

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИТА АМГ6-В4С-W МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

В.Д. ПАЙГИН, А.О. ХАСАНОВ, М.С. ПЕТЮКЕВИЧ, Э.С. ДВИЛИС

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: vpaygin@mail.ru

SYNTHESIS AND CONSOLIDATION OF AMГ6-B₄C-W METAL MATRIX COMSITE VIA SPARK PLASMA SINTERING

V.D. PAYGIN, A.O. KHASANOV, M.S. PETYUKEVICH, E.S. DVILIS

National Research Tomsk Polytechnic University

E-mail: vpaygin@mail.ru

Annotation. Metal matrix composites AMg-B₄C-W were fabricated by spark plasma sintering (SPS) at temperatures from 440°C and 490°C. The obtained samples represent higher density close to theoretical. The role of sintering temperature and time of exposure in densification process and elastoplastic properties has been discussed.

Введение

В связи с развитием современной науки и техники, с каждым днем повышаются требования к материалам конструкционного и функционального назначения. Значительные успехи в сфере создания таких материалов были достигнуты с развитием композиционных материалов с металлической матрицей, упрочненной армирующими частицами, волокнами или усами.

Металломатричные композиты с оптимальным содержанием наполнителей обладают улучшенными свойствами по сравнению с неармированными монолитными металлическими аналогами. Они обладают высокой прочностью, жесткостью, износостойкостью, теплопроводностью, повышенным сопротивлением на усталость, повышенным сопротивлением при высокотемпературных нагрузках [1]. В таких композитах металл выступает в качестве матрицы, которая усиливается путем добавления в неё неметаллических веществ, обычно керамики. При создании металломатричного композита возможно целенаправленное изменение его эксплуатационных и механических свойств, методом подбора состава, изменение соотношения компонентов и методов изготовления композита.

Композитные материалы находят применение в ряде отраслей, в том числе в автомобилестроении, в электротехнической и аэрокосмической промышленности. Из них изготавливаются детали двигателей внутреннего сгорания, тормозных систем, элементы транспортных, авиационных и ракетных конструкций [2].

С точки зрения оптимального сочетания массы и прочностных свойств наиболее перспективной является композит на основе алюминиевой матрицы состава АМг6-В4С-W. Металломатричные композиты такого состава способны проявлять стабильность по основным физико-механическим и эксплуатационным свойствам при облучении их рентгеновским излучением и потоками электронов, что свидетельствует о возможности применения этих композитов в качестве радиационно-защитных материалов и подчеркивает актуальность их разработки.

Цель настоящей работы – Оценка вклада в формирование структуры металломатричного композита АМг6-В4С-W, различных параметров спекания в плазме искрового разряда, таких как температура спекания и время выдержки.

Объекты исследования. Экспериментальные методики.

Для изготовления радиационно-защитного композита были выбраны порошки: алюминиевого сплава АМг6 в качестве несущего механическую нагрузку материала матрицы, ультрадисперсный порошок карбида бора B_4C в качестве нейтронозащитного наполнителя и нанопорошок вольфрама W в качестве дисперсного наполнителя для поглощения гамма и рентгеновского излучения.

Сухое смешивание порошковых компонентов АМг6- B_4C -W с выбранным массовым содержанием 65-15-20 масс.% соответственно проводили в шаровой мельнице с мелющими телами из закалённой стали и керамики. Спекание образцов проводилось методом искрового плазменного спекания (SPS) в цилиндрической пресс-форме, на установке SPS-515S, Syntex Inc при температурах 440°C и 490°C, давлении прессования 30 МПа, время выдержки при максимальной температуре составляло 5 и 10 минут. Кинетика усадки композитного материала регистрировалась во время процесса спекания, встроенными средствами технологического оборудования. Структурные и морфологические характеристики полученных образцов исследовали на полированных поверхностях с помощью нанотвердомера DUN-211S и JEOL JSM-7500FA.

Результаты и обсуждения

Высокоплотные радиационно-защитные композиты были получены в указанных режимах спекания.

Был определен процент усадки образцов (табл. №2), рассчитаны их плотность и температурный коэффициент термического расширения (ТКР).

Образец №5, полученный при температуре спекания 440 °C и времени выдержки 5 минут, имеет наивысшую плотность – 98,96% и наименьший ТКР, равный $-0,00109^{\circ}C^{-1}$.

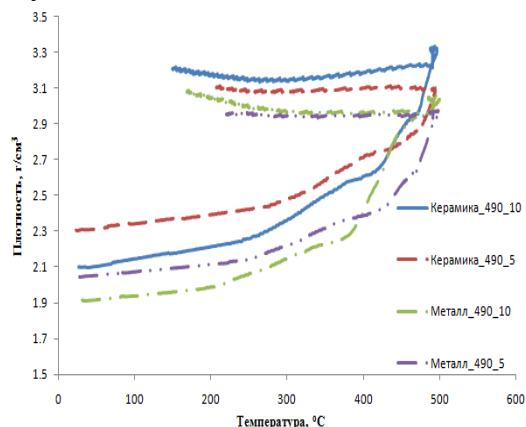
Таблица 2 - Характеристики полученных образцов

Тип гомогенизации смеси	№ Образца	Температура спекания, °C	Время выдержки при макс. Температуре, мин	Отн. плотность, %	ТКР*1000, °C ⁻¹	Усадка, %
Кер. шары	1	440	5	85,47	-0,88	25,50
	2	490	5	98,88	-0,81	25,80
	3	440	10	88,68	-1,08	31,98
	4	490	10	101,8*	-1,14	35,14
Мет. шары	5	440	5	98,96	-1,09	25,40
	6	490	5	93,69	-0,79	30,65
	7	440	10	90,09	-0,75	9,68
	8	490	10	97,81	-0,91	37,77

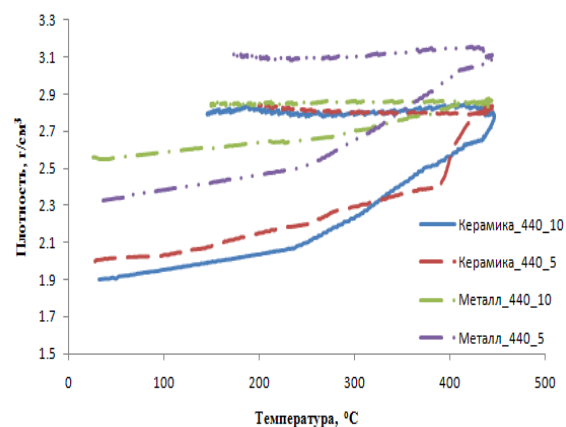
* - наблюдались признаки плавления алюмо-магниевого матрицы.

Анализ представленных в таблице 2 данных, позволяет сделать вывод, о том, что большее влияние на процесс уплотнения композитного материала оказывает температура спекания, так как её увеличение позволяет добиться более высоких значений плотности.

По данным полученным в ходе процесса спекания были построены кривые усадки, в зависимости от температуры, для каждого образца, изображенные на рисунке 1.



(а) Изменение плотности в процессе нагрева при температуре синтеза 490 °C;



(б) Изменение плотности в процессе нагрева при температуре синтеза 440 °C;

Рисунок 1 – Кривые уплотнения

Кривые, представленные на рисунке 1, показывают, что в процессе SPS-синтеза, в диапазоне температур 30 - 215 °C происходит небольшое уплотнение образцов, обусловленное тем, что процесс термической усадки, незначительно преобладает над процессом термического расширения. С ростом температура от 215 до 490 °C (от 215 до 440 °C для образцов с температурой спекания 440 °C) наблюдается интенсивное уплотнение спекаемого материала за счёт значительного преобладания процесса термической усадки над процессом термического расширения. При остывании, в диапазоне температур 490 – 170 °C (440 – 170 °C для образцов с температурой спекания 440 °C) происходит линейная усадка образцов за счет термического сжатия.

Микроструктура композита AMg-B₄C-W после спекания представлена на рисунке 2. Наблюдается достаточно равномерное распределение высокодисперсных частиц карбида бора и вольфрама в матрице, однако грубодисперсные частицы также присутствуют.

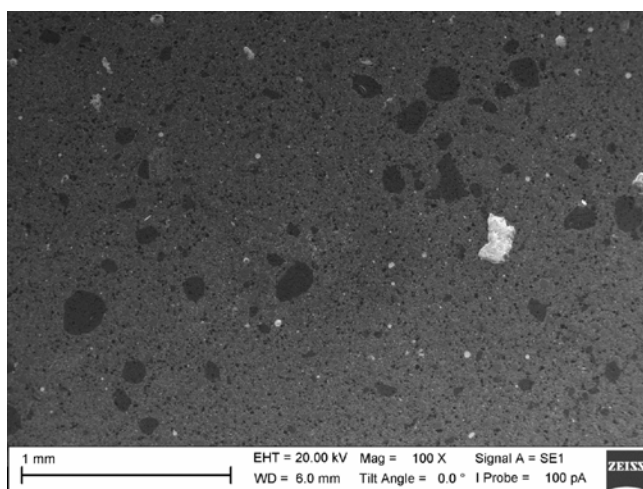


Рисунок 2 – СЭМ-изображение структуры композита AMg6-B₄C-W

Результаты испытания упругопластических свойств композитных образцов представлены в таблице 3.

Образец №8 обладает наибольшей твердостью – 4,466 Нv и относительной долей упругой деформации 23,2%. Синтез образца проводился при температуре 490^oC и времени выдержки 10 минут.

Таблица 3 - Упругопластические свойства композитных образцов

Тип гомогенизации смеси	№ Образца	Температура спекания, °C	Время выдержки при макс. температуре, мин	Отн. Плотность, %	Модуль упругости, Н/мм ²	Отн. доля упругой деформации, %	Твердость по Виккерсу, ГПа
Кер. Шары	1	440	5	85,47	50460	13,1	1,299
	2	490	5	98,88	86360	22,0	3,581
	3	440	10	88,68	53670	15,0	1,373
	4	490	10	101,8*	95240	21,6	3,932
Мет. шары	5	440	5	98,96	106900	21,0	4,291
	6	490	5	93,69	71560	16,6	2,169
	7	440	10	90,09	58920	14,5	1,592
	8	490	10	97,81	102000	23,2	4,466

* - наблюдались признаки плавления алюмо-магниевого матрицы.

На основании представленной таблицы 3 можно сделать вывод о том, что упругопластические свойства в большей степени зависят от температуры спекания, чем от времени выдержки, так как при увеличении температуры твердость композитного материала повышается на 2 ГПа и больше. Относительная доля упругой деформации повышается на 6% и больше.

Заключение

В результате проделанной работы были получены высокоплотные композитные образцы, обладающие минимальной пористостью. Выполнено исследование влияния температуры спекания и времени выдержки, на плотность и упругопластические свойства композитного материала АМг6-В₄С-В.

Оценено влияние мелющих тел на упругопластические свойства и плотность композита АМг6-В₄С-В. Замечено, что использование шаров из закаленной стали позволяет добиться меньшего разброса значений плотности и наибольшей твердости.

Замечено, что упругопластические свойства композитного материала АМг6-В₄С-В существенно и не всегда монотонно зависят от режимов спекания, о чем свидетельствует относительная доля работы упругой деформации при indentировании и микртвердость.

Плотность композита АМг6-В₄С-В в большей степени зависит от температуры спекания.

Результаты полученные в работе позволят улучшить качество и характеристики производимых композитов и снизить экономические затраты на их производство.

В работе было использовано оборудование наноплазменного центра ТПУ.

Список литературы

1. Шаяхметов У. Ш., Мурзакова А. Р. Влияние температуры обработки на высокотемпературную деформацию наноструктурированной композиционной керамики на основе оксида алюминия // Вестник Башкирского университета. - 2014. Т. - 19. - №2. – С. 438 – 432.
2. Смирнов А.С., Коновалов А.В., Муйземнек О.Ю. Моделирование сопротивления деформации металломатричного алюминиевого композита 15 % SiC/Al при высоких температурах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. - №11. – С. 22-25.

СИНТЕЗ РОМБИЧЕСКОГО АЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ CaAl_2O_4

Т.В.БЕЛЯНИНОВА

Томский государственный университет

E-mail: belyaninova_tv@mail.ru

SYNTHESIS OF ORTHORHOMBIC CALCIUM ALUMINATE CaAl_2O_4

T.V.BELYANINOVA

Tomsk State University

E-mail: belyaninova_tv@mail.ru

Annotation. CaAl_2O_4 was synthesized by the sol-gel. The molar ratio of combined acids (tartaric, citric and malic) to the total concentration of metal cations Ca^{2+} : Al^{3+} : H_4Tart (H_4Cit ; H_3Mal) was 1: 2: 3 respectively. Precursor firing temperature is in the range 1000-1200 °C and heating rate 5 °C / min. Scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffractometry (XRD) were used to characterize the precursor and the final product.

Введение. Алюминаты щелочных и щелочноземельных металлов вызывают большой интерес в промышленности благодаря высокой термо- и коррозионной стойкости, химической инертности. Более того, алюминаты активированные ионами редкоземельных элементов, обладают интенсивной люминесценцией с длительным временем послесвечения, в связи с этим применяются в качестве люминесцентного материала. На данный момент известно несколько основных способов получения алюмината кальция, таких как твердофазное спекание оксидов, гидроксидов и карбонатов, процесс горения в растворе, СВС-синтез. По сравнению с перечисленными способами получения, золь-гель синтезирование имеет такие преимущества, как: однородность продуктов, которая обуславливается высокой степенью гомогенизации исходных компонентов; значительно небольшие энергетические затраты, вследствие низких температур синтезирования. Полученные алюминаты характеризуются монофазной кристаллической структурой с высокой степенью совершенства, отсутствием посторонних фаз.

Экспериментальная часть. Использование в синтезе алюмината кальция винной, лимонной и яблочной кислот обусловлено их способностью к образованию хелатных комплексов. В качестве реагентов использовались: наногидрат нитрата алюминия (Al^{3+}), тетрагидрат нитрата кальция (Ca^{2+}), моногидраты винной, лимонной и яблочной кислот. Водные растворы смешивали в мольном соотношении соот-