

розпаду присадки і матеріалу поверхні $T_{\text{хв}}$. При цьому знос набуває корозійно-механічного характеру і локалізується у модифікованому шарі.

Література

1. Политехнический словарь под ред. И.И. Артоболевского, изд. «Советская энциклопедия». — М. 1976 — 607 с.
2. Ахметов А.С. Молекулярная физика граничного трения; — М. Физматгиз, 1963 — 472 с.
3. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на надежность и долговечность деталей машин. — М., Машиностроение, 1970 — 312 с.
4. Яхно О.М. та інші. Технічна гідродинаміка та гідродинамічна теорія змашування: Посібник — Чернівці: «Золоті літаври», 2010 — 326 с.

УДК 620.22: 66.067.124

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ МОНОКАРБИДА ВОЛЬФРАМА

*Доктор технических наук Геворкян Э.С.,
доктор технических наук Посвятенко Э.К.,
кандидат технических наук Кодаш В.Ю.,
Гуцаленко Ю.Г.*

Досліджено різальні властивості нового інструментального матеріалу з карбіду вольфраму. Даний матеріал одержують за рахунок ущільнення під дією електричного струму. Він може застосовуватися також у конструкціях піскоструменевих та водоструменевих сопел.

Cutting characteristics of a new tool material based on wolfram tungsten was investigated. This material is received by densification under electrical current. It can be used in constructions of sand-jets and water-jets too.

Постановка проблемы и цель исследования. Получение наноструктурных материалов из нанопорошков является сложной задачей в связи с тем, что в процессе консолидации происходит рост частиц, и размер зерен выходит за пределы 100 нм. Решение этой проблемы является одной из задач современных исследований и целью настоящей работы.

Анализ предыдущего опыта. В настоящее время существуют различные эффективные методы консолидации нанопорошков, которые позволяют получить материалы с наноразмерной структурой, такие как горячее изостатическое прессование (HIP), спекание высокочастотным индукционным нагревом (HFJHS), быстрое компактирование (ROC), спекание в пульсирующей плазме (PPS), сверхвысокое скоростное горячее прессование (UPRC) и другие [1–6]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки при спекании моно- и полидисперсных электропроводящих и электроизоляционных нанопорошков. Так, широко применяемый в настоящее время метод SPS (Spark Plasma Sintering) позволяет получить наноструктурные материалы из тугоплавких соединений, таких, как, например, Al_2O_3 , SiC, B_4C , MoSi_2 [1]. Особенностью данного метода является использование кратковременных прямых импульсных токов в процессе горячего прессования.

Исследования и их обсуждение. В разработанном нами методе консолидации нанопорошков тугоплавких соединений при горячем прессовании используются переменные токи 1500–2000 А при напряжении 5–10 В [7]. При помощи специально созданной установки были получены режущие пластины из нанопорошков монокарбида вольфрама без использования связующего металла.

Несмотря на довольно широкий диапазон современных инструментальных материалов, традиционные твердосплавные инструментальные материалы группы ВК и ТК остаются наиболее применяемыми в металлообработке. В качестве материала для связки в них применяются кобальт, который обеспечивает необходимую прочность и позволяет получить твердосплавный продукт при сравнительно низкой температуре спекания за счет образования жидкой фазы. Однако кобальт значительно снижает износостой-

кость материала при высоких температурах, к тому же он дорог и дефицитен. Известно, что при обработке с высокими скоростями резания температура в зоне главной режущей кромки может достигать 800–1000 °С. В этих условиях твердость инструментального материала резко падает и происходит его разупрочнение.

Повышение работоспособности и долговечности твердосплавных инструментальных материалов остается актуальным также в связи с тем, что в современной промышленности и технике широкое применение находят новые труднообрабатываемые материалы. К примеру, при обработке закаленной стали с большим содержанием никеля при скорости 150 м/мин температура достигает 1000 °С. В результате активируются физико-химические процессы взаимодействия инструментального и обрабатываемого материала, особенно диффузионные. Распределение механизмов износа при обработке стали 12Х18Н10Т приведено на рисунке 1. При обработке резцами из монокрибида вольфрама без связки распределение механизмов износа подобное, однако, снижается фактор абразивного износа. Следует отметить, что в том и другом случае испытания проводились без применения смазочно-охлаждающих жидкостей, что значительно увеличивало фактор диффузионного и окислительного износа. Применение смазочно-охлаждающих жидкостей позволяет заметно снизить температуру в зоне резания и замедлить эти виды износа.

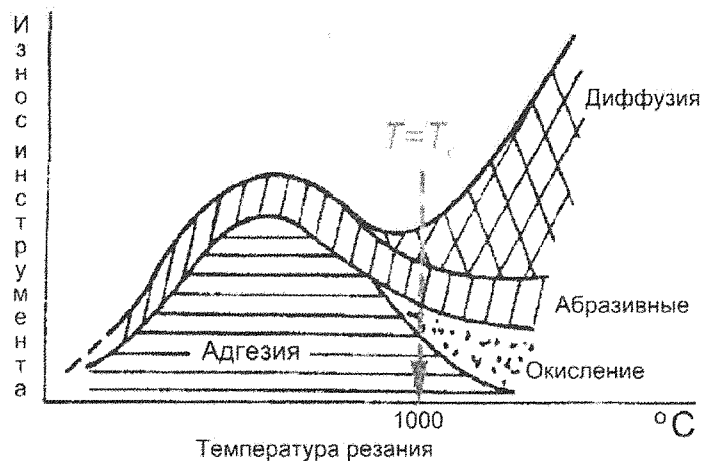


Рис. 1 — Механизмы износа инструментального материала ВК6 при обработке стали 12Х18Н10Т

При обработке сравнительно хрупких, подобных чугуну, сплавов образуется стружка надлома, которая создает большие знакопеременные нагрузки в инструментальном материале, что может привести к поломке инструмента. В данном случае кобальтовая связка позволяет увеличивать прочность инструментального материала только при относительно невысоких скоростях резания. При высокоскоростной обработке связка уже не обеспечивает приемлемые уровни прочности и твердости инструментального материала.

В случае обработки сплавов алюминия износ, по большей части, адгезионный. Образующийся на режущей кромке нарост ухудшает качество обработанной поверхности. Здесь значительную роль играет коэффициент трения между обрабатываемым и инструментальным материалом.

Титановые сплавы имеют высокую прочность и вязкость. Сходящая при резании упрочненная титановая стружка образует лунку износа на передней поверхности инструмента, что, в конечном итоге, приводит к его поломке. В данном случае наличие кобальтовой связки создает дополнительный источник снижения твердости.

Разработанный инструментальный материал на основе нанопорошков монокрибида вольфрама имеет высокую твердость и достаточную прочность, что позволяет применить его не только в качестве режущего, но и для пескоструйных и водоструйных сопел. Во многих известных методах уплотнения порошков без использования связующих материалов или их смесей используется температура на 200–500 °С выше, чем для уплотнения цементированных карбидов. Наиболее известными среди подобных методов являются горячее и горячее изостатическое прессование. Однако эти методы не дают положительных

результатов при уплотнении карбида вольфрама без связующего компонента. С помощью этих методов удалось добиться плотности не выше 95%.

Разработанные в настоящее время методы уплотнения посредством электрического поля, в особенности с прямым токоподводом к токопроводной, обычно графитной матрице, содержащей прессуемую нанопорошковую насыпку, особенно эффективны в получении высокоплотных спекаемых материалов [8].

Эти методы позволяют проводить спекание при больших скоростях нагрева. Цикл спекания очень короткий — обычно до 10 мин при ограниченном росте зерна. При спекании, в момент прохождения переменного электрического тока в зонах межзеренных границ, напряжение может достигать значительных величин, что вызывает электрические разряды. В плазме электрических разрядов контактные поверхности спекаемых порошков очищаются и активируются [1]. Это приводит к образованию чистых границ зерен [2, 3]. Например, при спекании порошков AlN с неоднородным поверхностным слоем Al_2O_3 толщиной 5 нм, этот слой был удален электрическим полем и очищенный. Таким образом порошок был уплотнен до полной плотности [3].

Приложенное электрическое поле приводит также к образованию повышенного градиента температур вокруг пор, что благоприятно влияет на уплотнение, прежде всего, более критичных в формировании эксплуатационных характеристик конечного продукта больших пор [4].

Положительным при спекании электрическим током является практикование коротких выдержек при высоких температурах, что приводит к подавлению роста зерна [5, 6]. В результате, например, порошок SiO_2 был спечен до плотности 93% при температуре 1163 °C за 10 минут. В то же время этот порошок при обычном печном спекании был уплотнен при температуре 1273 °C в течение 3 часов только до плотности 61%. При спекании нанопорошка TiN полная плотность была достигнута уже при температуре 1473 °C, и размер зерна был на порядок ниже, чем при обычном печном спекании при 1673 °C.

Отсутствие связки при электроспекании дает возможность устранить процесс холодного прессования и отгонки связки, что, по нашим наблюдениям, составляет до 30% трудоемкости в производстве изделий методом порошковой металлургии.

Значительное повышение механических свойств и износостойкости материала за счет прямого связывания зерен является важнейшим преимуществом, предоставляемым потребителю реализацией спекания керамики электрическим током без связующих добавок. Экономически (у производителя) весьма существенно и то, что электроспекание позволяет активировать уплотнение и поэтому проводить его при более низких температурах по сравнению с горячим и горячим изостатическим прессованием со значительным сокращением затрат времени на получение конечного продукта.

С помощью электроспекания по аналогичной [7] технологической схеме ступенчатого прессования и нагрева были получены также высокоплотные материалы из Al_2O_3 , SiC и комбинированные с WC керамические композиты. Следует отметить, что развиваемый нами технологический подход позволяет получить высокоплотные керамические продукты как из электропроводящих, так и нетокопроводящих порошковых материалов.

Некоторые сравнительные характеристики исследования состояния и поведения режущих пластин из спеченного нами нанокарбида вольфрама и стандартного твердого сплава BK8 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые характеристики режущих пластин

Образец	WC	BK8
Максимальная температура спекания, °C	1540	1450
Относительная плотность, %	98,2	99
Средний размер зерна, мкм	0,1	3–4
Твердость HV_{100} , ГПа	26,4	16
Трещиностойкость, МПа $m^{1/2}$	10,9	12
Стойкость, мин	37	8

Приведенные в таблице 1 результаты стойкостных испытаний получены при обработке стали X12M (HRC 52...55) со скоростью резания 200 м/мин, подачей 0,1 мм/об и глубиной резания 0,2 мм. Из таблицы 1 также следует, что относительная плотность материала на нанопорошковой основе (WC) несколько ниже, чем плотность конкурирующего в наших опытах материала с микронным размером зерна (VK8). Однако относительная плотность в данном случае не характеризует реальную эксплуатационную состоятельность рассматриваемых материалов-конкурентов. Несмотря на то, что трещиностойкость моноструктурного WC незначительно уступает сплаву VK8 с кобальтовой связкой, стойкость WC-пластин, изготовленных из нанопорошковой основы, в несколько раз превышает стойкость традиционного твердого сплава.

На рисунке 2 показана характерная картина износа при резании монокристалла вольфрама, полученного электроспеканием под давлением исходного нанопорошкового консолидата.

Представленные здесь результаты наших исследований получены в опытно-экспериментальных условиях Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Калифорнийского университета (США) и на научно-производственной базе предприятия «Кермет-У» (Харьков, Украина) — спекание; а также в лабораториях Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» и Национального транспортного университета (Киев) — стойкостные испытания и металлографические исследования [9].



Рис. 2 — Характер износа пластины из монокристалла вольфрама при обработке стали X12M

Заключение и дальнейшие перспективы. Полученный без использования связующего металла новый высокоплотный материал на основе карбида вольфрама обладает конкурентно высокой по сравнению с традиционными твердыми сплавами износостойкостью и рекомендуется для изделий, применяемых в условиях повышенных контактных нагрузок, таких как резцы, ножи фрез, песко- и водоструйные сопла и т.п. Более низкая температура и короткое время спекания в производстве изделий из нового материала по предложенной технологической схеме позволяет снизить их стоимость. Применение разработанного материала в процессах резания позволит значительно повысить производительность обработки за счет ее высокоскоростной организации и существенно повысить ресурс работы лезвийных инструментов.

Литература

1. Schneider J.A., Groza J.R., Garcia M. Surface Effects in Field-Assisted Sintering. Mater. Res. 16(1), 2001, pp. 286–292.
2. Anderson K.R., Groza J.R., Fendorf M., Echer C.J. Surface Oxide Debonding in Field Assisted Powder Sintering. Mater. Sci. Eng., A270(2), 1999, pp. 278–282.
3. Risbud S.H., Groza J.R., Kim M. Clean Grain Boundaries in Aluminum Nitride Ceramics Densified Without Additives by a Plasma Activated Sintering Process. Phil. Mag., 69, 1994, pp. 525–533.
4. Райченко А.И. Фундаментальные процессы в спекании порошков. — Москва: Металлургия, 1987. — 150 с.
5. Stanciu L.A., Kodash V.Y., Groza J.R. Effect of Heating Rate on Densification and Grain Growth During Field Assisted Sintering of α -Al₂O₃ and MoSi₂. Met. Mat. Trans, 32A, 2001, pp. 2633–2638.
6. Groza J.R., Zavaliangos A. Sintering Activation by External Electrical Field. Mater. Sci. Eng., A287(2), 2000, pp. 171–177.
7. Kodash V.Y., Gevorkian E.S. Tungsten carbide cutting tool materials. United States Patent No 6617271, Sept. 9, 2003.

8. Геворкян Э.С., Кодаш В.Ю., Крамер М. Исследование режущих свойств различных инструментальных материалов при обработке ферротитанида-S // Высokі технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць НТУ «ХПІ» — Харків, 2004. — Вип. 2. — С. 59-64.

9. Посвятенко Е.К., Алексєв В.В., Рутковський А.В. Модифікування поверхневого шару деталей безводневим азотуванням у тліючому розряді, інтенсифікованим холодним пластичним деформуванням // Вісник Національного транспортного університету. — К.: НТУ, 2010. — Вип. 21.

УДК 678.046:677.862.516

ВПЛИВ НАПОВНЮВАЧІВ-АНТИПІРЕНІВ НЕОРГАНІЧНОЇ ПРИРОДИ НА ГОРЮЧІСТЬ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Доктор хімічних наук Гордієнко В.П.,
кандидат хімічних наук Мустяца О.Н.,
Сальніков В.Г.

Встановлено, що зниження горючості полівінілхлориду й алифатичного поліаміду у присутності однакових наповнювачів — антипіренів значно нижче, чим у поліформальдегіду й поліетилену. Ефективність дії наповнювачів — антипіренів на горючість та фізико-механічні властивості полімерних матеріалів залежить від їхньої природи, відповідності температур розкладання полімерів і наповнювачів, а також обумовлена величинами теплот згоряння вихідних полімерів і ступенем дисперсності наповнювачів — антипіренів.

Found that reducing flammability aliphatic polyamide and polyvinyl chloride in the presence of the same fillers — flame retardants significantly lower than in polyformaldehyde and polyethylene. The effectiveness of fillers — flame retardants on flammability and physical and mechanical properties of polymeric materials depends on their nature, under decomposition temperatures of polymers and fillers, and the values determined by combustion heat source and the degree of dispersion of polymer additives — flame retardants.

Актуальність. Проблема одержання полімерних матеріалів зниженої горючості є найбільш актуальною в розвитку сучасного полімерного матеріалознавства [1-4]. Основними споживачами полімерних матеріалів, що не підтримують горіння в атмосфері повітря, є авіаційна промисловість і суднобудування, де наслідки загоряння найнебезпечніші. Одним з методів зниження горючості полімерів вважається зміна співвідношення горючих і негорючих продуктів розкладання матеріалу на користь негорючих. Уведення в полімери наповнювачів неорганічної природи — один із способів зниження горючості полімерних матеріалів [1-4].

Постановка завдання. Найбільш вогнестійким полімером з кисневим індексом $KI = 95$ є політетрафторетилен, а найбільш горючими: поліформальдегід ($KI = 15,3$) і поліетилен ($KI = 17,4$). У зв'язку із цим становить інтерес дослідження горючості полімерних матеріалів з низьким KI , що містять наповнювачі неорганічної природи, до складу яких входить фтор. Відомо так само [1-4], що деякі наповнювачі полімерів неорганічної природи при підвищеній температурі розкладаються на компоненти, що не підтримують горіння і навіть приводять до гасіння полум'я. Такі наповнювачі не тільки знижують вміст горючої складової матеріалу, але й можуть проявляти властивості антипіренів. У більшості випадків із цією метою використовуються речовини, що розкладаються при температурах нижче 673-773 К з поглинанням тепла й звичайно з виділенням пари води й/або вуглекислого газу, аміаку — гідроксиди, карбонати, гідрокарбонати металів, фосфати амонію й т.п. [1-4]. Класичним прикладом таких наповнювачів є гідроксид алюмінію, який нетоксичний і при термічному розкладанні вище 493 К виділяє лише пари води. Очевидно, деякі сполуки, що містять кристалізаційну воду (наприклад кристалогідрати солей), можуть становити інтерес у якості наповнювачів — антипіренів, тому що містять воду у своєму складі на 10% більше, ніж гідроксид алюмінію. Такі сполуки слід віднести до розряду екологічно безпечних наповнювачів — антипіренів (ЕНАП).

Мета роботи — показати можливість зниження горючості типових термопластичних матеріалів, головним чином з низьким кисневим індексом, шляхом введення в них дисперсних наповнювачів — антипіренів неорганічної природи, особливо екологічно безпечних при горінні полімерних матеріалів.