



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XVII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

РОССИЯ, ТОМСК, 21 – 24 апреля 2020 г.

Том 2. Химия

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Abstracts
XVII International Conference of Students
and Young Scientists

RUSSIA, TOMSK, April 21 – 24, 2020

Volume 2. Chemistry

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОДИФИКАТОРА TiB_2 НА СТРУКТУРУ И
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМГ5**

В.В. Платов, Н.И. Кахидзе, И.А. Жуков

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. А.Б. Ворожцов

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Россия, Томская обл., г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: yova.platov.85@mail.ru

**STUDY OF THE INFLUENCE OF TiB_2 MODIFIER ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL
PROPERTIES OF AMG5 ALUMINUM ALLOY**

V.V. Platov, N.I. Kakhidze, I.A. Zhukov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.B. Vorozhtsov

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: yova.platov.85@mail.ru

***Abstract.** The paper presents the results of studies of the AMg5 alloy modified with TiB_2 particles. Studies of the structure of the obtained alloys, calculations of the average grain size, hardness indicators. The indices of the conditional yield strength, temporary resistance and ductility are obtained.*

Введение. Поиск путей повышения физико-механических свойств материалов на основе легких сплавов для снижения массогабаритных создаваемых конструкций остается актуальной задачей современного машиностроения. Известно, что введение различных тугоплавких частиц в расплав алюминия позволяет получать отливки с мелкозернистой дисперсно-упрочненной структурой [1].

Цель работы заключается в исследовании влияния фазового состава лигатур системы Al-Ti-B, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [2], на структуру и механические свойства алюминиевого сплава.

Материалы и методы исследования. В качестве базового материала использовался сплав системы алюминий-магний АМГ5. Для увеличения физико-механических свойств исходного сплава были использованы три вида лигатур заданного состава, содержащие тугоплавкие частицы дидборида титана с бимодальным распределением в достаточном количестве нано- и микроразмерного диапазона (рис. 1). Для решения проблем агломерации и флотации частиц в расплаве проводилась ультразвуковая обработка (УЗО) расплава [3].

В качестве исходных компонентов для получения лигатур № 1, № 2, № 3 методом СВС, использовались: порошок титана дисперсностью до 140 мкм, порошок бора с размером частиц до 0,8 мкм и порошок алюминия до 100 мкм. Изготовление лигатур различалось между собой в соотношении используемых порошков и, соответственно, в протекании экзотермической реакции, в результате которой образуется дидборид титана TiB_2 и интерметаллидная матрица фаз Ti-Al. Полученный продукт СВС подлежал размолу, классификации по размерам и дальнейшему прессованию в цилиндрические лигатуры диаметром 2,3 мм. В полученных лигатурах средний размер частиц TiB_2 микронного диапазона составил: 0,9 мкм для лигатуры № 1, 2 мкм для лигатуры № 2 и 1 мкм для лигатуры № 3 (рис. 1).

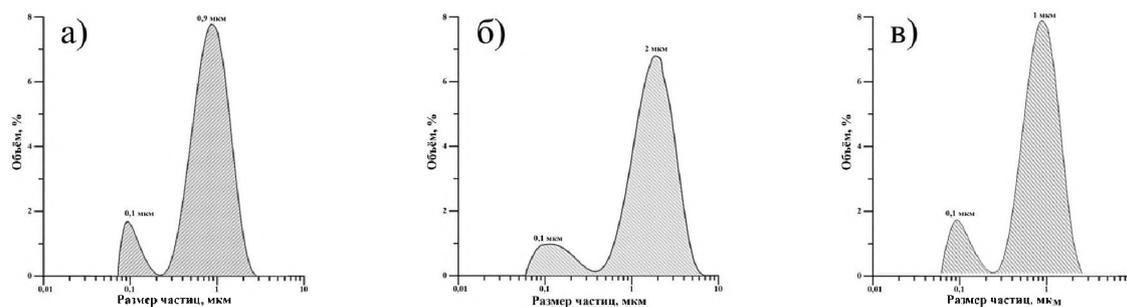


Рис. 1. Гистограммы распределения частиц в лигатурах № 1 (а), № 2 (б), № 3 (в)

Исследуемые сплавы были получены методом литья в стальной кокиль. В матричный расплав при температуре 780 °С вводили лигатуру с одновременной ультразвуковой обработкой. После полного растворения лигатуры ультразвуковая обработка продолжалась 2 мин, далее жидкий металл был помещён в печь на 30 мин. Перед заливкой расплав ещё раз был обработан ультразвуком и залит в кокиль при температуре 730 °С. В качестве эталонов были получены 2 сплава: с ультразвуковой обработкой, но без лигатуры и с лигатурой № 1, но без влияния ультразвука.

Плотность полученных слитков определялась методом гидростатического взвешивания. Средний размер зерна определяли методом случайных секущих по изображениям микроструктуры, полученным на оптическом микроскопе Olympus GX71. Металлографические шлифы были подготовлены с применением электролитического травления в растворе тетрафтороборной кислоты. Твёрдость определялась по методу Бринелля с нагрузкой 250 кг на сферический индентор диаметром 5 мм. Для определения механических характеристик были проведены эксперименты по растяжению плоских образцов на испытательной машине Instron 3369 при скорости движения подвижной траверсы 0,2 мм/мин.

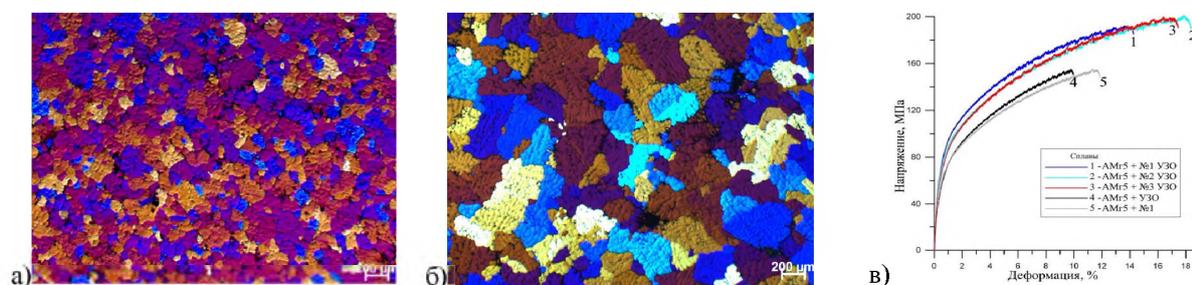


Рис. 2. Изображения микроструктуры сплава AMg5 + лигатура №1 с вибрационной обработкой (а) и без (б). Кривые растяжения полученных сплавов (в)

Результаты. Исходя из результатов плотности (табл. 1), ультразвуковая обработка расплава позволила корректно ввести модификаторы и сохранить исходную плотность 2,65 г/см³. Средний размер зерна исходного сплава AMg5 после ультразвуковой обработки составил 205 мкм. Ультразвуковая обработка расплава позволяет получать микроструктуру с достаточно равноосными зёрнами. При этом, в структуре сплава AMg5 без модификаторов наблюдаются зёрна размером более 250 мкм. Введение лигатуры № 2 с ультразвуковой обработкой позволило существенно снизить средний размер зерна с 205 до 163 мкм. Введение лигатуры № 1 (рис. 2б) и № 3 также позволило снизить средний размер зерна до 164 и 158 мкм соответственно. Для оценки влияния ультразвуковой обработки на процесс введения и

распределения частиц, был получен сплав с лигатурой № 1 без обработки, средний размер зерна которого составил 250 мкм (рис. 2а).

Таблица 1

Свойства литых сплавов на основе АМг5

	ρ , г/см ³	Ср. р-р зерна, мкм	Твёрдость, НВ	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
АМг5 + УЗО	2,65	205 ± 30	64,34	57 ± 4	155 ± 11	11,5 ± 0,8
АМг5 + №1	2,59	250 ± 17	58,78	52 ± 4	155 ± 8	12,8 ± 0,3
АМг5 + №1 УЗО	2,65	164 ± 12	64,96	74 ± 7	192 ± 14	14,5 ± 0,4
АМг5 + №2 УЗО	2,65	163 ± 18	59	71 ± 6	201 ± 12	18,8 ± 0,6
АМг5 + №3 УЗО	2,65	158 ± 8	64,30	69 ± 8	200 ± 10	17,8 ± 0,5

Из обработки экспериментальных диаграмм (рис. 2в) получено, что предел текучести, предел прочности и пластичность литого сплава АМг5 составили 57 МПа, 155 МПа и 11,5 % соответственно. После модифицирования сплава лигатурой № 2 его механические характеристики значительно увеличились: предел текучести с 57 до 71 МПа, предел прочности с 155 до 201 МПа, пластичность с 11,5 до 18,8 %. Введение лигатур № 1 и № 3 также привело к увеличению предела текучести до 74 и 69 МПа, предела прочности до 192 и 200 МПа и пластичности до 14,5 и 17,8 % соответственно. Введение лигатуры № 1 в сплав без ультразвука приводит к снижению предела текучести до 52 МПа с сохранением исходного значения предела прочности в 155 МПа и с небольшим увеличением пластичности до 12,8 %. Использование лигатуры без УЗО не позволяет корректно ввести частицы и распределить их в объёме слитка. В структуре наблюдаются тёмные включения неравномерно распределённой лигатуры из-за чего не удаётся достичь модифицирования сплава АМг5.

Заключение. Введение частиц диборида титана позволяет измельчать структуру литого алюминиевого сплава АМг5 с 205 до 163 мкм, за счёт чего повышается его предел текучести, предел прочности и пластичность с 57 до 71 МПа, с 155 до 201 МПа и с 11,5 до 18,8 % соответственно. Наибольший эффект измельчения структуры достигается при использовании лигатуры, содержащей микрочастицы диборида титана размером 1 мкм: микроструктура мельче и более равномерна по сравнению со сплавом, модифицированным лигатурой № 2.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90020\19.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. Vorozhtsov, L. Minkov, V. Dammer, A. Khrustalyov, I. Zhukov, V. Promakhov, A. Vorozhtsov, M. Khmeleva. Ex situ introduction and distribution of nonmetallic particles in aluminum melt: modeling and experiment // JOM. – 2017. – V. 69., № 12. – P. 2653-2657.
2. Жуков И.А., Зиятдинов М.Х., Ворожцов А.Б., Жуков А.С., Ворожцов С.А., Промахов В.В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез боридов Al и Ti // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – № 8. – С. 177–178.
3. Данилов П.А., Хрусталева А.П., Ворожцов А.Б., Жуков И.А., Промахов В.В., Хмелева М.Г., Пикущак Е.В., Кветинская А.В. Анализ влияния внешних физических воздействий на процессы литья легких сплавов // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2018 – № 55.