

УДК 621.762

О.В. Евдокимова,
А.П. Данилов

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СВЯЗКИ ИЗ ВН65 НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ SiC(WC)

Исследовано влияние количества связки из расплава WC+Ni эвтектического состава (ВН65) на триботехнические свойства композита на основе SiC(WC). Частицы 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 среде водорода. Были проведены триботехнические испытания, в результате которых лучшие показатели (коэффициент трения, интенсивность износа) показали композиты на основе SiC(WC) с 5, 10 % (масс) связки из ВН65.

Ключевые слова: связка, композит, триботехнический, пористый.

Досліджено вплив кількості зв'язки з розплаву WC + Ni евтектичного складу (ВН65) на триботехнічні властивості композиту на основі SiC (WC). Частишки карбіду 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 були спресовані і спечені при 1470°C у водні. Були проведені триботехнічні випробування, в результаті яких кращі показники (коефіцієнт тертя, інтенсивність зносу) показали композити на основі SiC (WC) з 5, 10 % (мас) зв'язки з ВН65.

Ключові слова: зв'язка, композит, триботехнічний, пористий.

The influence of amount of binder from the melt WC+Ni eutectic composition (ВН65) on the tribological properties of the composite based on S(WC) is studied. The silicon carbide particles were pre-coated fine grained WC and SiC and, respectively, have been marked SiC (WC). To the resulting powder were added different amounts of 5, 10, 20, 30 % (wt) of a combination of ВН65 consisting of 35 % (by weight) of WC and 65 % (by weight) of Ni. The powders were pressed and sintered at a temperature of 1470°C in the environment of hydrogen. Tribological tests were done, which resulted in the best performance (friction coefficient, wear intensity was found for composites based on SiC(WC) with 5, 10 % (WT) of a combination of ВН65.

Keywords: bundle, composite, tribological, porous.

Актуальность. Активное усовершенствование техники в машиностроении, авиастроении требует разработки новых износостойких триботехнических материалов, которые способны работать при высоких нагрузках, вибрации, аварийных ситуациях, в условиях граничного трения. В настоящее время актуальной

является разработка металлокерамических материалов на основе тугоплавких соединений, с высокими модулями упругости и энергиях активации движения дислокаций, в которых выбором фазовых составляющих можно управлять структурными эффектами и влиять на эксплуатационные свойства композитов. Однако высокая хрупкость ограничивает их широкое использование в чистом виде. Поэтому актуальным является комбинирование материалов с различными значениями твердости и пластических характеристик [1; 2].

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, они при изготовлении крупных деталей пар трения более легко обрабатываются алмазными инструментами чем композиты, содержащие алмазы и кубический нитрид бора, а также значительно дешевле. В качестве связки было выбрано сплав эвтектического состава BN65, состоящий из (35 % (масс) WC + 65 % (масс) Ni.

Комбинирование крупнозернистого SiC с мелкозернистым WC с пластической связкой из BN65 позволит более полно использовать их физико-механические характеристики, а также создать композиты с регулируемой пористостью для улучшения условий смазки и охлаждения деталей пар трения, работающих в экстремальных и ответственных условиях [3].

Целью данной работы является разработка пористого триботехнического композита, работающего в экстремальных условиях под высоким давлением, при вибрации, граничном трении, для перекачки маловязких веществ (вода, бензин, керосин).

Методика исследования. В качестве исходного порошка использовали порошок крупнозернистого карбида кремния зеленого фракции 125/80 мкм. Для предотвращения образования хрупких силицидов и оксидов никеля, которые образуются при взаимодействии SiC с Ni [1] (входит в состав сплава BN65) в процессе спекания, на крупные зерна SiC наносили защитное покрытие из мелкозернистого (до 1 мкс) WC. Толщина покрытия из WC на частицах SiC составляла примерно 5 мкм, обозначено SiC(WC). В порошок SiC(WC) было добавлено разное количество сплава BN65 5, 10, 20, 30 % (масс) методом перемешивания вручную.

Полученные смеси порошков прессовались, затем спекались при температуре 1470 °C. После спекания образцы имели пористость до 20–28 %, в зависимости от количества связки из BN65.

Образцы были испытаны на модернизированной трибометрической машине 2070 СМТ-1 при граничном смачивании водопроводной водой. Перед испытаниями был проведен этап приработки, который составлял 1 км при давлении на дорожку трения 5МПа, скорости вращения контр-тела 2м/с. Контр-тело было изготовлено из сплава BN20.

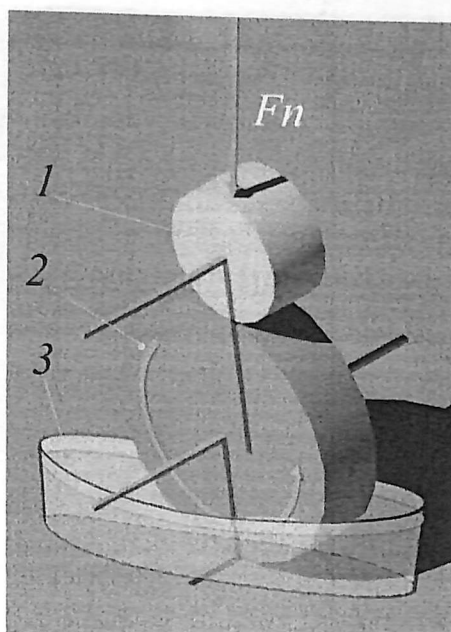


Рис. 1. Схема триботехнического испытания: 1 – образец; 2 – контр-тело; 3 – среда испытания

Триботехнические испытания проводились при скорости вращения контр-тела 2 м/с, давлении 15, 25, 50, 75, 100 МПа, путь трения составлял 10 км. Были определены коэффициент трения (μ) и интенсивность износа (I). Поверхность трения была изучена на оптическом и электронном микроскопах рентгенофазовым анализом.

Практическая часть. По данным испытания на трения были построены зависимости коэффициента трения и интенсивности износа от давления на испытуемый образец.

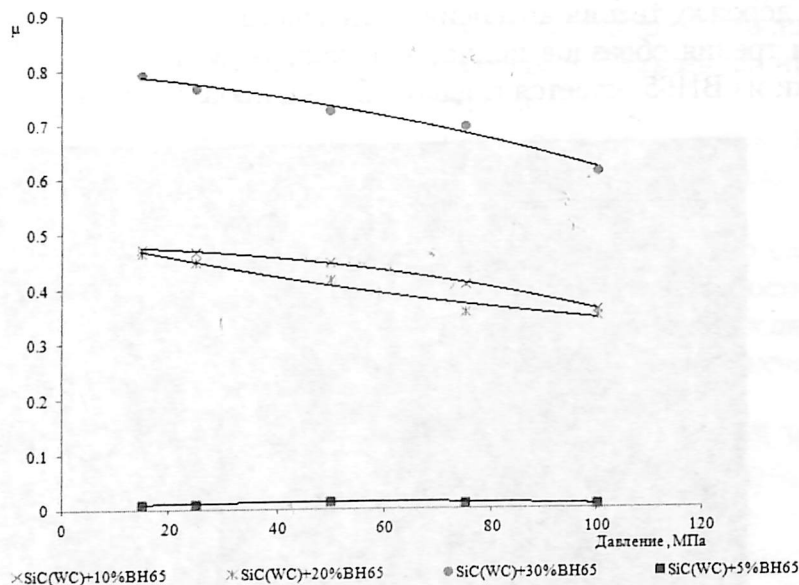


Рис. 2 График зависимости коэффициента трения образцов $\text{SiC(WC)} + x\%(\text{масс}) \text{BN65}$ от давления на испытуемые образцы

Из рис. 2 видно, что коэффициент граничного трения композита SiC(WC)+5%(масс)BN65 значительно ниже по сравнению с коэффициентами трения композитов с большим количеством связки из BN65. При увеличении давления на дорожку трения коэффициент трения значительно падает для всех композитов (рис. 1), что характерно для керамических материалов, детали из которых работают в высоконагруженных узлах трения [4]. В процессе трения образцов из SiC(WC) с 5, 10, 20 %(масс) BN65 температура в зоне трения не превышала 40°C, при испытании образцов с 30 %(масс) связки из BN65 температура в процессе испытания образцов превышала 70°C.

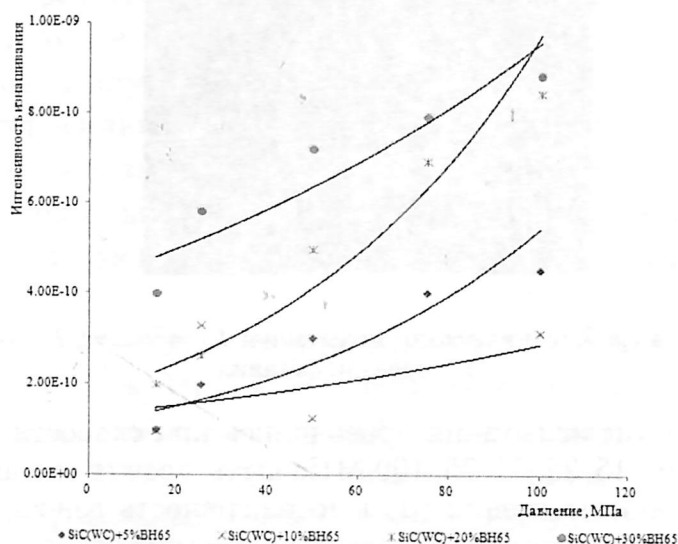
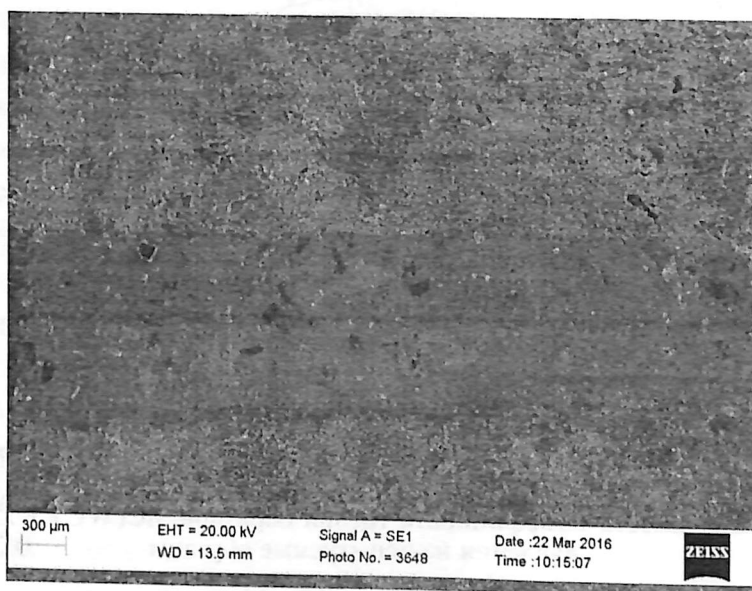


Рис. 3. Сравнение интенсивностей износа образцов на основе SiC(WC) + x%(масс) BN65 от давления на испытываемые образцы

На графике зависимости интенсивности износа от давления на зону трения (рис. 3) также видно, что с увеличением количества связки из BN65 и с увеличением давления на дорожку трения интенсивность износа резко растет. При рассмотрении поверхности трения образцов видно, что поверхность трения образцов с 5, 10 %(масс) связки из BN65 остается гладкой, без задилов, трещин, налипания (рис. 4а).



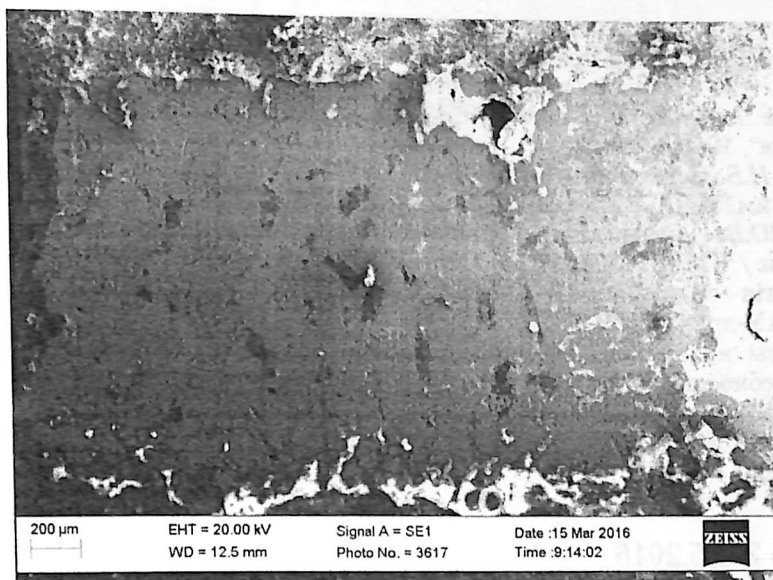


Рис. 4 а, б. Поверхность образцов после триботехнических испытаний при давлении 100МПа: а – $\text{SiC(WC)}+5\%\text{BN65}$, $\times 60$; б – $\text{SiC(WC)}+30\%\text{BN65}$, $\times 80$

При рассмотрении поверхностей трения образцов с 20, 30 % (масс) из BN65 видно (рис. 4б), что поверхность трения не гладкая, на поверхности есть трещины и незначительные неровности. Рентгенофазовым анализом было определено, что с увеличением связки из BN65 до 20, 30 % (масс) в образцах начинают образовываться хрупкие фазы оксидов и силицидов никеля [5].

Благодаря пористости образцов в процессе трения в порах задерживается вода (среда испытания), благодаря этому поверхность трения смазывается и охлаждается в процессе работы.

Выводы

1. С увеличением количества связки из BN65 до 20, 30 %(масс) диффузионные процессы в процессе спекания проходят активней, вследствие чего жидкий никель, входящий в состав связки BN65, проникает к зернам SiC сквозь защитное покрытие из WC, образуя оксиды и силициды никеля.

2. Образование хрупких фаз из оксидов и силицидов никеля приводит к микроразрушениям, трещинам в образцах с 20, 30 %(масс) связки из BN65 в процессе трения под высоким давлением.

3. Микроразрушения и трещины в образцах с 20, 30%(масс) связки из BN65 в процессе трения под высоким давлением свидетельствует об усталостном механизме износа [6]. В свою очередь, наличие хрупких фаз оксидов приводит к окислительному изнашиванию. Наложение этих факторов приводит к выводу комплексности процессов износа, что и отражается в повышении показателя износа [7; 8].

4. Наиболее оптимальным является композит SiC(WC) с 5 %(масс) BN65, коэффициенты трения и интенсивность износа которого значительно ниже по сравнению с образцами с большим количеством связки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев О.А. Карбид кремния: технология, свойства, применение / О.А. Агеев, А.Е. Беляев и др. – Х. : "ИСМА", 2010. – 532 с.

2. *Бондаренко В.П.* Триботехнические композиты с высокомолекулярными наполнителями / В.П. Бондаренко. – К. : Наукова думка, 1987. – 232 с.
3. *Мошков А.Д.* Пористые антифрикционные материалы / А.Д. Мошков. – М. : “Машиностроение”, 1968. – 206 с.
4. *Новиков Н.В.* Современные спеченные твердые сплавы. Сб. науч. трудов / Н.В. Новиков. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – 344 с.
5. *Найдич Ю.В.* Поверхностные свойства расплавов и твердых тел и их использование в материаловедении / Ю.В. Найдич, В.М. Перевертайло и др. – К. : Наукова думка, 1991. – 280с.
6. *Трибологія : підруч. / МВ Кіндрачук, ВФ Лабунець, МІ Пашечко, ЄВ Корбут.* – К. : Вид-во НАУ “НАУ-друк”, 2009. – 392 с.
7. *Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации : учебное пособие / Н.А. Кузьмин.* – Нижегородский государственный технический университет, 2001.
8. *Костецкий Б.И.* Сопротивление изнашиванию деталей машин / Б.И. Костецкий. – М., К. : “Машгиз”, 1959. – 478.

Отримано 25.05.2016

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.