

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРМЕТА Ti_3SiC_2-Sn С ПРИМЕНЕНИЕМ ГОРЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ПОРИСТОГО КАРКАСА Ti_3SiC_2 С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ САМОПРОИЗВОЛЬНОЙ ИНФИЛЬТРАЦИЕЙ РАСПЛАВОМ ОЛОВА

Умеров Э. Р., Амосов А. П., Латухин Е. И., Кичаев П. Е.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, umeroff2017@yandex.ru

Ключевые слова: горение, синтез, Ti_3SiC_2 , олово, самопроизвольная инфильтрация, кермет

Легкоплавкие металлы олово Sn и свинец Pb с температурами плавления 232 и 327°C соответственно являются основой сплавов (баббитов, бронз, латуней и некоторых других) с прекрасными антифрикционными свойствами: малым коэффициентом трения скольжения и малой скоростью изнашивания сопряженной детали, которые широко применяются в узлах трения, в том числе двигателей летательных аппаратов [1]. Однако эти антифрикционные сплавы применимы при невысоких температурах и несущих нагрузках. Разработаны псевдосплавы и композиционные материалы, в которых более тугоплавкие пористые каркасы из стали, или сеток бронзы и латуни, или углеродных волокон пропитаны свинцом и оловом [2]. Отдельным перспективным направлением является создание композитов, в которых в качестве тугоплавкого каркаса используется пористая керамика, пропитанная легкоплавким металлом [2]. Представитель новой керамики – МАХ-фазы карбосилицида титана Ti_3SiC_2 , который имеет температуру разложения 2300°C, высокие показатели термостойкости, прочности, коррозионной и радиационной стойкости, теплопроводности, электропроводности и низкий коэффициент трения, удалось ввести в матрицу из олова в виде дискретных частиц [3]. Однако существующие способы получения керамики-металлических композитов (керметов) и псевдосплавов характеризуются высокой энерго- и капиталоемкостью, что сильно ограничивает сферы их возможного применения, а также технологически не позволяют соединять многие металлы и керамики между собой в единый композит [4]. В настоящей работе предлагается использование нового авторского способа получения керметов [5], в основе которого лежит энергоэффективный процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в режиме горения для получения пористого каркаса Ti_3SiC_2 с его последующей самопроизвольной инфильтрацией оловянно-свинцовым расплавом благодаря действию капиллярных сил с целью создания каркасного кермета $Ti_3SiC_2-Sn(Pb)$.

Представлены результаты теоретических оценок как температуры синтезированного пористого каркаса Ti_3SiC_2 , необходимой для самопроизвольной инфильтрации расплавом Sn-Pb, так и максимально возможной глубины проникновения расплава.

Экспериментальные исследования проводились с использованием смеси порошков титана Ti, кремния Si и графита C, из которой прессовались брикеты массой 10 г диаметром 23 мм и высотой 10 мм. В полученном брикете инициировали реакцию СВС посредством спирали накаливания и зажигающей смеси. Брикет устанавливали на дне огнеупорного тигля, в который спустя 4-10 с после окончания горения брикета заливали оловянно-свинцовый расплав. Такая временная пауза необходима для обеспечения завершенности процесса образования МАХ-фазы Ti_3SiC_2 из исходных компонентов в остывающем каркасе. В результате непосредственного контакта горячего СВС-каркаса с расплавом металла происходила его самопроизвольная инфильтрация в капиллярно-пористую структуру Ti_3SiC_2 . Исследованы плотность, структура, фазовый состав и механические свойства полученных образцов кермета $Ti_3SiC_2-Sn(Pb)$. Плотность керметов составила от 4200 до 5900 кг/м³ в зависимости от полноты пропитки. Установлено, что увеличение времени задержки с 4 до 10 с между моментом завершения СВС и заливкой расплава приводит к повышению остаточной пористости кермета с 3% до 31%, то есть к неполной пропитке. Исследование микроструктуры с помощью сканирующего электронного микроскопа показало присутствие значительного количества пластин, что свидетельствует о синтезе Ti_3SiC_2 с наноламинатным строением. Методом рентгенофазового анализа

подтверждено наличие МАХ-фазы Ti_3SiC_2 , продукта ее частичного разложения – карбида титана TiC , а также олова Sn и свинца Pb. Испытания керметов на прочность сжатия показали, что предел текучести составляет 40-52 МПа, а предел прочности около 112-120 МПа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90056.

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 20-33-90056.

Список литературы

1. Материаловедение: учебник для вузов / Под ред. Б.Н. Арзамасова. 8-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 646 с.
2. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. М.: Металлургия, 1986. 208 с.
3. Hammann T., Johnson R., Riyad M.F., Gupta S. Effect of Ti_3SiC_2 particulates on the mechanical and tribological behavior of Sn matrix composites. *Advanced Processing and Manufacturing Technologies for Nanostructured and Multifunctional Materials II*. P.65-74, 2016.
4. Cuevas A.C., Becerril E.B., Martinez M.S., and Ruiz J.L. *Metal Matrix Composites: Wetting and Infiltration*. Springer Nature Switzerland AG, 325 p. 2018.
5. Amosov Aleksandr, Amosov Evgeny, Latukhin Evgeny, Kichaev Petr, Umerov Emil. Producing TiC -Al Cermet by combustion synthesis of TiC porous skeleton with spontaneous infiltration by aluminum melt. 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020) Proceedings. IEEE Xplore: 10 November 2020. P. 1057–1062. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9241903.

Сведения об авторах

Умеров Эмиль Ринатович, аспирант. Область научных интересов: самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) с самопроизвольной инфильтрацией расплавом металла для создания керметов.

Амосов Александр Петрович, д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой. Область научных интересов: горение, СВС, порошковая металлургия, композиционные материалы.

Латухин Евгений Иванович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: металлургия, СВС композитов.

Кичаев Петр Евгеньевич, к.ф.-м.н., доцент. Область научных интересов: механика деформируемого твердого тела, исследование прочности и долговечности материалов.

PREPARATION OF Ti_3SiC_2 -Sn CERMET BY COMBUSTION SYNTHESIS OF Ti_3SiC_2 POROUS SKELETON WITH SUBSEQUENT SPONTANEOUS INFILTRATION BY TIN MELT

Umerov E.R., Amosov A.P., Latukhin E.I., Kichaev P.E

Samara State Technical University, Samara, Russia, umeroff2017@yandex.ru

Keywords: combustion, synthesis, Ti_3SiC_2 , tin, spontaneous infiltration, cermet,

The application of a new simple energy-saving method for manufacturing cermets based on the combustion synthesis of a porous skeleton of the MAX-phase Ti_3SiC_2 with subsequent spontaneous impregnation with a melt of tin alloy is shown.