

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПУТЕМ ВАКУУМНОГО ВСАСЫВАНИЯ

Курганова Ю.А., Говоров М.Д.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
Москва*

Ключевые слова: вакуумное литье, литье вакуумным всасыванием, алюминиевые сплавы, литье в кварцевые трубки, литейные технологии, силумин.

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований микроструктуры стержней и труб из алюминиевого литейного сплава типа АК12, полученных путем вакуумного литья в кварцевые трубки, а также расчеты скорости движения алюминиевого расплава в кварцевой трубе. Исходя из полученных в ходе работы данных, можно предположить, что вакуумное литье алюминиевых сплавов и КМ на их основе в кварцевые трубки, позволит получать изделия и заготовки образцов для механических испытаний со структурой, обеспечивающей более высокие по сравнению с традиционным литьем, механические характеристики.

PRODUCTION OF ALUMINUM ALLOY BILLETS BY VACUUM SUCTION CASTING

Kurganova Yu.A., Govorov M.D.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Keywords: vacuum casting, vacuum suction casting, aluminum alloys, quartz pipes casting, casting technologies, silumin.

Abstract. This paper presents the results of a study of the microstructure of aluminum alloy, type АК12, rods and pipes, obtained by vacuum casting through quartz pipes, as well, as calculations of the flow velocity of aluminum alloy through the quartz pipe. Based on the data, obtained during the work, it can be assumed, that vacuum casting of aluminum alloys and composite materials, based on them, will help to obtain products and mechanical test samples with a structure, providing higher mechanical characteristics.

Наиболее традиционные способы получения заготовок и изделий из алюминиевых сплавов и алюмоматричных композиционных материалов – жидкофазные способы, которые отличаются технологичностью и доступностью используемого оборудования. При этом основной технологической задачей, требующей решения, являются процессы активного оксидообразования на поверхности расплава. Особенно остро данная проблема встает в случае синтезирования композиционных материалов на основе алюминия и его сплавов, т.к. введению и распределению армирующей фазы препятствует оксидная пленка на поверхности расплава [1-3].

Для решения данной проблемы предложен технологический подход, заключающийся в вакуумном всасывании расплава в трубки из кварцевого стекла различного диаметра. Данным способом возможно получить прутки из алюминиевых сплавов диаметром от 2 мм (правильный подбор технологических параметров позволит дополнительно уменьшить диаметр получаемых прутков) [4]. Для осуществления упомянутого подхода была сконструирована установка. Её схема представлена на рисунке 1.

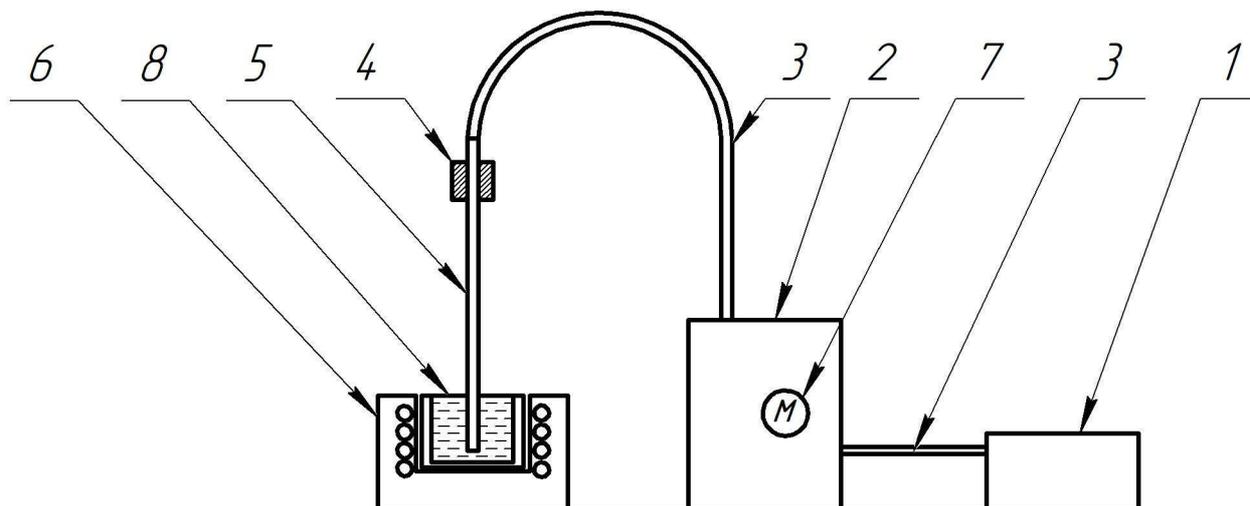


Рис. 1. Схема установки: 1 – форвакуумный насос; 2 – вакуумная камера, выступающая в роли буфера для защиты насоса от горячего газа и случайных брызг; 3 – система шлангов; 4 – направляющая для трубки; 5 – трубка; 6 – индукционная тигельная печь; 7 – манометр; 8 – расплав алюминия

С целью выбора режимов всасывания были проведены гидродинамические расчеты с помощью пакета Flow для ПО Компас 3D [5]. Установлено распределение скоростей потока жидкости с характеристиками жидкого алюминия для стеклянной трубки диаметром 10 мм, длиной 1 м с толщиной стенок 2 мм при заданной разнице давлений на концах трубки 0,01 и 0,001 атм. Расчеты представлены на рисунке 2.

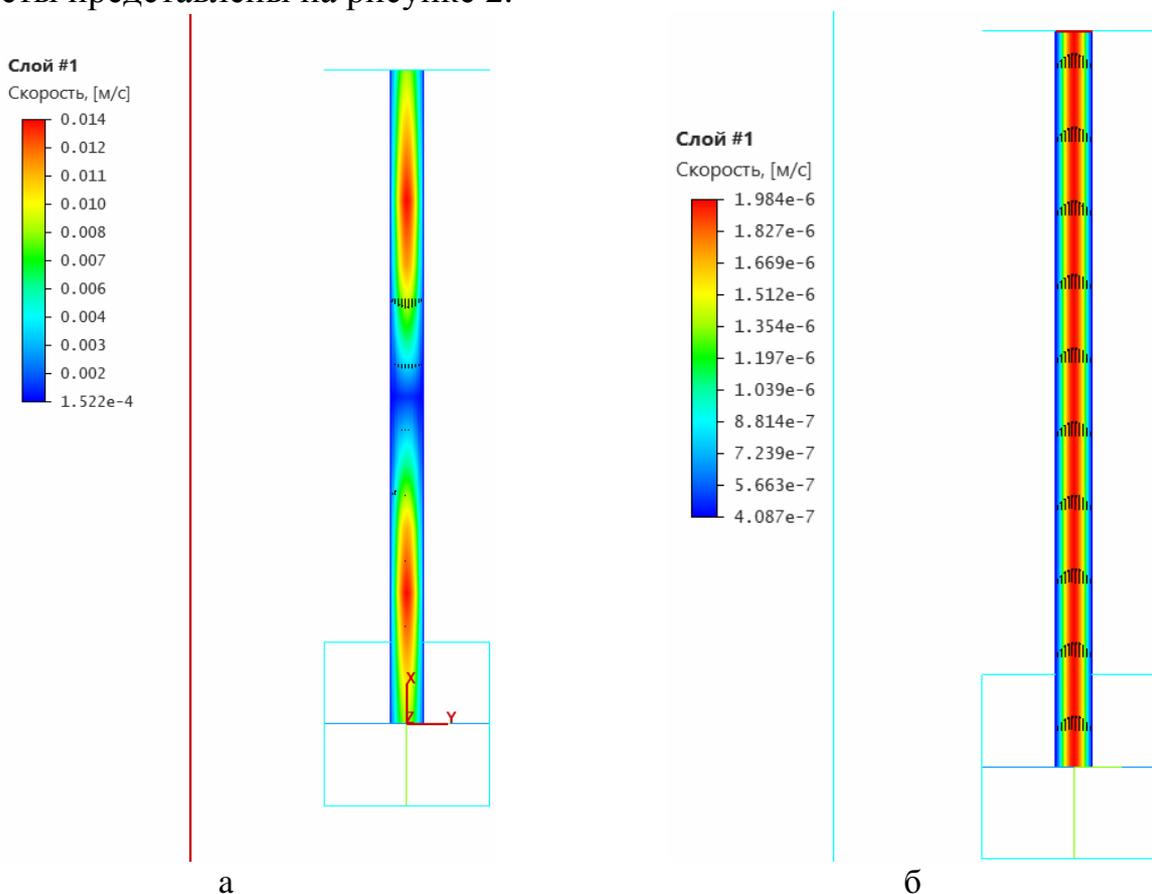


Рис. 2. Моделирование потока расплавленного алюминия в трубе при помощи пакета Flow Компас 3D: а – при разнице давлений 0,01 атм., б – при разнице давлений 0,001 атм.

Видно, что при пониженной разности давлений сплав движется равномерно и, соответственно, застывает, в основном, на внутренней поверхности трубы. При повышенной разности давлений в середине трубы заметна область с наиболее низкой скоростью движения расплава.

В ходе работы были получены прутки из силумина типа АК12 диаметром 10 мм. Химический состав сплава представлен в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав сплава

Элемент	Al	Si	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn
Содержание, %	основа	12,10	4,27	0,59	0,51	0,4	0,06

Схема действий при получении прутков была следующей/

1. В индукционной печи расплавлена порция алюминиевого сплава.
2. В перегретый до 730°C расплав был введен флюс предназначенный для удаления оксидной пленки с поверхности расплава и улучшения литейных свойств.
3. Из вакуумной камеры откачан воздух до указанного в расчетах разряжения.
4. В расплав погружена трубка из кварцевого стекла, выполняющая функции кристаллизатора. Одновременно с этим начался процесс медленного открытия вентиля, связывающего вакуумную камеру с трубкой. При достижении расплавом необходимой высоты, вентиль был перекрыт, а трубка извлечена из тигля.
5. Затем часть трубки, в которой находился кристаллизованный алюминий под действием эффектов теплового расширения в ходе кристаллизации металла в трубке, откололась и, спустя некоторое время, представляла собой алюминиевый стержень, свободный от стекла на поверхности.

Поверхность прутка достаточно гладкая, по форме близка к цилиндрической.

Эксперименты с вариациями давлений, по которым производились расчеты, привели к формированию трубки. Технологический режим 2, таким образом, дал эффект формирования «трубки в трубке». Фотография полученных прутка и трубки представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Фотография прутка и трубки

Так, распределение скоростей при пониженной разнице давлений, представленное на рис. 2,б, позволило сформировать полуу заготовку.

Сравнительный анализ микроструктуры материала одинакового состава, полученного путем вакуумного всасывания в трубку из кварцевого стекла и отлитого в открытую форму, представлен на рисунках 4, 5.

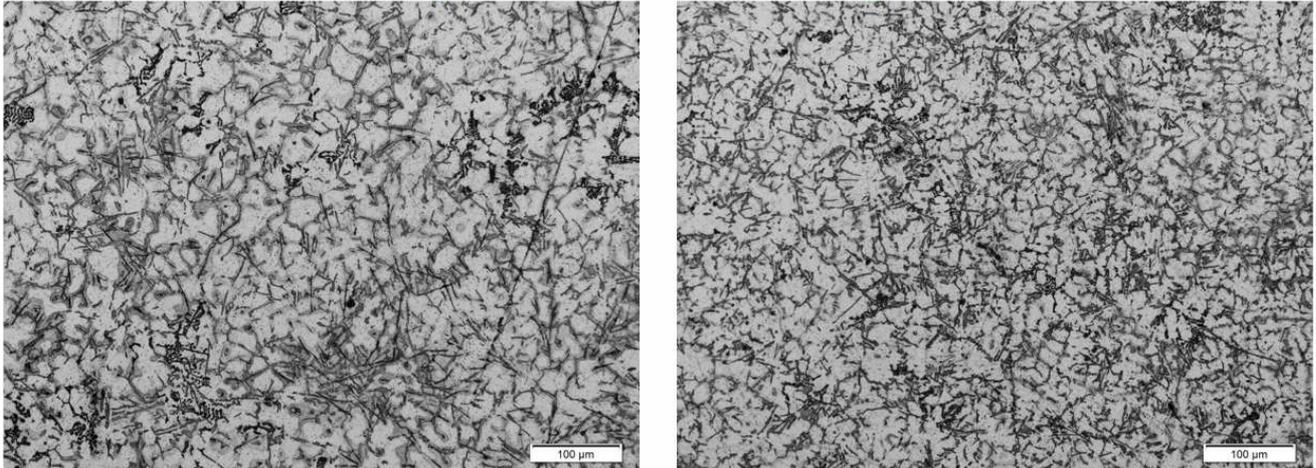


Рис. 4. Микроструктура образцов, полученных путем вакуумного литья в трубку, х200

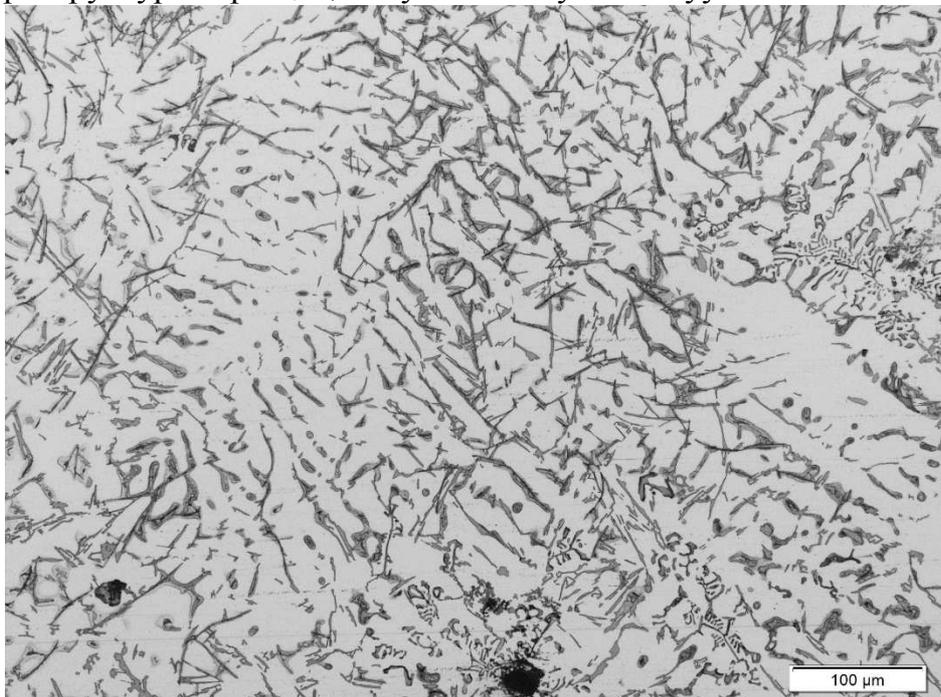


Рис. 5. Микроструктура образца, полученного литьем в открытую форму, х200

Как видно из снимков микроструктуры, полученные вакуумным литьем образцы материала, обладают более равномерной и равноосной структурой с меньшим количеством дендритов за счет более равномерного и скоростного охлаждения и меньшего сечения по сравнению с обычными слитками. Также,

значительно уменьшен размер кремниевых «игл», снижающих прочность и эксплуатационные характеристики силуминов.

Итоги работы позволили обозначить возможность получения и продемонстрировать пути управления структурными параметрами материалов на основе алюминия.

Выводы

Опробация сконструированной установки для вакуумного всасывания расплава продемонстрировала технологическую пригодность.

Расчет скорости перемещения расплава в стеклянной трубке и скорости охлаждения слоев сплава при вакуумном литье позволяет выбрать режим процесса.

Анализ микроструктуры продемонстрировал снижение размеров дендритных включений и «игл» кремния, но одновременно с тем повышение пористости по сравнению с литьем в открытую форму.

Список литературы

1. Ткаченко С.С., Евсеев В.И. Состояние и перспективы развития литейного производства в станкостроительной отрасли промышленности России [Электронный ресурс] // Литейный консилиум онлайн. – URL: <https://litkons.com/info/innovations/sostoyanie-iperspektivy/>
2. Чернышова Т.А., Курганова Ю.А., Кобелева Л.И., Болотова Л.К. Литые дисперсно-упрочненные алюмоматричные композиционные материалы: изготовление, свойства, применение. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 295 с.
3. Немчинова Н.В., Тютрин А.А. Металлографическое исследование образцов алюминиевых рондолой // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 3. – С. 124-128.
4. Фурман И.Е., Мысик Р.К. Литье прутков для наплавки из кобальтовых сплавов // Прогрессивные технологические процессы и подготовка кадров для литейного производства: материалы регион. науч.-практ. конф., 23 окт. 2006г., г. Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во РГППУ, 2007. – С. 60-64.
5. Никаноров А.В. Сравнительный анализ компьютерных программ для моделирования литейных процессов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – №22(11). – С. 209-218.

Сведения об авторах:

Курганова Юлия Анатольевна – д.т.н., профессор;

Говоров Михаил Дмитриевич – магистрант, инженер.