

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕЧЕННЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Бирюков В.П.¹, Принц А.Н.¹, Вараксин А.В.²

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благодрава РАН, Москва;*

²*Институт металлургии Уральского отделения РАН, Екатеринбург*

Ключевые слова: микротвёрдость, коэффициент трения, интенсивность изнашивания, скорость скольжения.

Аннотация. В работе представлены результаты металлографических исследований и триботехнических испытаний образцов из порошковых материалов на основе никеля с добавлением порошка диборида циркония и карбидов титана, тантала. Износостойкость композиционных порошковых металлокерамических образцов выше образцов исходного сплава, изготовленных из прутка. Коэффициенты трения полученных порошковых образцов ниже эталонного сплава.

DETERMINATION OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF SINTERED CERMET MATERIALS

Biryukov V.P.¹, Prints A.N.¹, Varaksin A.V.²

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow;*

²*Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg*

Keywords: microhardness, coefficient of friction, wear intensity, sliding speed.

Abstract. The paper presents the results of metallographic studies and tribotechnical tests of samples from nickel-based powder materials with the addition of zirconium diboride powder and titanium carbides. tantalum, the wear resistance of composite powder cermet samples is higher than the samples of the initial alloy made from a rod. The friction coefficients of the obtained powder samples are lower than the reference alloy.

Введение. Порошковые спеченные материалы на основе железа, никеля, кобальта и других металлов находят все большее применение, однако технологии их получения значительно различаются. Получены композиты [1] из нержавеющей стали 316L (03X17H14M3) с различными массовыми долями частиц TiC с использованием горячего прессования и микроволнового спекания. Порошок из нержавеющей стали 316L и композитные порошки, содержащие 2, 5, 10 и 15 мас. % TiC, получали методом смешивания в контейнерах из нержавеющей стали в течение 120 минут. Было исследовано влияние содержания TiC и методов получения на микроструктуру и механические свойства композитов из нержавеющей стали 316L. Испытания на изнашивание проводились при контакте контрбраса диаметром 40 мм твердостью 60 HRC с образцом из порошкового материала без смазки. Частота вращения составляла 240 об/мин, а скорость скольжения 0,5 м/с. Приложенная нагрузка составляла 100 Н. Потеря массы образца и контрбраса определялась как среднее арифметическое по трем испытаниям. Результаты испытаний на износ показали,

что образец, полученный путём горячего прессования и микроволнового спекания с добавлением 5 мас. % TiC, имел большую плотность 94,8%, более высокую твёрдость 360 HV и износостойкость по сравнению с аналогом.

В работе [2] рассматривается влияние условий обработки на свойства материала и износостойкость предварительно легированных хромом спечённых сталей. Были использованы три различных режима обработки, включающие различные скорости охлаждения по сравнению с температурами спекания 1180°C и 1240°C. Были исследованы обычные (медленные) условия охлаждения и новые прогрессивные условия, затвердевание агломерата. Исследованная система, предварительно легированная хромом, представлена в виде Fe + 1,5% Cr + 0,65% C + 0,6% AW. Образцы с плотностью 7,0 г/см³ были получены с использованием гидравлического пресса 2000 кН, в форме диска (d = 40 мм), давление 600 МПа. Спекание проводили в вакуумной печи в среде аргона при 1180°C и 1240°C в течение 1 часа. Результаты показали, что более высокая скорость охлаждения и более высокая температура спекания до 1240°C повышают как прочность, так и пластичность. При испытании на изнашивании расслоение поверхностных слоев и окисление являются основными механизмами износа. Значения коэффициентов трения были стабильными и варьировались в пределах 0,82-0,90, и постепенно уменьшались по мере увеличения пути трения.

Порошки Fe, Nb и Al с размером частиц ≤ 180 , < 45 и < 75 мкм и чистотой содержания 99,9%, 99,8% и 93% соответственно, смешивали в промышленном коническом смесителе в течение 1 ч, а затем подвергали холодному прессованию при 700 МПа с помощью штампа [3]. Прессованные образцы спекали при 1350°C в течение 1 ч в защитной среде аргона чистотой (99,999%). Измерение микротвёрдости проводилось в 10 различных областях каждого образца с использованием нагрузки 9,8 Н и последующим получением среднего значения. Испытания на абразивный износ порошковых сплавов проводили при помощи дискового трибометра, по схеме штифт (испытуемый образец), – вращающийся диск. Наждачная бумага SiC зернистостью 320 мкм, была закреплена на диске. Диаметр образца 12 мм, длина 7 мм. Скорость скольжения составляла 0,2 м/с, а приложенные нагрузки 10, 20, 30Н. Результаты испытаний показали, что легирующие добавки Nb и Al 0,05 – 0,1 масс% к порошкам стали Fe–0,25% C повышали твёрдость и износостойкость. Интенсивность изнашивания уменьшалась с увеличением твёрдости исследованных спеченных образцов. Обычная углеродистая сталь (Fe–0,25%С) подвергалась более высокому износу. Все сплавы имели канавки, параллельные направлению вектора скорости скольжения, однако поврежденные участки исчезают, а канавки становятся намного уже и мельче, когда твёрдость сплавов увеличивается. Наблюдалось непрерывное снижение шероховатости поверхности исследуемых образцов с увеличением содержания легирующих элементов.

Цель работы – получение спеченных композиционных порошковых сплавов на основе никеля с добавками карбидов титана, тантала и диборида циркония и определение их триботехнических свойств.

Материалы и методы исследований. Для проведения исследования были приняты nano размерные порошковые материалы 30% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + + 60% XH77TiOP и 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% XH77TiOP. Образцы

получены методом спекания в защитной среде аргона при температуре 1460°C в течение 60 мин. Диаметр полученных образцов составлял 21 мм, толщина 4 мм. В качестве эталона для проведения триботехнических испытаний принят сплав ХН77ТЮР. Образцы заливали эпоксидной смолой в кольца с внутренним диаметром 35 мм. После выдержки в течение суток при комнатной температуре образцы обрабатывали на шлифовальном станке. В качестве контробразца использовали втулку стали 40Х (49-52 HRC). Испытания на трение и износ выполняли по схеме «плоскость (исследуемый образец) – кольцо (контробразец)» с погружением образцов в масляную ванну. Скорость скольжения и давление на образец изменялись дискретно в интервале от 0,23 до 3,45 м/с и от 1,0 до 6,5 МПа соответственно. В качестве смазки применялось гидравлическое масло МГЕ-10А. Металлографические исследования образцов выполняли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 0,98 Н.

Результаты и обсуждение. Микротвердость образцов 30% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 60% ХН77ТЮР, 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР и стали ХН77ТЮР составляла 565, 582 и 328 НV соответственно. На рисунке 1 приведены закономерности изменения коэффициентов трения от давления и скорости скольжения.

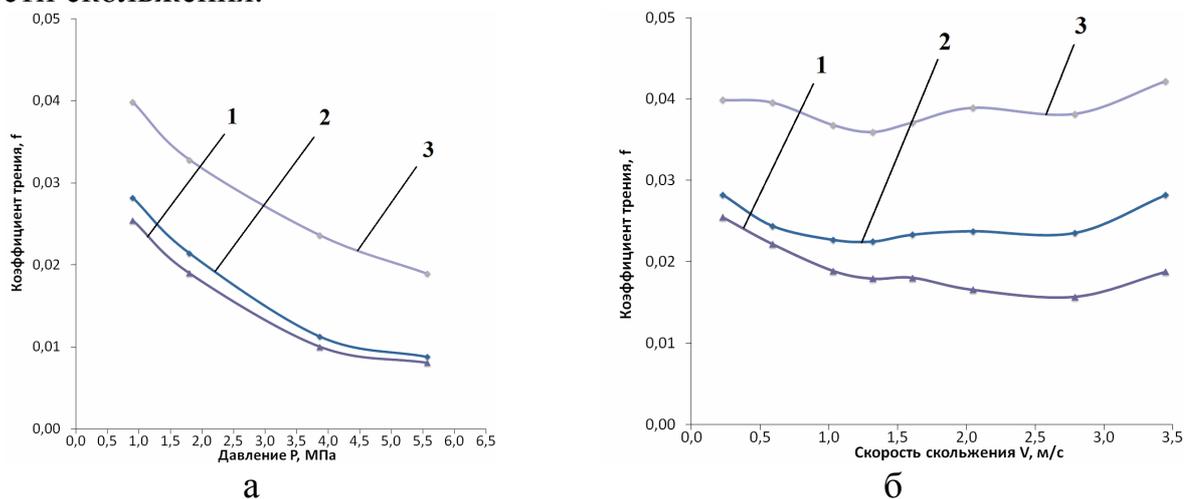


Рис. 1. Зависимость коэффициентов трения от давления (а) и скорости скольжения (б): 1 - 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР, 2 - 30% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 60% ХН77ТЮР, 3 – сплав ХН77ТЮР

С увеличением давления с 0,5 до 5,6 МПа коэффициент трения для стали ХН77ТЮР уменьшался с 0,040 до 0,019, для образца 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР коэффициент трения снижался с 0,028 до 0,009. Коэффициент трения стабильно снижался при увеличении нагрузки.

По мере увеличения скорости скольжения от 0,23 до 3,45 м/с при постоянном давлении 0,9 МПа образец с содержанием 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР имел минимальный коэффициент трения, который снижался во всём диапазоне исследуемых скоростей от 0,027 до 0,021. Образец сплава ХН77ТЮР имел большие значения коэффициентов трения от 0,040 до 0,042 при тех же условиях испытания.

На рисунке 2. показаны интенсивности изнашивания образцов в паре трения со сплавом ХН77ТЮР. Износостойкость, величина обратная

интенсивности изнашивания, была значительно ниже у образца сплава ХН77ТЮР, в то время как образцы 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР показали износостойкость в 2,5 раза выше.

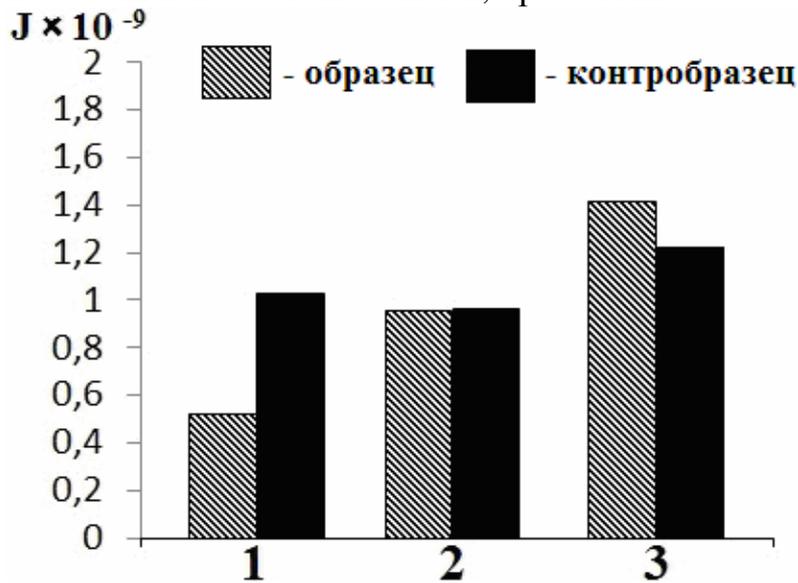


Рис. 2. Интенсивность изнашивания: 1 - 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР, 2 - 30% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 60% ХН77ТЮР, 3 – сплав ХН77ТЮР

Испытания на трение и износ спечённых материалов показывают, что существенную роль на результат оказало содержание в шихте карбида титана. Жаропрочный сплав ХН77ТЮР имел большие коэффициенты трения во всём диапазоне исследуемых скоростей и нагрузок, и меньшую стойкость к изнашиванию.

Выводы. Увеличение содержания карбида титана, в составе исследуемых порошковых материалов, благоприятно влияет на трибологические свойства. Интенсивность изнашивания снижается благодаря увеличению твёрдости образцов 40% TiC + 5% TaC + 5% ZrB₂ + 50% ХН77ТЮР по сравнению со сплавом ХН77ТЮР в 2,5. Коэффициенты трения значительно ниже во всём диапазоне исследуемых нагрузок и скоростей по сравнению эталоном.

Благодарность. Авторы выражают глубокую благодарность к.ф.-м.н. Костылеву Виктору Алексеевичу, директору ООО НПП «Наука», г.Екатеринбург за предоставленные порошковые материалы и образцы.

Список литературы

1. Lin S., Xiong W. Microstructure and abrasive behaviors of TiC-316L composites prepared by warm compaction and microwave sintering // Advanced Powder Technology. – 2012. – Vol.23. – P. 419-425.
2. Bidulsky R., Grande M.A., Bidulska J., Vlado M., Kvackaj T. Wear Resistance of Chromium Pre-Alloyed Sintered Steels // Materials and technology. – 2009. – Vol.6. – P. 303-307.
3. Erden M.A., Gündüz S., Karnabulut H., Türkmen M. Wear behaviour of sintered steels obtained using powder metallurgy method // Mechanika. –2017. –Vol. 23(4). – P. 574-580.

Сведения об авторах:

Бирюков Владимир Павлович – к.т.н., ведущий научный сотрудник;
 Принц Антон Николаевич – младший научный сотрудник;
 Вараксин Александр Владимирович – младший научный сотрудник.