

- welding of cast Al359-20% SiC MMC // J. Mater. Sci., – 2002. – 37 (23). – P. 4999–5005.
9. Review: friction stir welding tools R. Rai, A. De, H.K.D. H. Bhadeshia, T. DebRoy / Sci. and Technology of Welding and Joining 2011. VOL. 16 – № 4. – P. 325–342.
 10. Прокопів М. М., Харченко О. В. Вплив відпалу у вакуумі сплаву ВК10 ОМ, спеченого в метано-водневому середовищі, на його структуру, фізико-механічні властивості, кінетику та механізми зносу в умовах різання // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения : Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – Вып.12. – С. 431–437.
 11. Прокопів М. М. Харченко О. В., Сердюк Ю. Д. До питання структури твердих сплавів групи WC–Co після спікання у газовому середовищі // Сверхтвердые матер. – 2010. – № 2. – С. 96–98.
 12. Прокопів М. М., Мельничук Ю. О., Харченко О. В. Визначення стійкості до ударного циклічного навантаження сплаву ВК10ОМ при точінні незагартованої сталі // 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. 498 –503.
 13. Вплив умов спікання на стійкість інструменту для наплавлення міді тертям з перемішуванням зі сплавом групи WC–Co / М. М. Прокопів, О. В. Харченко, Ю. П. Ущатовський и др. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ. 2015. – № 4 (57) – С. 12–18.
 14. Влияние термокомпрессионной обработки на структуру и свойства сплава WC–Co с добавками Cr₃C₂ / Н. М. Прокопий, В. П. Бондаренко, О. В. Харченко, И. А. Гнатенко // Сверхтвердые матер. – 2006. – № 6. – С. 47–51.
 15. Suzuki H., Matsubara H. Some Properties of TiC(C, N)-WC-Ni Alloy // Ibid. – 1986. – 33. – № 4. – P. 199–203.
 16. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: / Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюбери, П. Эчлин, и др. Пер. с англ. в 2-х книгах // Под ред. В.И. Петрова: – М. : Мир, 1984. – 625 с.

Надійшла 07.06.16

УДК 621.762

В. П. Бондаренко, д-р техн наук, **О. В. Евдокимова**, **А. А. Матвейчук**

Институт сверхтвердых Материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киева,

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СВЯЗКИ ИЗ ВН65 НА УДЕРЖАНИЕ ЧАСТИЦ SiC В КОМПОЗИТЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Рассмотрена проблема удержания крупных (125/80 мкм) частиц SiC в композите при его шлифовании мелкозернистым (20/14 мкм) чашечным алмазным кругом. Частички карбида кремния были предварительно покрыты мелкозернистым WC и соответственно обозначены SiC(WC). К полученному порошку было добавлено разное количество 5, 10, 20, 30 (масс %) связки из ВН65, состоящей из 35(масс%) из WC и 65(масс%) из Ni. Полученные порошки были спрессованы и спечены

при температуре 1470°C в водороде и выдержке 1 ч. В результате металлографического анализа установлено, что при добавлении 5, 10(масс%) связки из ВН65 зерна при шлифовании не выпадают. При добавлении 20 и 30(масс%) связки из ВН65 наблюдается микроразрушение частиц SiC при шлифовании.

Ключевые слова: связка, крупнозернистый, удержание, шлифование, композит.

В настоящее время актуальной является разработка металлокерамических материалов на основе тугоплавких соединений с высоким модулем упругости и высокой энергией активации движения дислокаций, в которых выбором фазовых составляющих можно управлять структурными эффектами и влиять на эксплуатационные свойства композитов. Однако их высокая хрупкость ограничивает широкое использование в чистом виде. Поэтому актуальным является комбинирование материалов с различными твердостью и пластическими характеристиками. Способом комбинирования было выбрано покрытие тугоплавких соединений пластичными металлами и сплавами в целях получения скелетных материалов с заданной упругостью, пластичностью, работой разрушения. Наиболее перспективными для изготовления износостойких деталей пар трения являются WC и SiC, модули упругости и энергия активации движения дислокаций которых уступают только алмазу и кубическому нитриду бора. Кроме того, при изготовлении крупных деталей пар трения они легче обрабатываются алмазными инструментами, чем композиты, содержащие алмазы и кубический нитрид бора, а также значительно дешевле [1]. В качестве связующего был выбран эвтектический сплав ВН65, состоящий из 35 (мас.%) WC и 65 (мас. %) Ni.

Методика эксперимента

В качестве исходного порошка использовали крупнозернистый карбид кремния (зеленый) зернистостью 125/80 мкм, в качестве связующего — использовали эвтектический сплав типа ВН65, состоящий из 35 (мас. %) WC и 65 (мас. %) никеля. Для предотвращения взаимодействия SiC с Ni на частицы SiC наносили порошок WC, который с SiC не взаимодействует.

Для нанесения на частицы SiC порошка карбида вольфрама WC использовали метод накатки.

Порошок WC перед нанесением на SiC размалывали в шаровой мельнице, футерованной твёрдым сплавом, в целях чтобы исключения намолы примесей. Размол осуществляли твердосплавными шарами в спирте течение 90 ч. После размолы размеры частиц WC не превышали 1 мкм. Частицы SiC вручную смешивали с эпоксидной смолой, масса которой составляла 5% массы порошка SiC. Затем добавляли размолотый порошок WC. Полученную смесь раскатывали по плоской поверхности для равномерного накатывания порошка карбида вольфрама на частицы карбида кремния. Полученную после накатки смесь просеивали через сито с размером ячейки 125 мкм для удаления излишков WC и затем в течение 1 ч просушивали в сушильном шкафу при температуре до 100 °С, с периодическим перемешивая. Толщина накатанного покрытия из WC составляла около 5 мкм.

Порошок SiC с покрытием WC обозначили SiC(WC). В полученный порошок SiC(WC) добавляли разное количество (5, 10, 20, 30%(мас. %)) связки из ВН65. Брикетты из него прессовали одноосным односторонним прессованием в стальной пресс-форме на гидравлическом прессе при давлении 200 МПа, а затем подвергали жидкофазному (1470 °С) спеканию в водороде.

Для металлографического анализа спеченные образцы прошлифовали алмазным кругом и отполировали на сукне с добавлением алмазной пасты. Структуру полученных композитов исследовали методом металлографического анализа с помощью оптического и

электронного микроскопов при различных увеличениях. Образцы изучены также рентгенофазовым анализом [2].

Результаты экспериментов

Как следует из структуры шлифов SiC (WC) с 5, 10 мас.% пластической связки с ВН65 после спекания при температуре 1470 °С в водороде, зерна SiC прочно зафиксированы в матрице материала, при шлифовании зерна не выпадают с поверхности материала. При увеличении до $\times 5000$ видно, что вокруг зерен SiC образуется плотное безпористое кольцо из мелких зерен WC, которое фиксирует зерна карбида кремния (рис. 1 а, б, в).

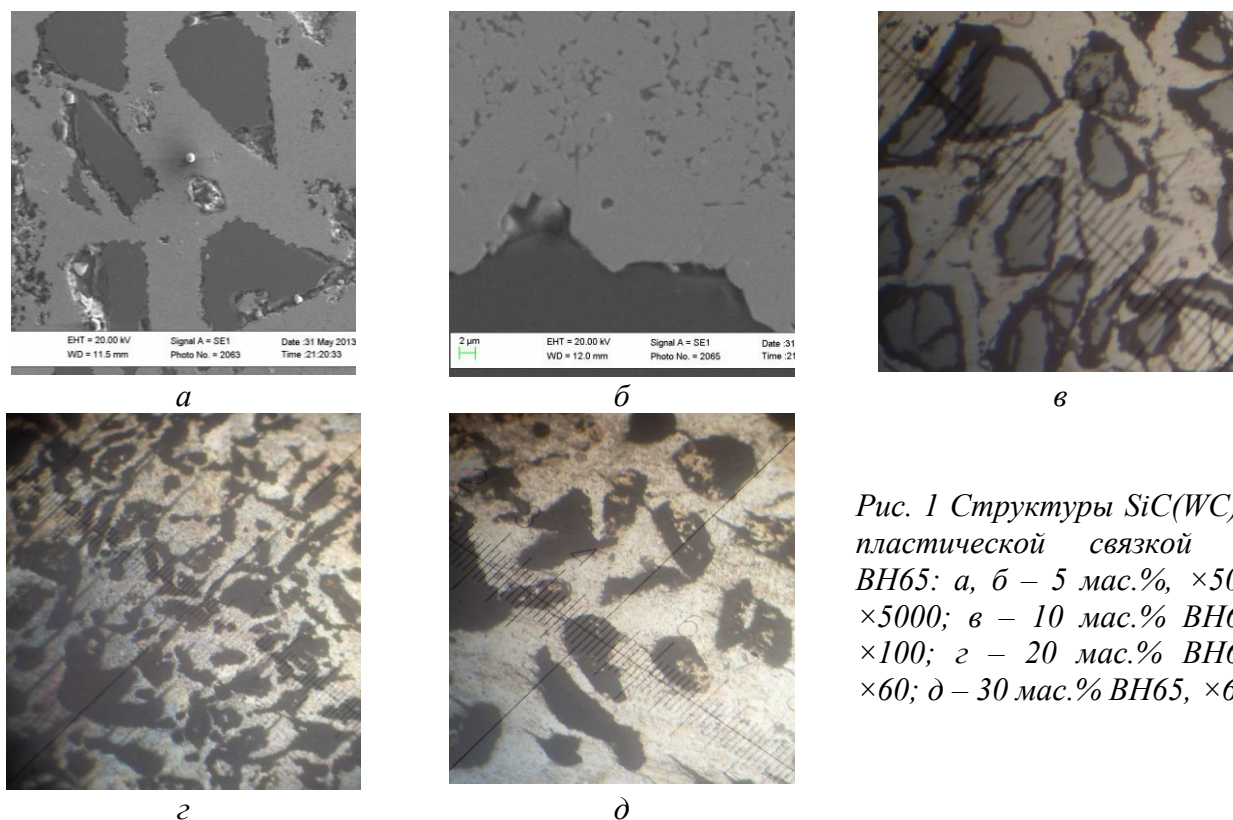


Рис. 1 Структуры SiC(WC) с пластической связкой из ВН65: а, б – 5 мас.%, $\times 500$, $\times 5000$; в – 10 мас.% ВН65, $\times 100$; г – 20 мас.% ВН65, $\times 60$; д – 30 мас.% ВН65, $\times 60$

С увеличением количества содержание из ВН65 до 20, 30 мас.% в образцах при шлифовании крупные зерна SiC плохо удерживались, вырывались и дробились, в процессе шлифования оставляя на поверхности шлифа не однородную пористость (рис. 1, г, д). Твердость покрытия из WC составляла 91–93 HRA.

Такое кольцо прочно фиксирует большое зерно SiC, не давая ему вырваться или разрушиться при шлифовании.

Согласно результатом рентгенографического анализа в образцах SiC (WC) с 5 мас. % пластической связки из ВН65 после спекания при температуре 1470° С в водороде не образовалось новых фаз. Покрытие из карбида вольфрама достаточно хорошо защищает зерна карбида кремния от нежелательного взаимодействия с никелем (рис. 2). Такой же рентген получили и для образцов с 10 мас.% пластической связки из ВН65.

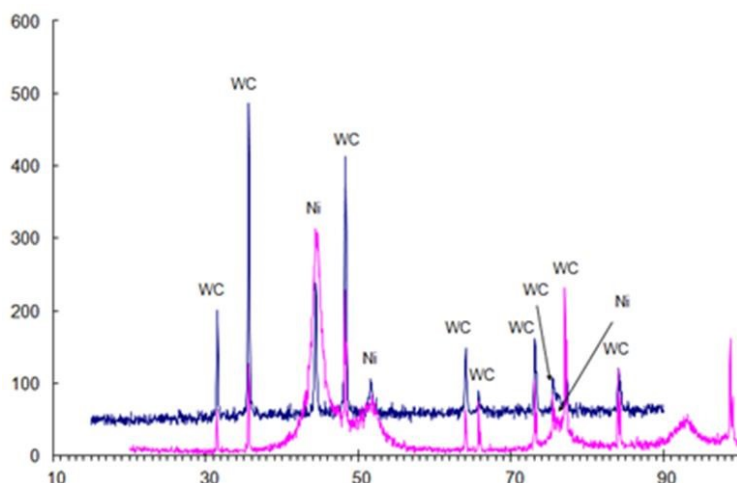


Рис 2. Рентгенограмма образца SiC(WC) с 5 и 10 мас.% пластической связки из VN65 после спекания при температуре 1470 °C в водороде

Рентгенофазовый анализ образцов с 20 и 30 (мас.%) связки из VN65 показал, что при спекании в образцах образовалась хрупкая фаза силицида $\text{Ni}_3\text{Si}_{12}$ (рис. 3).

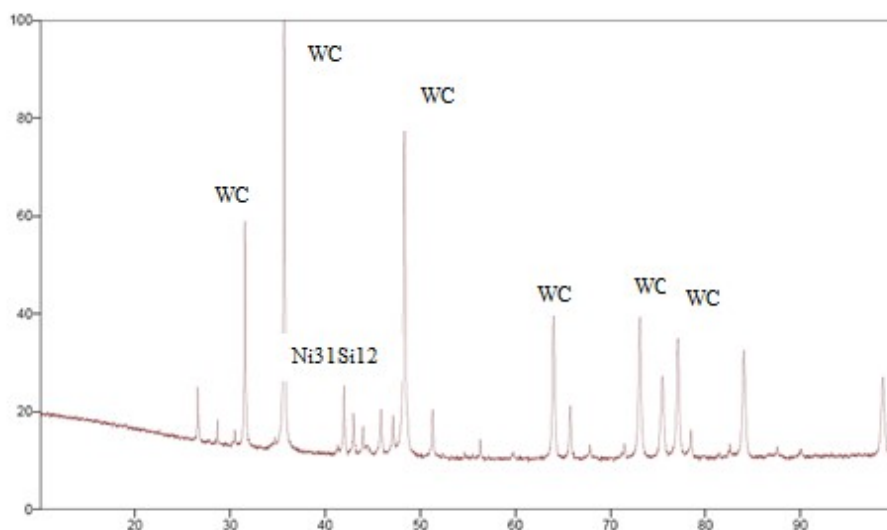


Рис 3. Рентгенограмма образца SiC(WC) с 30 мас.% пластической связки из VN65 после спекания при 1470 °C в водороде

Полученные результаты можно объяснить тем, что с увеличением содержания связки до VN65 20, 30 (мас.%) при спекании образуется много жидкой фазы, которая растворяет WC и мигрирует сквозь покрытия из WC к SiC, при взаимодействии с которым образуются силициды никеля. Такие силициды очень хрупкие, что и приводит к разрушению зерен SiC при шлифовании и последующем полировании [4].

Выводы

Накатка мелкодисперсного порошка WC на частицы SiC защищает его от химического взаимодействия с пластичным металлом связкой (Ni), обеспечивает формирование вокруг частицы SiC малопористой прочной оболочки и хорошее смачивание

оболочки расплавом металла. Благодаря этому резко повышается прочность удержания частиц SiC в композите при шлифовании.

При оптимальном содержании связки из ВН65 5 и 10 мас.%, в образце образуется структура, состоящая из зерен SiC с плотной оболочкой из WC, частицы с накаткой крепко связаны между собой связкой из ВН65. Благодаря такой структуре частицы SiC надежно удерживаются на поверхности образца, не выпадают при шлифовании, покрытие из WC выполняет защитную роль.

При увеличении содержания связки до 20 и 30 мас.% в процессе спекания увеличивается содержания жидкой фазы, активно протекают диффузионные процессы, в которых жидкий никель проникает сквозь защитное покрытие и, взаимодействуя с SiC, образуя хрупкий силицид $Ni_{31}Si_{12}$, который ослабляет удержание зерен SiC в композите.

Розглянуто проблему утримання великих (125/80 мкм) частинок SiC у композиті при його шліфуванні дрібнозернистим (20/14 мкм) чашиковим алмазним кругом. Частинки карбиду кремнію були попередньо покриті дрібнозернистим WC і відповідно позначені SiC (WC). До отриманого порошку було додано різну кількість 5, 10, 20, 30 (мас. %) зв'язки з ВН65, що складається з 35(мас%) з WC і 65(мас%) з Ni. Отримані порошки було спресовано і спечено при температурі 1470°C у водні та витримували протягом 1 год. У результаті металографічного аналізу встановлено, що при додаванні 5, 10 (мас%) зв'язки з ВН65 зерна при шліфуванні не випадають. При додаванні 20, 30 (мас%) зв'язки з ВН65 спостерігається мікроруйнування частинок SiC при шліфуванні.

Ключові слова: зв'язка, крупнозернистий, утримання, шліфування, композит.

INFLUENCE OF QUANTITY BINDER OF TN65 ON HOLDING OF SiC PARTICLES IN THE COMPOSITE DURING ITS GRINDING

The problem of keeping large 125/80 mkm SiC grains in the composite in the process of hard – grinding by cup diamond wheel, grain size of wheel was up to (20/14 mkm) was considered at the work. SiC grains were coated with fine-grained WC and respectively are represent as SiC(WC). To the resulting powder were impregnated by different amount of 5, 10, 20, 30 (mass%) of the binder TN65 consisting from 35% (wt) of WC and 65% (mass) of Ni. The obtained powders were pressed and sintered in hydrogen at temperatures 1470 ° C and were hold for 1 hour under the temperature. Using metallographic analysis it was observed that in the samples consisted of SiC(WC)with 5, 10%(mass) of the binder TN65 the particles of SiC are not taken off from composite during the grinding process. When SiC(WC) with 20, 30%(mass) of the binder TN65 the particles of SiC are not retained during grinding process, due to formation of brittle silicides during sintering.

Key words: binder, coarse grained, retention, grinding, composite.

Литература

1. Бондаренко В. П. Триботехнические композиты с высоко модульными наполнителями. – Київ: Наук. думка, 1987. – 232 с.
2. Агнєєв О. А., Бєляєв А. Е., Болтовєц Н. С. и др. Карбид кремния: технология, свойства, применение. – Харьков: ИСМА, 2010. – 532 с.
3. Дергунова В.С. Взаимодействие углерода с тугоплавкими металлами.-Москва; Металлургия, 1974. – 284с.
4. Найдич Ю.А. Поверхностные свойства расплавов т твердых тел и их использование в материаловедении. – Киев: Наукова думка, 1991. – 275с.

Поступила 13.07.16