердосплавного інструменту. Показано зміну шорсткості поверхні, яку піддавали впливу плазмового струменя. Наведено дані з експлуатаційних властивостей твердосплавного інструменту при точінні.

Ключові слова: плазмова обробка, шорсткість, елементний склад, твердий сплав, робочий шар інструменту, зносостійкість.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

Відомо [1], що експлуатаційні показники виробів з найбільш розповсюджених твердих сплавів на основі карбідів вольфраму можуть бути додатково підвищені об'ємною термічною обробкою. Але є певні чинники, що стримують широке застосування такого способу зміцнення сплавів. Відомими є також спроби локального зміцнення твердих сплавів лазерною обробкою [2]. Останнім часом з'явилися дослідження з ефективного зміцнення твердих сплавів плазмовою обробкою [3].

Нині металообробка в значній мірі стикається з проблемою одночасної продуктивної та якісної обробки виробів з різних важкооброблюваних металів і сплавів. Особливо це є актуальним для обробки великогабаритних деталей типу конусів і чаш засипних апаратів та сідел клапанів доменних печей, валків прокатних станів тощо в умовах виробництва ВАТ „Азовмаш”, ММК ім. Ілліча та ін. При цьому переважно застосовують твердосплавний інструмент, який за таких умов швидко зношується, що вимагає дослідження способів підвищення його експлуатаційних характеристик. Одним з таких способів є плазмова обробка. На погляд авторів, для покращення експлуатаційних показників твердосплавного інструменту є два основних

© В. І. ЛАВРІНЄНКО, Б. В. СИТНИК, В. О. СКРЯБІН, В. М. ТКАЧ, С. С. САМОУТЄЇН, В. О. МАЗУР,
К. В. КУДІНОВА, А. Д. ЧЕПУРНОЙ, Ю. Д. СЕРДЮК, 2010

шляхи. Перший — зміна структури в цілому або значного об'єму виробу (зміцнення), другий — зміна лише того поверхневого шару, який безпосередньо входить до контактної зони при обробці (фактично зміна фрикційних характеристик). Перший варіант (зміцнення) досить детально висвітлений у [3], він має свої переваги, але для великогабаритних різців, що застосовують для обробки вказаних вище виробів і які потребують досить складного переточування, більш прийнятним може бути другий варіант. Основою такого варіанту є досліджений у [4] ефект зміни градієнта концентрації зв'язуючого в поверхневому шарі спечених композитів. Найбільш детально він вивчений для безвольфрамових твердих сплавів, де показано, що для реалізації вказаного ефекту необхідно, щоби зв'язка сплаву (нікель) перейшла в пластичний стан. Цього можна досягти тепловою обробкою. Оскільки плазмова обробка є в певній мірі тепловою і досить локальною, вона дозволяє досягти необхідних змін у вибраній зоні. Тому мета даної роботи — дослідження впливу плазмової обробки на зміну елементного складу поверхневого шару та шорсткості поверхні твердосплавного інструменту і, як наслідок, на його експлуатаційні показники.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відбирали декілька чотиригранних твердосплавних пластин, на кожній з яких два з протилежних кутів піддавали плазмовій обробці на відповідних режимах струму плазмового струменя при певних швидкостях руху струменя, що дозволяло мати необхідний відповідний температурний вплив. Інші два кута залишали вихідними (без впливу плазмової обробки). Визначення кількісного елементного складу поверхонь до і після плазмової обробки виконували за допомогою растрового електронного мікроскопа (РЕМ) “Zeiss EVO 50XVP” (Німеччина), укомплектованого енергодисперсним аналізатором рентгенівських спектрів “INCA Energy 450” (Велика Британія).

На першому етапі було взято чотиригранні пластини SNUN-120408 з твердого сплаву марки MC313, що містить у вихідній суміші 5,1 % (за масою) кобальту. Один з кутів пластини піддавали плазмовій обробці з температурою в межах 1000—1400 °С, дещо меншою від температури плавлення кобальту, а інший протилежний кут пластини — плазмовій обробці з температурою в межах 1600—2000 °С, що перевищувала температуру плавлення кобальту. Інші два кута залишалися у вихідному стані. У даному випадку авторів цікавило, чи спрацює за умов досить високого температурного впливу і відносно невеликої кількості кобальту ефект зміни градієнта концентрації зв'язуючого в поверхневому шарі, що повинно проявитися через значне підвищення вмісту кобальту на поверхні твердого сплаву в кутах, підданих плазмовій обробці.

Результати досліджень елементного складу поверхонь за різних умов плазмового впливу наведено в таблиці. При цьому враховано як наявний склад конкретного елемента на поверхні, так і величину співвідношення W/Co , оскільки це дозволяє більш достовірно оцінити зміну елементного складу для усієї поверхні. Вкажемо, що для вихідного сплаву MC313 таке розрахункове співвідношення дорівнює 16,73. Аналіз даних таблиці дозволяє зробити висновок про те, що після обох варіантів плазмового впливу відбувається досить суттєве переміщення кобальту в поверхневий шар, а це означає, що тепловий вплив в обох випадках розповсюджується на досить великий обсяг об'єму твердого сплаву, що виключає можливість подальшої дії, яка поновлює цей ефект.

Елементний склад поверхні пластин з твердого сплаву MC313 до і після впливу на неї плазмового струменя

Елемент	Вміст елементів на поверхні, % (за масою)		
	Вихідна	Після плазмового впливу при температурі, °C	
		1000—1400	1600—2000
C	9,67—11,49	13,15—17,69	12,43—16,27
Co	2,90—4,00	7,54—15,79	8,76—10,13
W	65,60—67,65	44,05—61,48	54,79—58,33
W/Co	16,80—22,54	2,79—8,15	5,64—6,66

Внаслідок такого різкого перерозподілу кобальту відношення W/Co від вихідного значення знижується в 2—3 рази, що безумовно змінює стан твердосплавної поверхні і може негативно вплинути на контактні процеси в зоні обробки твердосплавним інструментом із таким істотно зміненим поверхневим шаром.

На негативний бік такої різкої зміни величини відношення W/Co авторами вже була раніше звернута увага в [5], де по аналізу елементного складу оброблюваного матеріалу, що затримується при шліфуванні на різальній поверхні алмазного круга, вивчали вплив особливостей масопереносу твердого сплаву ВК6 в умовах фізичних контактів на зміну характеристик фрикційного контакту і на формування відповідного стану робочого шару шліфувальних кругів. Було показано, що різке відхилення величини відношення від вихідного як в бік зменшення, так і в бік збільшення призводить до значного зростання зносу алмазного круга. Так, було виготовлено три круга форми 11V9 100×2×10×32 AC6M 125/100 100 на металополімерній зв'язці MO2 і двох її модифікаціях, наведених нижче. Експериментами зі шліфування твердого сплаву встановлено наступне:

Зв'язка круга	W/Co	Відносні витрати алмазів, мг/г
MO2	17,9	5,4
MO2-1	9,7	46,1
MO2-2	47,8	53,0 (робочий шар зруйновано)

З наведеного випливають такі висновки: по-перше, ефект зміни градієнта концентрації зв'язуючого (кобальту) в поверхневому шарі твердих сплавів при плазмовій обробці існує і може бути реалізований і, по-друге, для досягнення позитивного ефекту від плазмової обробки необхідно плазмовий вплив обмежувати таким чином, щоб уникати різкої зміни відношення W/Co, а саме, щоб температури в зоні плазмового впливу не були вищими за 1000 °C (нижній рівень температури плазмової обробки).

Для уточнення другого висновку авторами було відібрано шість чотиригранних твердосплавних пластин SPUN-120304 з твердого сплаву марки ВК10ХОМ. Плазмовій обробці піддавали два кути на режимах струму плазмового струменя 250 ампер при швидкості руху струменя 25 см/хв, що приблизно відповідало температурному впливу 800—900 °C, інші два кути залишали вихідними. Надалі досліджували зміни в елементному складі поверхневого шару та показники шорсткості поверхонь вихідних кутів і тих, що піддавали обробці. Надалі для встановлення впливу такої, умовно визначеної нами як “м'яка”, плазмової обробки на зносостійкість твердосплавного

інструменту вивчали знос пластин у відповідних кутах при точінні нормалізованої сталі 40Х.

Розглянемо, як змінюється при цьому елементний склад поверхні, що піддавали плазмовій обробці. Дослідження поверхонь вихідних і після плазмового впливу, проведені на електронному мікроскопі, засвідчили, що певні зміни в їх елементному складі відбуваються. Подивимося це на прикладі зміни таких елементів як кисень (поверхнева зміна) та кобальт (приповерхнева зміна). У вихідному стані на поверхні твердого сплаву кількість кисню фіксується як 6,32 % (за масою). Після плазмової обробки середньої потужності кількість кисню на поверхні зростає до 19,7 % (за масою). Ці поверхневі зміни пов'язані з окисненням поверхні. Більш цікавими є зміни в елементному складі по кобальту, адже їх наявність може свідчити про зміни в приповерхневому шарі твердого сплаву, тобто про виникнення певного перерозподілу кобальту. У вихідному стані на поверхні зразків кобальт є в кількості 9,52 % (за масою). Плазмова обробка такої невеликої (“м'якої”) потужності цілком прогнозовано збільшує кількість кобальту на поверхні до 11,67 % (за масою), що пояснюється дією викладеного вище ефекту зміни градієнта зв'язуючого в приповерхневому шарі твердого сплаву. Таке збільшення, на відміну від потужного плазмового впливу, є невеликим і складає приблизно 20 %. Також не набагато змінюється і величина відношення W/Co — знижується з 8,75 до 6,96. Як наслідок, це дозволить досягти такого ж ефекту при наступній переточці твердосплавного інструменту, чого не можливо досягти при потужному (температури в зоні плазмового впливу вища 1000 °С) плазмовому впливі, коли ефект зміни градієнта концентрації зв'язуючого розповсюджується на значний обсяг твердосплавного інструменту і спрацьовує лише один раз.

Тепер розглянемо особливості формування показників шорсткості поверхні після плазмової обробки. Виявлено, що у вихідному стані на твердосплавній поверхні пластини формуються наступні показники шорсткості: $Ra = 0,67$ мкм, $Rmax = 5,33$ мкм, $Sm = 70$ мкм. Характер мікронерівностей та вихідна опорна крива поверхні подані на рис. 1 та 2, а.

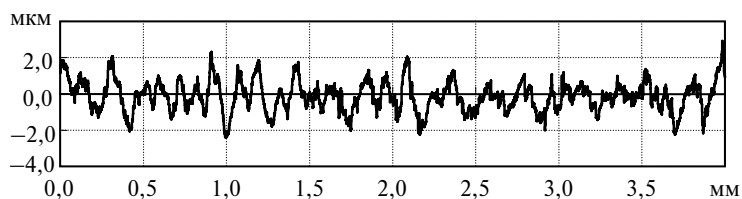


Рис. 1. Характер мікронерівностей вихідної поверхні.

Розглянемо, що відбувається з шорсткістю твердосплавної поверхні круга після “м'якого” плазмового впливу. Встановлено, що при цьому показники шорсткості змінюються наступним чином: Ra залишається майже незмінним — 0,68 мкм, $Rmax$ дещо зростає — 7,55 мкм, а Sm зменшується до 62 мкм. Разом з тим слід зазначити, що такий „м'який” плазмовий вплив у певній мірі змінює опорну криву профілю мікронерівностей поверхні і заповнення профілю зростає (рис. 2, б).

Таким чином, загальний висновок з цього етапу роботи полягає в наступному: впливу плазмового струменя невеликої потужності (коли температури плазмової обробки знаходяться в межах 800—900 °С) цілком достатньо для позитивних змін на поверхні твердого сплаву, а саме — збільшення вмісту

кобальту, що дозволить змінити контактні процеси в зоні обробки і, нарівні з процесами певного зміцнення матриці твердого сплаву після плазмової обробки [3] та вказаного вище збільшення заповнення профілю мікронерівностей твердосплавної поверхні, підвищити стійкість твердосплавного інструменту при різанні, що і було авторами перевірено на наступному етапі роботи.

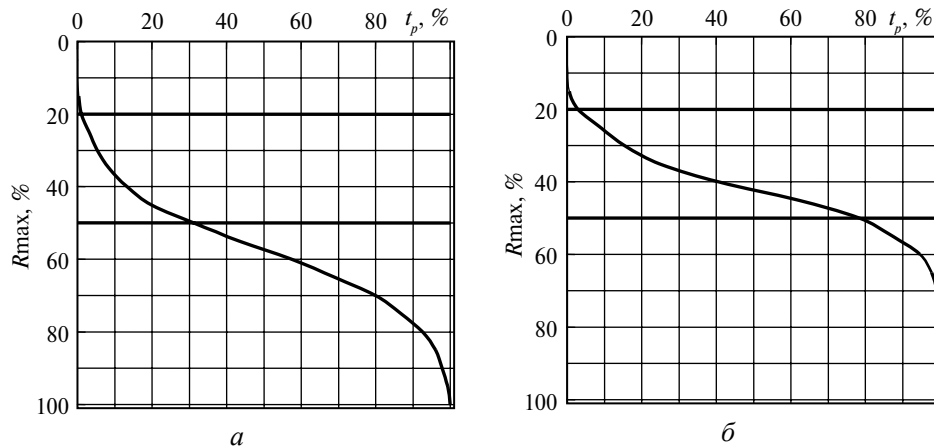


Рис. 2. Опорна крива профілю мікронерівностей вихідної поверхні пластини (а) та після “м’якої” плазмової обробки (б).

У результаті випробувань стійкості твердосплавного інструменту доведено, що плазмова обробка середньої потужності дозволяє підвищити стійкість твердосплавного інструменту приблизно в 2 рази: після плазмової обробки середній знос твердосплавних пластин по задній грані при точінні дорівнює $0,068 \pm 0,006$ мм у вихідному стані, а без обробки — $0,125 \pm 0,012$ мм. Режими різання: швидкість різання — 80 м/хв, подача — 0,11 мм/об, глибина різання — 0,1 мм.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження свідчать, що плазмовий вплив дозволяє змінити елементний склад та шорсткість твердосплавних поверхонь. При цьому необхідно застосовувати плазмовий струм невеликої потужності для досягнення температурного впливу на твердосплавну поверхню в межах 800—900 °С, якого цілком достатньо для досягнення необхідного позитивного ефекту підвищення експлуатаційних характеристик твердосплавного інструменту.

Представлены исследования по влиянию плазменной обработки на изменения в элементном составе поверхностного слоя твердосплавного инструмента. Показаны изменения показателей шероховатости поверхности после плазменной обработки. Приведены данные по эксплуатационным свойствам твердосплавного инструмента при точении.

Ключевые слова: плазменная обработка, шероховатость, элементный состав, твердый сплав, рабочий слой инструмента, износостойкость.

The paper addresses the influence of plasma treatment on the changes of elemental composition of the surface layer of a cemented carbide tool. The changes in roughness of the surface subjected to plasma spray are shown. The performance characteristics of plasma-treated carbide tools in turning are reported.

Keywords: *plasma treatment, surface roughness, elemental composition, cemented carbide, tool working layer, wear resistance.*

1. Лошак М. Г., Александрова Л. И., Городыцкий Н. И. Использование метода акустической эмиссии для исследования механизма упрочнения твердых сплавов при термической обработке // Порошк. металлургия. — 1990. — № 5. — С. 72—76.
2. Ковальченко М. С., Паустовский А. В., Миняков В. Н. Структурные изменения поверхности карбидтитановых и карбидвольфрамовых твердых сплавов с никелевой связкой под действием лазерного излучения // Там же. — 1995. — № 9/10. — С. 67—71.
3. Самотугин С. С., Антипенко Е. И., Лихошва В. П. и др. Технологические основы плазменного упрочнения твердосплавного инструмента // Новітні технології в машинобудуванні: металообробка, інструмент, реновація: Зб. наук. праць. — Маріуполь: ПДТУ, 2008. — С. 75—87.
4. Лаврінченко В. І. Наукові основи шліфування інструментальних із спрямованою зміною характеристик контактних поверхонь. — Автореф. ... докт. техн. наук. — Киев: ІНМ НАН України, 2000. — 35 с.
5. Шепелев А. А., Лавриненко В. И. Особенности массопереноса твердого сплава на режущую поверхность круга при алмазном шлифовании // Резание и инструмент в технологических системах. — 1996. — Вып. 50. — С. 204—206.

Ін-т надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України
Приазовський державний технічний ун-т
ВАТ «Азовмаш»

Надійшла 02.02.10