

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАХ-ФАЗ

Д.Г. Кроткевич, аспирант гр. А0-08,

Е. Б. Кашкаров, к.ф.-м.н., доц.,

Н.С. Пушилина, к.ф.-м.н., доц.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,

тел.89138046642

E-mail: dgk7@tpu.ru

Материалы на основе МАХ-фаз занимают промежуточное положение между металлами и керамиками, сочетая в себе электро- и теплопроводность, трещиностойкость, механическую обрабатываемость, термостойкость, низкую плотность и коррозионную стойкость [1,2]. Ввиду сочетания уникальных свойств металлов и керамики, такие материалы способны улучшить эксплуатационные характеристики в таких направлениях, как двигателестроение, материалы для нефтеперекачивающих агрегатов, высоконагруженных деталей летательных аппаратов и многое другое. В тоже время Целью настоящей работы являлось исследование свойств композиционного материала на основе прекерамической бумаги $Ti_3Si(Al)C_2$ и волокон SiC.

Изготовление бумаги проводилось с помощью бумагоделательной машины Dynamic hand-sheet former D7 (Sumet Systems GmbH, Denklingen, Germany). При производстве бумаги была подготовлена суспензия низкой концентрации (доля твердого вещества 0,5 - 5 масс.%), состоящая из волокон целлюлозы, порошкового наполнителя и удерживающих веществ. Синтез композиционных материалов проводился методом искрового плазменного спекания на установке SPS 10-4 (Advanced Technology, США). В оснастку, диаметром 20 мм, загружалась прекерамическая бумага, которая прокладывалась волокном SiC. Спекание осуществлялось в среде вакуума. Температура контролировалась посредством пирометра. Регулирование свойств композитов осуществлялась изменением углов ориентации волокон в отдельных слоях. Было выбрано несколько ориентаций волокон в слоях: ортогональная укладка и укладка волокна в слоях следующей ориентации $0/\pm 45/90/\pm 45/0^\circ$. Также были подготовлены образцы только из прекерамической бумаги, без армирования волокном. Микроструктуру поверхности, элементный и фрактографический анализ проводился методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе Vega3 (TESCAN). Фазовый состав образцов исследовался методом рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре XRD 7000S (Shimadzu, Япония) при Cu K α -излучении. Механические исследования проводили на установке Al-7000M (GOTECH, Тайвань) с помощью специальной оснастки, методом испытаний на трехточечный изгиб. На рисунке 1 представлены результаты исследования поперечного сечения композиционного материала на основе $Ti_3Si(Al)C_2$.

Согласно энергодисперсионному анализу элементы Ti, Si и C распределены неоднородно из-за наличия вторичной фазы $TiSi_2$. Образование фазы $TiSi_2$ связано с частичным разложением фазы $Ti_3Si(Al)C_2$ во время искрового плазменного спекания прекерамической бумаги. По данным рентгеноструктурного анализа композиционного материала на основе Ti_3SiC_2 включает фазы $Ti_3Si(Al)C_2$ (66 об.%), TiC (26 об.%) и $TiSi_2$ (8 об.%).

Установлено, что добавление волокон SiC не влияет на фазовый состав ламинатов на основе МАХ-фазы. По результатам механических испытаний наибольшей прочностью характеризуются композиты с ортогональной укладкой волокна. В этом случае, прочность на 30-40 % больше, чем в образцах без волокон.

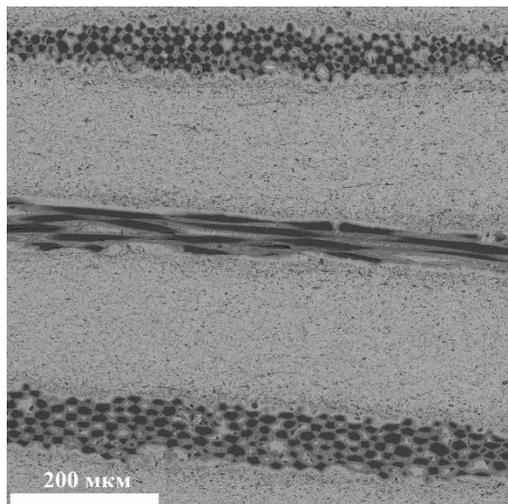


Рис. 1. СЭМ-изображения поперечного сечения образцов.

На рисунке 2 представлены поверхности разрушения исследуемых образцов. Согласно данным фрактографического анализа, поверхности разрушения образцов Ti_3SiC_2 содержат искривленные, разветвленные, разнотолщинные пластины. Для образцов композиционного материала на основе $Ti_3Si(Al)C_2$ и волокна SiC характерно отклонение трещин на границах раздела волокно-матрица.

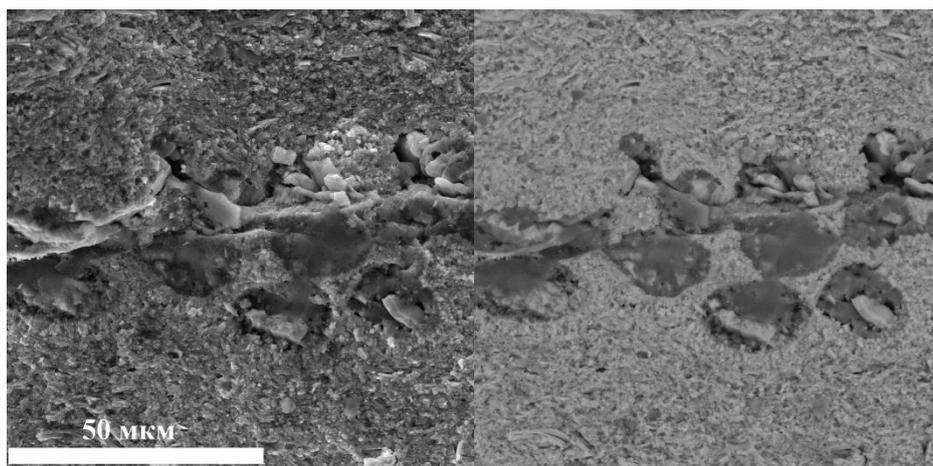


Рис. 2. СЭМ-изображение поверхности разрушения образцов.

Таким образом, волокна SiC оказывают существенное влияние на прочность и механизмы разрушения композиционных материалов на основе $Ti_3Si(Al)C_2$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного задания в рамках научного проекта № FSWW-2021-0017.

Список литературы:

1. Barsoum M.W. The $M_{N+1}AX_N$ phases: A new class of solids: Thermodynamically stable nanolaminates // Progress in Solid State Chemistry. – 2000. – V. 28. Is. 1–4. – P. 201-281.
2. Li K., Kashkarov E., Syrtanov M., Sedanova E., Ivashutenko A., Lider A., Travitzky N. Preceramic Paper-Derived SiCf/SiCp Composites Obtained by Spark Plasma Sintering: Processing, Microstructure and Mechanical Properties // Materials. – 2020. – 13(3). P. 607.