

ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ГРАДИЕНТНЫХ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПО ГАЗИФИЦИРОВАННЫМ МОДЕЛЯМ

А.Н. Аникеев, И.В. Чуманов, В.В. Седухин

Предложен способ получения дисперсно-упрочненных металлических материалов, получаемых методом литья по газифицируемым моделям. Проведены работы по получению экспериментальных материалов. Произведено исследование микроструктуры отливок, полученных по предлагаемой схеме. Также представлены результаты измерения износостойкости образцов. Установлено, что предлагаемая схема получения градиентных материалов позволяет повысить значения износостойкости деталей, получаемых данным видом литья.

Ключевые слова: износостойкость, литье по газифицируемым моделям, микроструктура, дисперсное упрочнение.

В настоящее время активно развивается направление получения упрочненных материалов для различных нужд промышленности [1, 2]. Одним из способов является введение тугоплавких частиц в кристаллизующийся расплав [3–5]. В зависимости от назначения может требоваться упрочнение всего объема или конкретной его части. Способом повышения значе-

ния ряда механических характеристик материалов [6] может являться нанесение упрочненного слоя определенной толщины на поверхность детали, либо его непосредственное внедрение на необходимую глубину в рабочую часть [7–9]. При этом неотъемлемым фактором, определяющим взаимодействие дисперсных частиц и металлического расплава, является смачиваемость частиц расплавом [10–14]. При проведении эксперимента в качестве упрочняющих частиц были выбраны порошки карбида вольфрама (WC) и карбида титана (TiC), в качестве упрочняемого расплава низкоуглеродистая сталь 20X.

Экспериментальные образцы, обладающие износостойкими свойствами в заданном объеме отливки, изготавливали методом литья по газифицируемым моделям. Дисперсные частицы карбидов предварительно располагались в объеме полистирольной модели в заданной области (будущей рабочей части отливки). Для закрепления дисперсных частиц, и сведения к минимуму их распространения во время заливки по всему объему отливок конвективными потоками жидкого металла, использовался следующий способ: в конкретной части детали располагался полиуретановый фильтр, на который в несколько слоев наносилась смесь из порошков WC и TiC (рис. 1а). Для закрепления смеси на фильтре использовалось термостойкое связующее «Сиалит-20». Каждый новый слой наносился после полного высыхания предыдущего. Соотношение карбидов в смеси составляло 50/50 масс. %. Общая масса нанесенной смеси составила 50 гр. Размер полиуретанового фильтра составлял (Д×Ш×В) 70×70×20 мм. После полного высыхания смеси, фильтр закреплялся в пенополистирольной модели так, что одна из его сторон являлась поверхностью получаемой отливки (рис. 1б).

После сборки модели с внедренным в нее фильтром, она была окрашена антипригарной краской, высушена и заформована.

Расплавление основного матричного металла (сталь марки 20X) производилось с помощью установки высокочастотного плавления металла СЭЛТ-001-15/44-Т. После расплавления металла производилась его разливка в опоки. Образующиеся в процессе горения полистирольных моделей газы удалялись из опоки с помощью вакуумного насоса. Для исследования микроструктуры и механических свойств полученной отливки была произведена ее порезка.

В ходе порезки было установлено, что размер вставки велик для детали данной конфигурации, поскольку полного взаимодействия смеси дисперсных частиц и металлического расплава произошло не в полном объеме. Ввиду этого был проведен повторный эксперимент по такой же схеме, как и в первом случае, за тем отличием, что размер полиуретанового фильтра был уменьшен до (Д×Ш×В) 40×40×10 мм.

В процессе исследования микроструктуры особое внимание было уделено краевым областям, где располагался фильтр, и переходной зоне между фильтром и основным телом отливки.

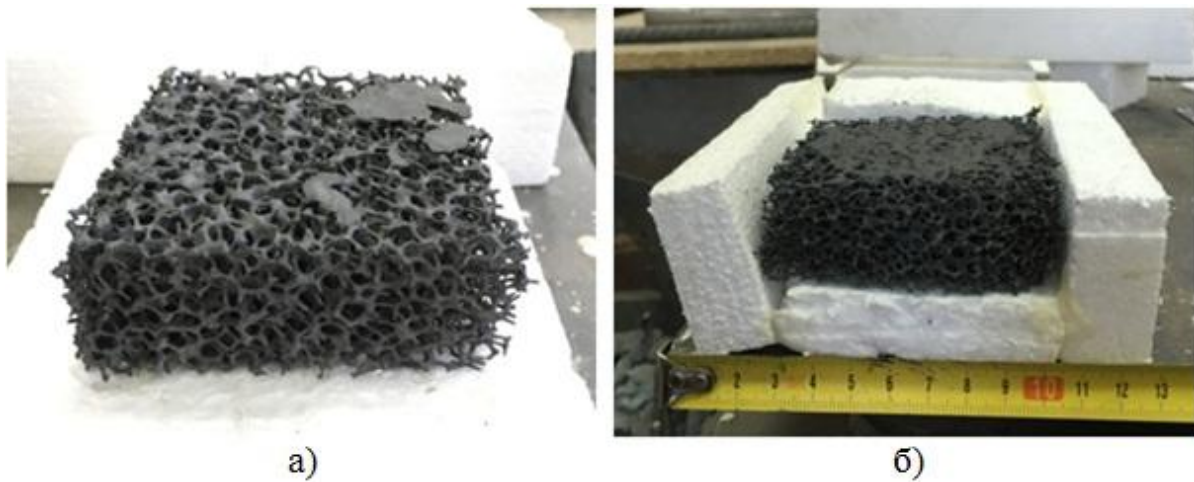


Рис. 1. Изображение предлагаемого способа упрочнения: а – полиуретановый фильтр с нанесенной смесью карбидов; б – расположение фильтра с нанесенной смесью карбидов в получаемой отливке

Исследование структуры экспериментального слитка производилось с помощью оптического микроскопа для изучения материалов Axio Observer.D1m с использованием системы анализа изображений для решения металлургических задач и контроля качества «ThixometPRO».

Исследование образца на оптическом микроскопе показало, что отливка имеет литую структуру, характерную для деталей, получаемых данным видом литья. В области, в которой располагался фильтр с дисперсными частицами в результате взаимодействия карбида титана и металлического расплава образовались нитриды, карбонитриды и оксиды титана (рис. 2). Частицы карбида вольфрама растворились практически в полном объеме, поскольку в различных сечениях встречаются отдельные частицы карбида вольфрама и области с ярко-выраженной эвтектикой.

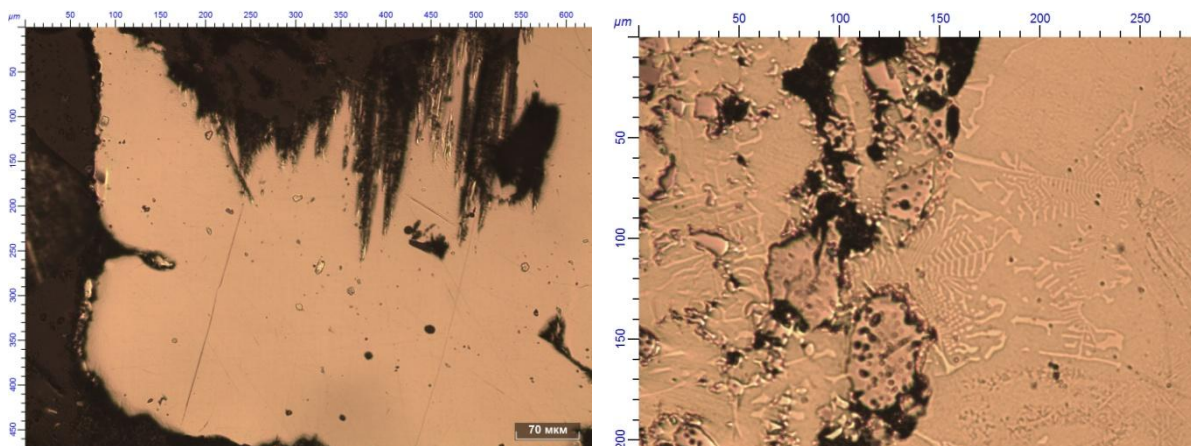


Рис. 2. Микроструктура полученной отливки: а – включения нитридов и карбонитридов титана, $\times 250$; б – эвтектика карбида вольфрама, $\times 450$

Исследование износостойкости производилось по следующей схеме: образец устанавливался на опору, после чего на него производилось воздействие сверлом, которое было нагружено массой в 3,5 кг. Испытание проводилось в 12 итераций, время каждой итерации составляло 3 мин. До и после проведения каждого испытания образец взвешивался. По подсчету остаточной массы производилось определение износостойкости. Замеры производились в 3-х сечениях образца: упрочненный слой (в котором располагался фильтр), переходной зоне между основным металлом отливки и упрочняемой областью и в основном теле отливки, куда упрочняющие частицы не вводились. Результаты испытаний представлены в табл.

Таблица

Результаты исследования износостойкости

№ измерения	Масса до, гр	Масса после, гр	Потеря массы, гр (%)
Упрочненная область			
1	200,67	200,41	0,27 (0,14)
4	174,00	173,63	0,37 (0,21)
7	199,38	199,13	0,25 (0,13)
10	172,35	172,14	0,21 (0,12)
Переходная зона			
2	200,41	200,00	0,41 (0,21)
5	173,63	172,87	0,24 (0,14)
8	199,13	198,86	0,27 (0,14)
11	172,14	171,80	0,34 (0,20)
Основной металл			
3	200,00	199,38	0,62 (0,31)
6	172,87	172,35	0,52 (0,30)
9	198,86	198,71	0,15 (0,08)
12	171,80	171,43	0,37 (0,22)

По полученным результатам можно наблюдать, что средний процент потери массы в упрочненном слое составляет 0,15 %, в переходной зоне – 0,17 %, а основном теле образца – 0,23 %.

Заключение. По результатам проведенных работ можно сделать вывод, что предлагаемая технология упрочнения конкретной области отливки, получаемой технологией литья по газифицируемым моделям, позволяет повысить значения износостойкости и создать градиент данного параметра, поскольку значения потери массы во время испытаний износостойкости равномерно уменьшаются от упрочненной области к основному металлу детали.

Работа выполнена в рамках выполнения гранта Президента РФ по договору № 14.У30.18.2874-МК.

Библиографический список

1. Harris, I.R. Grain boundaries: Their Character, Characterisation and Influence on Properties / I.R. Harris, I.P. Jones. – London: IOM Communications Ltd., 2001. – 165 p.
2. Шульга, А.В. Композиты. Ч. 1. Основы материаловедения композиционных материалов / А.В. Шульга. – М.: НИЯУ МИФИ, 2013. – 96 с.
3. Chumanov, I.V. Fabrication of functionally graded materials by introducing wolframium carbide dispersed particles during centrifugal casting and examination of FGM's structure / I.V. Chumanov, A.N. Anikeev, V.I. Chumanov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 129. – Pp. 816–820.
4. Модифицирование непрерывнолитой стали нанопорошками тугоплавких соединений / В.П. Комшуков, Д.Б. Фойгт, А.Н. Черепанов, А.В. Амелин // Сталь. – 2009. – № 4. – С. 65–67.
5. Исследование влияния модифицирования металла нанопорошковыми материалами на качество сортовой непрерывнолитой заготовки / В.П. Комшуков, А.Н. Черепанов, Е.В. Протопопов и др. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2010. – № 8. – С. 57–63.
6. Singla, S. Wear Behavior of Weld Overlays on Excavator Bucket Teeth / S. Singla, J.S. Grewal, A.S. Kang // Procedia Materials Science. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 256–266.
7. Anikeev, A.N. Increase in Wear Resistance by Introduction of Titanium Carbide Dispersed Particles / A.N. Anikeev, V.V. Seduhin, D.V. Sergeev // Materials Science Forum. – 2016. – Vol. 843. – Pp. 269–273.
8. Земцова, Е.Г. Создание в объёме металлической (железной) матрицы неоднородностей на основе карбидных наноструктур для регулирования механических свойств / Е.Г. Земцова, Д.В. Юрчук, В.М. Смирнов // Materials Physics and Mechanics. – 2013. – № 18. – С. 42–52.
9. Watanabe, Y. Review fabrication of functionally graded materials under a centrifugal force / Y. Watanabe, H. Sato // Nanocomposites with Unique Properties and Applications in Medicine and Industry (Dr. John Cuppoletti (Ed.)). – 2011. – Pp. 133–150.
10. Chumanov, I.V. Interaction between tungsten monocarbide and an iron-based metallic melt / I.V. Chumanov, A.N. Anikeev // Russian Metallurgy (Metally). – 2015. – Vol. 2015. – Pp. 1002–1004.
11. Passerone, A. Critical Issues for Producing UHTC-Brazed Joints: Wetting and Reactivity / A. Passerone, M.L. Muolo, F. Valenza // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2016. – Vol. 25. – Pp. 3330–3347.
12. Asthana, R. Wettability in joining of advanced ceramics and composites: Issues and challenges / R. Asthana, N. Sobczak // High Temperature Ceramic Matrix Composites 8: Ceramic Transactions. – 2014. – Vol. 248. – Pp. 591–600.
13. Measurements of contact angle and work of adhesion at high temperatures / N. Eustathopoulos, N. Sobczak, A. Passerone, K. Nogi // J. Mater. Sci. – 2005. – Vol. 40. – Iss. 9/10. – Pp. 2271–2280.
14. Egorov, F.F. Densification and structure formation in the sintering of composite materials based on the IV–V group transition metals 1. Sintering of TiN-Cr composite materials / F.F. Egorov, V.E. Matsera // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 1998. – Vol. 37. – Iss. 9–10. – Pp. 476–482.

[К содержанию](#)