

The keywords: processing, mountain sorts, diamond instrument, capacity processing, velocity of the processing.

Литература

1. Зависимость производительности алмазной обработки горных пород от прочности синтетических алмазов алмазоносного слоя инструмента / В.В. Пегловский, В.И. Сидорко, В.Н. Ляхов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, – 2012. – Вып. 15. – С. 541–548.
2. Зависимость производительности алмазной обработки горных пород от размеров синтетических алмазов алмазоносного слоя камнеобрабатывающего инструмента / В.В. Пегловский, В.И. Сидорко, В.Н. Ляхов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, – 2013. – Вып. 16. – С. 481–487.
3. Зависимость производительности алмазной обработки горных пород от концентрации синтетических алмазов алмазоносного слоя инструмента / В.И. Сидорко, В.В. Пегловский, В.Н. Ляхов, Е.М. Поталыко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, – 2011. – Вып. 14. – С. 597–602.
4. Зависимость производительности алмазного шлифования горных пород от приведенного удельного давления обработки / В.В. Пегловский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, – 2014. Вып. 17. – С. 488–493.
5. Добыча и обработка природного камня: справочник / под ред. А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
6. Классификация горных пород по обрабатываемости алмазным инструментом / В.В. Пегловский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, – 2012. – Вып. 15. – С. 533–541.
7. Пат. 90330 Україна, МПК (2009). В28D 1/00. Спосіб визначення оброблюваності каменю / В.І. Сидорко, В.В. Пегловський, В.Н. Ляхов, О.М. Поталіко. – Заявл. 21.02.08; Опубл. 24.04.10, Бюл. № 8.
8. Пат. 33227 Україна, МПК (2006). В28D 1/00. Спосіб визначення оброблюваності каменю / В.І. Сидорко, В.В. Пегловський, В.Н. Ляхов, О.М. Поталіко. – Заявл. 21.02.08; Опубл. 10.06.08, Бюл. № 11.
9. Mathcad 2000 Pro. / Е.М. Кудрявцев. – М.: АМК, 2001. – 572 с.
10. Mathcad 13. / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БВХ-Петербург, 2006. – 590 с.

Поступила 17.04.15

УДК 621.762

М. М. Прокопів, О. В. Харченко, кандидати технічних наук, Ю. П. Ущатовський

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

ВПЛИВ УМОВ СПІКАННЯ НА СТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ МІДІ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ ЗІ СПЛАВУ ГРУПИ WC–CO

Наведено результати дослідження впливу умов спікання інструменту для наплавлення міді тертям з перемішуванням зі сплавом групи WC–Co на стійкість при експлуатації.

Ключові слова: спікання у вакуумі, зварювання тертям з перемішуванням, компресійне спікання під тиском азоту, плита кристалізатора.

Вступ

До кінця минулого століття основною технологією зварювання та наплавлення деталей вважали аргонно-дугове зварювання. Найбільший недолік такої технології полягав у високій температурі в зоні плавлення, що спричинялось до формування неоднорідності за хімічним складом та кристалографічної будови структури зварюваних матеріалів [1].

У 1991 р. учені Британського інституту зварювання запатентували технологію зварювання та наплавлення тертям з перемішуванням різнорідних матеріалів [2; 3]. Проте ще 1967 року в СРСР було видано авторське свідоцтво № 195846 щодо способу зварювання тертям подібний Friction Stir Welding (FSW). На жаль, як часто прапляється в історії радянської техніки, новий спосіб зварювання не дістав розвитку.

Нині зазначена технологія промислово освоєна. Її широко застосовують великі зарубіжні фірми – SAPA (Швеція, Фінляндія), Marine Aluminium (Норвегія), BOEING, BAE System, Lockheed-Martin Laboratories, Reynolds Aluminium (США) та ін. у вагоно- автомобіледобудуванні, авіапромисловості, ракетно-космічній техніці (для виготовлення паливних баків космічних ракет), суднобудуванні (для виготовлення корпусів морських суден, підводних човнів та ємкостей) [2; 4–6].

Незважаючи на переваги технології тертям з перемішуванням, металургійні комбінати України продовжують використовувати технологію електродугового відновлення кристалізаторів, що не передбачає придбання імпортного обладнання. Крім того, вітчизняні виробництва позбавлені фінансування для дослідження, розроблення та виготовлення інструменту згідно з цією технологією. Так, виготовлення одного кристалізатора (чотири плити) в Україні коштує близько 400–450 тис. грн. (ціни 2008 р.).

У цьому зв'язку основна проблема на шляху до широкого впровадження досліджуваної технології полягає у відсутності спеціального інструменту.

Як визначено, з літературних джерел тверді сплави групи WC–Co посідають домінуюче місце серед інших матеріалів, які використовують для виготовлення відповідного інструменту. При цьому немає інформації про їх хімічний склад, структуру, фізико-механічні властивості та-технологію спікання.

Згідно з результатами аналізу умов роботи інструменту при зварюванні тертям з перемішуванням, що подібні до роботи у важких умовах, можна припустити, що це дрібнозернисті тверді сплави, виготовлені за технологією вакуумно-компресійного спікання.

В Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України (ІНМ) разом з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України та науково-виробничою фірмою «Впровадження інженерних зварювальних процесів» (НВФ) зазначену проблему почали розв'язувати з 2009 р. у межах наукових проектів за програмами «Ресурс» 7.1.3 (2010–2012 рр.) та «Ресурс» 7.5.2. (2013 р.).

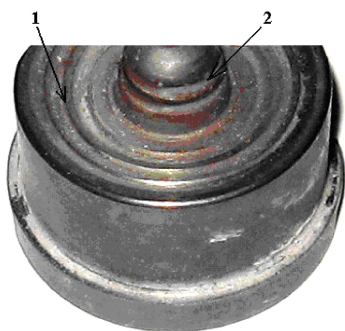


Рис. 1 Загальний вигляд твердосплавного інструменту: 1 – робоча торцева поверхня з евольвентною канавкою; 2 – конусний пін з евольвентною канавкою

інструмент, виготовлений із цієї ж самої суміші, спечений за стандартною технологією вакуумного спікання (П.С.).

Пластину із міді товщиною 5 мм наплавляли на плиту кристалізатора розміром 420×1200 мм (на базі НВФ).

Мета цього дослідження – визначити експлуатаційну стійкість інструменту, виготовленого із серійної суміші WC–8Co виробництва КЗТС (Росія) за розробленими авторами технологіями вакуумно-компресійного спікання, в умовах зварювання тертям з перемішуванням мідних плит на поверхню кристалізатора порівняно з інструментом з цього сплаву, виготовленого за стандартною технологією вакуумного спікання.

Методика дослідження

Для виготовлення інструменту використовували твердий сплав, виготовлений із серійної суміші WC–8Co виробництва КЗТС (Росія). При цьому спікання здійснювали за розробленими технологіями вакуумно-компресійного спікання з охолодженням під тиском (П1) та у вакуумі (П2) [7; 8]. Для порівняння використовували

Параметри наплавлення: сили осьова $P_{oc.} = 50$ кН; бічна: $P_{біч.} = 2$ кН; кількість обертів: $n = 1400$ хв⁻¹; подача $s = 80$ мм/хв.

Виготовили інструмент простої циліндричної форми з піном усіченого конусу та евольвентною канавкою як на піні, так і робочій торцевій поверхні (рис. 1).

Основна вимога до інструменту: один інструмент повинен забезпечити наплавлення не менше однієї плити кристалізатора.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати дослідження структурних та фізико-механічних властивостей сплаву виготовленого інструменту наведено в таблиці.

Фізико-механічні та структурні характеристики сплаву ВК8М

Характеристика сплаву	Технології спікання		
	вакуумне спікання	охолодження під тиском	охолодження у вакуумі
Коерцитивна сила H_c , кА/м	17,6	17,6	17,1
Густина γ , г/см ³	14,5–14,8	14,75	14,78
Твердість HRA	88,5	90,1	90,1
Границя міцності під час згинання R_{bm} , МПа	1720	1980	2245
Коефіцієнт тріщиностійкості K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	13,1	12,8	13,6
Середній розмір зерна d_{wc} , мкм	1,70	1,75	1,74
Об'ємна пористість, %	D2 0,2	B2 0,1	B2 0,1
Кількість пор розміром > 50 мкм	65, 78	–	–
Кількість великих зерен WC та їх скупчень	15–25	8–15	10–15
Розмір кобальтової фази, мкм	0,3–0,5, 1,0	0,3–0,5	0,32–0,6

З аналізу даних таблиці 1 випливає, що характеристики структури та фізико-механічні властивості спеченого сплаву П1 значно переважають аналогічні характеристики стандартного сплаву ВК8 [8].

У досліджуваних сплавах коерцитивна сила, густина та середній розмір зерна d_{wc} змінюються в межах похибки. Водно час значення твердості та границі міцності під час згинання для сплаву,

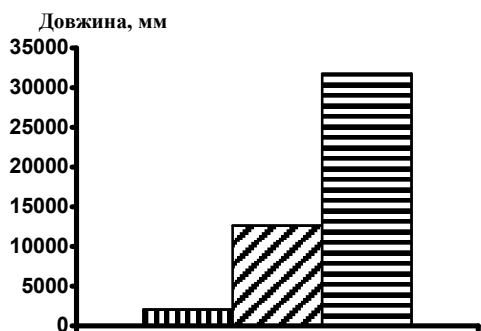


Рис. 2. Довжина зварюваного шва "мідь–мідь", наплавленого інструментом: – спечений за стандартною технологією вакуумного спікання (П.С.); – спечений та охолоджений під тиском азоту 2,5 МПа (П1); – спечений під тиском азоту 2,5 МПа і охолоджений у вакуумі (П2)

спеченого за розробленою технологією вакуумно-компресійного спікання, збільшились відповідно на 1,6 од. та 525 МПа. Крім того зникли пори розміром більше 50 мкм, залишкова об'ємна пористість зменшилась до рівня B2 0,1.

У результаті дослідження встановлено, що стійкість інструментів П.С, П1, П2 при наплавлюванні міді на плиту кристалізатора становить відповідно 3050, 16250 та 31800 мм, дві плити кристалізатора вдвічі більше, ніж вимагав замовник, що свідчить про відмінності механічних властивостей сплавів за умови термомеханічної втоми (рис. 2).

Виявлено, що одним інструментом П.2 до втрати працездатності наплавлено дві плити кристалізатора.

Загальний вигляд інструменту після втрати працездатності при наплавлюванні міді показано на рис. 3.

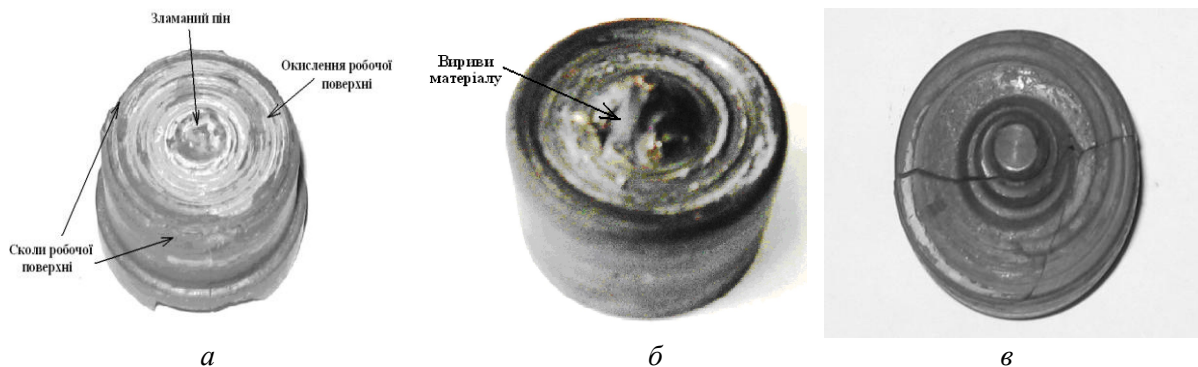


Рис. 3. Загальний вигляд інструменту після втрати працездатності: а – спечений за стандартною технологією вакуумного спікання (П.С); б – спеченим за розробленим вакуумно-компресійним спіканням і охолодженням під тиском (П1); в – спеченим за розробленим вакуумно-компресійним спіканням і охолодженням у вакуумі (П2)

У результаті дослідження встановлено, що стійкість інструментів П.С, П1 та П2 при наплавлюванні міді товщиною 5 мм на плиту кристалізатора становить відповідно 3050, 16280 та 31800 мм.

Проаналізувавши робочі поверхні інструменту після втрати працездатності, виявили такі загальні види зношування та руйнування інструментів П.С та П1:

- абразивне зношування, про що свідчить зменшення глибини або зникнення евольвентної канавки;
- окислення, про що свідчить порошкоподібний світло-жовтий наліт;
- не виявлено налипання міді та дифузії у структурі твердого сплаву.

Загальним для інструменту П.С є втрата працездатності в результаті відламування конусного піну поблизу основи, а також сколи по зовнішньому периметру торцевої поверхні (рис. 3,а). При цьому зношування евольвентних канавок робочих поверхонь становило 90%. Таким чином, стійкість визначається термоактивованою міцністю від утоми твердого сплаву.

Разом з тим, зношування інструменту П1 істотно відрізняється від зношування інструменту П.С (рис. 3,б). По-перше, не виявлено повного відламування конусного піна, а також сколів по периметру торцевої поверхні. По-друге, на боковій поверхні від основи до вершини піна утворились виїмки по дузі довжиною до 10 мм та глибиною до 2 мм через локальне руйнування матеріалу (рис. 3,б). Зношування евольвентних канавок робочих поверхонь становило 70%.

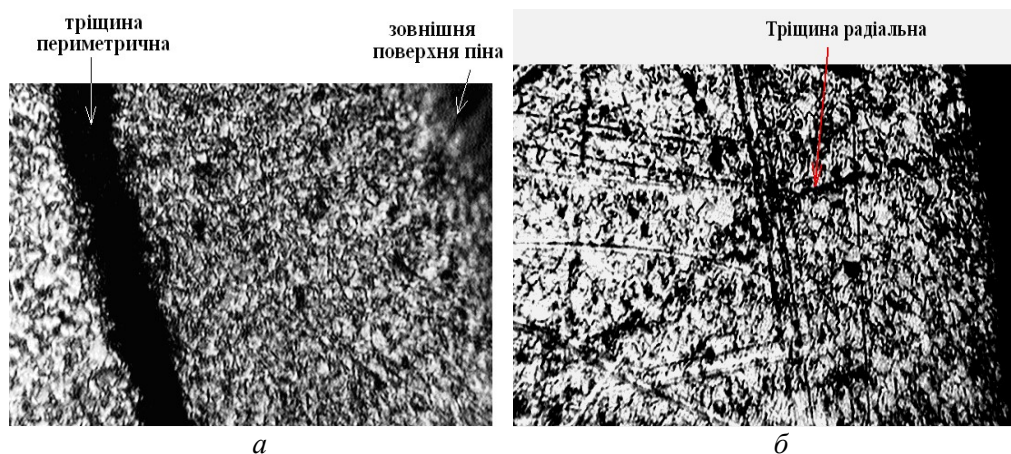


Рис. 4. Загальний вигляд шліфу (а) та структури (травлені в Муракамі) з тріщинами сплаву шліфу, виконаного поблизу основи піна (б)

У результаті вивчення структури шліфу зрізу піна поблизу його основи в місцях, де найбільше вирвано частину матеріалу (рис. 4, а), на глибині 1–2 мм від зовнішньої поверхні піна виявлено паралельні радіальні тріщини.

Крім того, від поверхні радіальної тріщини всередині піна (рис. 4, а, б) виявлено радіальні тріщини довжиною до 50 мкм, які, з'єднуючись, призводять до відколювання фрагментів матеріалу.

Важливим є неналипання міді, що свідчить про відсутність адгезійної взаємодії сплаву та міді. Таким чином, утворенню зазначених виривань піна передують утворення сітки тріщин від втоми на глибині 1–3 мм від його робочої поверхні поблизу основи, що зумовлено термомеханічним напруженням.

Загальний вигляд інструменту П2 після втрати працездатності внаслідок наплавлення міді показано на (рис. 3, в).

Інструмент (П2) втратив працездатність через макроруйнування внаслідок термодинамічної втоми (рис. 3, в). Евольвентні канавки робочих поверхонь не зношуються. З огляду на циклічні умови зміни температури та навантаження (вхід та вихід інструменту) можна стверджувати, що заміна надлишкового тиску азоту на вакуум при охолодженні після компресійного спікання під надлишковим тиском газу в 1,8 раза підвищує міцність від втоми та термостійкість сплаву ВК8М.

Отримана експлуатаційна стійкість інструменту П2 достатня для виконання робіт згідно з господарськими угодами.

Висновки

Вплив умов спікання інструменту зі сплаву ВК8 М на експлуатаційну стійкість такий:

- при вакуумно-компресійному спіканні та охолодженні під тиском втричі підвищується експлуатаційна стійкість інструменту порівняно зі стійкістю після спікання у вакуумі;
- після охолодження у вакуумі при вакуумно-компресійному спіканні під тиском газу вдвічі підвищується стійкість інструменту порівняно з охолодженням під тиском внаслідок підвищення втомлюваної високотемпературної міцності сплаву.

Наведенны результаты исследования влияния условий спекания инструмента для наплавки меди методом трения с перемешиванием из сплава группы Wc-Co на стойкость в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: спекание у вакууме, сварка трением с перемешиванием, компрессионное спекание под давлением азота, плита кристаллизатора.

Presented results of research of influence of terms of spikannya of instrument for a naplavki copper by a method frictions with interfusion from the alloy of group Wc-So on firmness in the process of exploitation.

Keywords: spikannya in a vacuum, welding frictions with interfusion, compression spikannya force-feed nitrogen, flag of kristalizatora.

Література

1. Fatigue fracture and microstructural analysis of friction stir welded butt joints of aerospace aluminum alloys: Thesis of Master of Science in Mechanical Engineering Raghuram V. / Visweswaraiiah Techn. Univer.– 2009.
2. J.A.Baumann Evolution of thick section friction stir welding of 7050 aluminium alloys J.A.Baumann, R.J.Lederich, R.Mishra // 4th Intern. Symp. on Friction Stir Welding. Utah –(USA), 2003.
3. Development of friction stir welding of 7000 series extrusions for central wing box applications F.Marie et al.// 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.
4. Corrosion resistance of friction stir welds in aluminum alloys 2014A-T651 and 7075-T651 R.Leonard // 3rd Intern. Symp. on Friction Stir Welding. – Kobe (Japan), 2001.
5. Robotic friction stir welding of 7075 alloy (late substitution – manuscript not on CDJ.F. Santos // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.
6. Фрикционная сварка листовых конструкций из алюминиевых сплавов 1201 и АМг6 / М.М. Штрикман, В.А. Половцев, Г.В. Шилло и др. // Свароч. производство. – 2004. – № 4. –С. 41–47.
7. К вопросу о повышении износостойкости медных плит кристаллизаторов / В.И. Зеленин, М.А. Полищук, В.А. Лукаш, М.М. Прокопий, О.В. Харченко и др. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – Вып. 14. – С. 533–536.

8. Визначення ефективних тисків азоту при спіканні дрібнозернистих інструментальних твердих сплавів WC-Co з підвищеною зносостійкістю / Харченко О.В.: Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – К.: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2014

Надійшла 19.05.2015

УДК 621.921:547.639

Е. А. Пашенко, д-р техн. наук; О. В. Лажевская, Д. А. Савченко, В.В. Шатохин, кандидаты технических наук; А.Н. Черненко, А.В. Малышев

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ АБРАЗИВНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ СТМ НА СВЯЗКАХ, СОДЕРЖАЩИХ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ И МАРГАНЦА

Представлены данные о шлифовании жаропрочных сплавов абразивными композитами из кубического нитрида бора на новых полимерных связках, разработанных на основе координационных полимеров, содержащих металлокомплексные фрагменты с ионами Cu^{2+} и Mn^{2+} . Приведены данные о влиянии условий полимеризации на стойкость абразивных композитов. Установлена связь усталостной выносливости обработанных деталей из жаропрочного сплава. Показано значительное снижение содержания концентраторов напряжений на обработанных поверхностях при использовании новых абразивных композитов.

Ключевые слова: абразивные композиты, жаропрочный сплав, концентраторы напряжений.

Эксплуатационное поведение абразивосодержащих композитов в значительной степени определяется структурой и свойствами связки. В ходе исследований, направленных на совершенствование

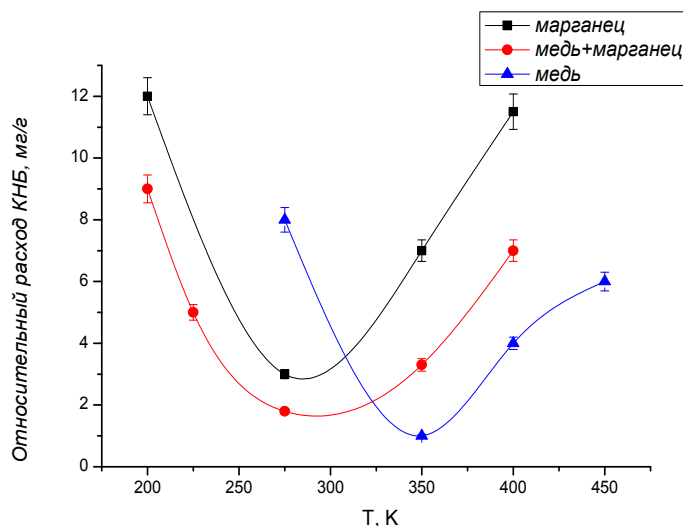


Рис. 1. Зависимость относительного расхода КНБ (КВ 100/80) от температуры полимеризации святок, модифицированных комплексами марганца, меди, а также комбинацией комплексов меди и марганца. Использовались круги I2A2-45 75×10×3; поперечная подача 0,06 мм/дв.ход; обрабатываемый материал – сплав ЖС26

инструментальных композитов из алмаза и КНБ нами были получены металлосодержащие термостойкие полимеры на основе глицидиловых производных адамантана, при этом было подтверждено непосредственное вхождение металлов (меди, марганца) в полимер в виде ионов, а также кластеров размером до 10 нм, а также выявлены обратимые взаимные переходы между ионной и кластерной формами нахождения металла в полимере, инициируемые механическим напряжениями.

Следующим этапом работы стала оптимизация основных технологических параметров изготовления материалов.