

Влияние скорости сканирования при СЛС на структурные характеристики и механические свойства сплава Al-15Sn-5Pb

Скорость сканирования, мм/с	Плотность энергии E , Дж/мм ³	Состав после СЛС, масс. %	П, %	Параметр решетки свинца, Å	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности σ_b , МПа	Деформация до разрушения $\epsilon(\sigma_b)$, %
800	32,4	Al-27Sn-13,4Pb	20,2	4,9315	42	65	11
1000	25,9	Al-25,5Sn-10,7Pb	22,8	4,9321	32	49	9
1200	21,6	Al-24,4Sn-9,8Pb	24,5	4,9319	18	21	3,5

Заключение. Из полученных результатов следует, что для получения методом СЛС сплава Al-15Sn-5Pb с высокими механическими характеристиками плотность падающей энергии необходимо повысить с тем, чтобы добиться более однородного распределения компонентов и снижения пористости синтезируемых образцов.

Работа выполнена в рамках реализации проекта РНФ № 24-79-10099.

Список использованных источников:

1. Буше Н.А. Подшипники из алюминиевых сплавов / Н.А. Буше, В.А. Двоскина, К.М. Раков. – М. : Транспорт, 1974. – 256 с.
2. Rusin N.M. Effect of equal channel angular pressing on mechanical and tribological properties of sintered Al-Sn composites / N.M. Rusin, A.L. Skorentsev, E.A. Kolubaev // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2020. – 29. – P. 1955–1963.
3. Properties of new cast antifrictional aluminum alloys / A.E. Mironov, I.S. Gershman, E.G. Kotova [and et.] // Russian Engineering Research. – 2017. – V. 37. – P. 37–39.
4. Confalonieri C. Al-Sn miscibility gap alloy produced by power bed laser melting for application as phase change material / C. Confalonieri, E. Gariboldi // Journal of Alloys and Compounds. – 2021. – V. 881. – 160596.
5. Pathak J.P. Tribological behaviour of conventional Al-Sn and equivalent Al-Pb alloys under lubrication / J.P. Pathak, S. Mohan // Bulletin of Materials Science. – 2003. – V. 26. – P. 315–320.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛО-КЕРАМИЧЕСКИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МАХ-ФАЗЫ Ti₃SiC₂

Г.С. Копытов^a, студент гр. ОБ11,

Научный руководитель: Криницын М.Г., к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Томская обл., г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: "gsk10@tpu.ru"

Аннотация: В работе представлены результаты исследования образцов, полученных из смесей МАХ-фаз Ti₃AlC₂ с другими порошками (карбид титана, карбид кремния, медь), полученных с использованием экструзионной аддитивной технологии. Изучены реологические свойства материала и сделаны выводы о зависимости текучести материала от количества МАХ-фазы в составе.

Ключевые слова: SiC, TiC, экструзионная аддитивная технология, структура материала, исследование свойств, МАХ-фаза, Ti₃SiC₂, технология PIM, FDM-печать.

Abstract: The paper presents the results of a study of samples obtained from mixtures of MAX phases Ti₃AlC₂ with other powders (titanium carbide, silicon carbide, copper) obtained using extrusion additive technology. The rheological properties of the material were studied and conclusions are made about the dependence of the material fluidity on the amount of MAX phase in the composition.

Keywords: SiC, TiC, extrusion additive technology, material structure, property study, MAX phase, Ti₃SiC₂, PIM technology, FDM printing.

Введение

В современном мире все чаще можно услышать об аддитивных технологиях. Такая популярность небезосновательна: аддитивное производство перспективно, имеет большой потенциал и множество путей развития.

Разработки в области аддитивных технологий позволяют создавать изделия с меньшими временными и материальными затратами, которые по качеству не уступают изделиям, полученным классическими методами [1]. Аддитивное производство зачастую подразумевает создание изделий методом послойного наплавления – FDM-печати. Данный метод представляет собой процесс аддитивного производства, который реализуется посредством экструзии материалов на основе термопластичных полимеров [2].

При FDM-печати объект формируется путем нанесения расплавленного материала по заранее установленному алгоритму, слой за слоем. На данный момент в области аддитивных методов производства изделий из металла и керамики набирает популярность технология на основе PIM (powder injection molding) – изготовление деталей из порошковых материалов методом литья под давлением [3]. Данный метод также подразумевает этапы технологии литья под давлением, но с одним отличием: для формирования объекта используется FDM-печать. Для того, чтобы изделия успешно печатались, необходимо, чтобы сырье, используемое в печати – фидсток – хорошо экструдировалось и имело подходящие физико-механические свойства [4].

Предполагается, что добавление в составы композитов МАХ-фазы влечет за собой рост текучести для исследуемых материалов [5]. В данной работе исследуются реологические свойства металлокерамических и керамических композитов на основе МАХ-фазы Ti_3SiC_2 с целью определения показателя текучести расплава (ПТР) для составов и его зависимости от содержания МАХ-фазы в материале.

Экспериментальная часть

При создании фидстоков использовались порошки TiC и SiC , а также порошок МАХ-фазы Ti_3SiC_2 . Предварительно были получены РЭМ-изображения для каждого порошка.

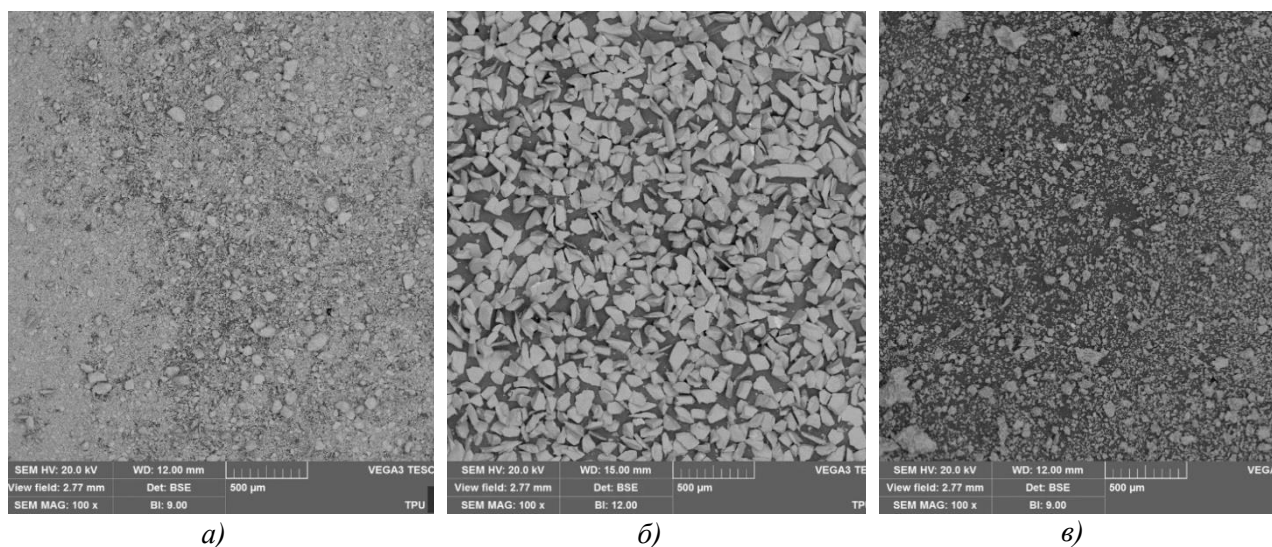


Рис. 1. РЭМ-изображения а) Ti_3SiC_2 б) SiC в) TiC

Для исследования реологических свойств и измерения показателя текучести расплава материалов использовался пластометр Zwick/Cflow (ZwickRoell GmbH & Co., KG, Ульм, Германия). Материал загружался в камеру пластометра, нагретую до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, в канал, связанный с камерой, помещался поршень массой $0,325\text{ кг}$, на который сверху устанавливался груз массой 5 кг . В течение 5 минут регистрировалась экструзия материала через узкий капилляр, после чего масса отсекалась лезвием. Экструдированная масса взвешивалась, и из полученного значения было найдено значение ПТР.

Таблица 1

Результаты реологических исследования для составов TSC:SiC 60:40

TSC:SiC 60:40	
Состав	ПТР, г/10мин
10 : 90	0
30 : 70	1,2
50 : 50	2,52
70 : 30	3,79
90 : 10	5,96
TSC:TiC 60:40	
10 : 90	0
30 : 70	0
50 : 50	1,3972
70 : 30	8,32
90 : 10	12,56

Текущность обоих материалов при содержании МАХ-фазы, равном 50 об. %, является достаточной для осуществления дальнейшей экструзии и печати со стабильным качеством. Об этом можно, также, судить, по макро-структуре экструдированного материала.



Рис. 2. Макроструктура экструдированного материала

Отсутствуют стандартные дефекты экструзии, называемые «акульей кожей» [5]. Наблюдается гладкая структура блестящая структура, что говорит о том, что материал экструдировался стабильно и без рывков, не наблюдалось препятствий экструзии в виде крупных частиц, перекрывающих выход капилляра.

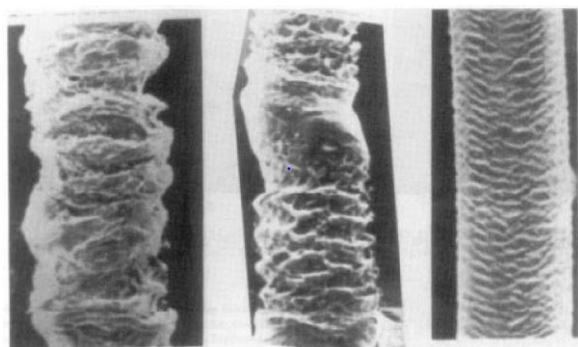


Рис. 3. Дефекты экструзии материала, называемые «акульей кожей» [3]

Зависимость показателя текучести расплава от содержания МАХ-фазы в составе показана на рисунке 4.

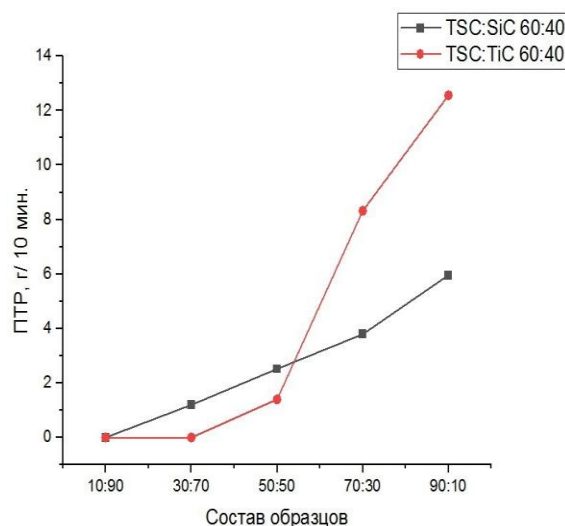


Рис. 4. Кривые зависимости показателя текучести расплава от содержания МАХ-фазы в составе образцов из SiC и TiC с отношением порошок/полимер 60:40

Из кривой видно, что с ростом содержания МАХ-фазы в материале, увеличивается его ПТР, и материал становится более текучим. Кривая для состава TSC:TiC имеет более интенсивный рост, что говорит о том, что данные фидстоки являются более текучими, чем фидстоки состава TSC:SiC при одинаковом содержании МАХ-фазы в составе. Данную зависимость можно объяснить, если обратиться к рисунку 1, где показаны РЭМ-изображения порошков. Частицы SiC имеют большие размеры, чем частицы TiC — они достигают 100 мкм, в то время как частицы карбида титана имеют в среднем размеры в пределах 20–50 мкм. При экструзии данного материала через капилляр диаметром менее 1 мм размеры частиц вносят существенный вклад в трение при прохождении фидстока через него, вследствие чего для экструзии необходимо прикладывать большую нагрузку.

Заключение

Исследование реологических свойств материала определило его поведение при увеличении содержания полимера в составе: с увеличением количества полимера материал становился более текучим, а показатель текучести расплава увеличивался. Ожидается дальнейшее использование данных материалов в печати. Предполагается успешное изготовление экспериментальных образцов с целью дальнейших исследований структуры и фазового состава данных материалов.

Список использованных источников:

1. Dudek P. FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements / P. Dudek // Archives of metallurgy and materials. – 2013. – Т. 58. – № 4. – С. 1415–1418.
2. Gardan J., Additive manufacturing technologies: state of the art and trends: additive Manufacturing Handbook / Gardan J. – 2017. – P. 149–168.
3. Peralta Abadia P. Printing information modeling (PIM) for additive manufacturing of concrete structures / P. Peralta Abadia, M. E. Ahmad, K. Smarsly // Applied Sciences. – 2023. – Т. 13. – № 23. – С. 12664.
4. Zlatkov B.S. Recent advances in PIM technology I. Science of Sintering / B.S. Zlatkov [et al.]. – 2008. – 40 (1). – P. 79–88.
5. Krauss V.A. Rheological properties of alumina injection feedstocks. Materials Research / V.A. Krauss, [et al.]. – 2005. – 8. – P. 187–189.
6. Markarian J. Mechanical testing suppliers strive for accuracy and reproducibility / J. Markarian // Plastics, Additives and Compounding. – 2009. – Т. 11. – № 3. – С. 18–22.