

---

## НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ

УДК 621.74.043: 669.715

**В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, В. М. Дука, С. А. Баев,  
Т. Г. Цир**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев  
\*Литейно-кузнечный завод объединения «Артем», Вишневое

### ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА НОВОГО СПОСОБА РЕОЛИТЬЯ

*Проведена опытно-промышленная проверка нового способа реолитья на примере изготовления кронштейна из алюминиевого сплава АК7ч массой 0,85 кг и характерной толщиной стенок 6-7 мм с использованием машины литья под давлением модели 711A09. Показано, что за счет формирования мелкодисперсной недендритной структуры в отливках их физико-механические свойства (по сравнению с традиционной технологией) повысились:  $\sigma_b$  – на 6 %,  $\delta$  – на 500 % и  $\gamma$  – на 1 %. Приведены преимущества способа.*

**Ключевые слова:** *алюминиевый сплав, реолитье, недендритная структура, литье под давлением.*

*Проведено дослідно-промислова перевірка нового способу реолиття на прикладі виготовлення кронштейну з алюмінієвого сплаву АК7ч масою 0,85 кг та характерною товщиною стінок 6-7 мм з використанням машини лиття під тиском моделі 711A09. Показано, що за рахунок утворення дрібнодисперсної недендритної структури у виливках їх фізико-механічні властивості (у порівнянні з традиційною технологією) збільшились:  $\sigma_b$  – на 6 %,  $\delta$  – на 500 % і  $\gamma$  – на 1 %. Наведено переваги способу.*

**Ключові слова:** *алюмінієвий сплав, реолиття, недендритна структура, лиття під тиском*

*Experimental-industrial work of a new method of rheocasting on an example of manufacturing of a bracket from aluminum alloy AK7ch in weight of 0,85 kg and characteristic thickness of walls of 6-7 mm with use pressure die casting machine of 711A09 model is made. It is shown that due to formation highly dispersed nondendritic structure in castings their physical-mechanical properties (in comparison with traditional production engineering) have increased:  $\sigma_b$  – on 6 %,  $\delta$  – on 500 % and  $\gamma$  – on 1 %. Advantages of the method are shown.*

*Keywords: aluminum alloy, rheocasting, nondendritic structure, pressure die casting.*

Отливки, изготовленные традиционным способом литья под давлением (ЛПД), в той или иной степени поражены газовыми раковинами, что снижает их потребительские свойства (в особенности герметичность), а также затрудняет или делает невозможным проведение их упрочняющей термической обработки из-за образования на поверхности «вздутий», вызванных термическим расширением подкорковых газов.

Открытие группой М. Флемингса явления тиксотропии в алюминиевых сплавах коренным образом улучшило качество отливок. На этой основе разработаны современные технологические процессы рео- и тиксолитья, использующие металлическую суспензию с глобулярной морфологией  $\alpha$ -твердого раствора алюминия.

В Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины разработан новый способ суспензионного литья широкоинтервальных алюминиевых сплавов [1], суть которого заключается в предварительной роторной обработке дозы алюминиевого расплава в предкристаллизационной области температур с последующей ее заливкой в камеру прессования машины литья под давлением и технологической выдержкой (для формирования заданного количества твердой фазы в суспензии) перед запрессовкой.

Такая упрощенная схема процесса позволяет использовать металлическую суспензию с высоким (до 40 %) содержанием твердой фазы, что особенно важно в производстве толстостенных отливок.

В процессе роторной обработки за счет переохлаждения примыкающих к поверхности ротора слоев расплава генерируется множество центров кристаллизации, которые являются необходимым условием формирования недендритной структуры  $\alpha$ -твердого раствора.

Опытно-промышленную проверку нового способа литья проводили на ряде заводов.

Методом экспрессного термического анализа [2] определяли химический состав алюминиевого сплава АК7ч, в %мас.: Si = 7,17, Fe = 0,44, Mg = 0,43, Al – остальное) и температуру стояния ликвидуса – 617 °С.

Предварительно обработанную ротором дозу алюминиевого расплава массой 1,2 кг при температуре 620 °С заливали в камеру прессования машины ЛПД модели 711А09, осуществляли технологическую выдержку в течение 2-3 с, после чего изготавливали отливку «кронштейн» массой 0,85 кг с характерной толщиной стенок 6-7 мм.

Отливки подвергали закалке и старению (Т6).

На рис. 1 приведена фотография отливки с литниково-питающей системой. Наличие протяженного облоя толщиной (0,08-0,1 мм) свидетельствует о высокой текучести металлической суспензии в процессе заполнения пресс-формы.



Рис. 1. Отливка «кронштейн», масса куста 1,2 кг, получена на машине 711А09 из частично закристаллизованного алюминиевого сплава АК7ч

Исследование микроструктуры выявило следующие закономерности: пресс-остаток в камере прессования из исходного сплава, полученный по традиционной технологии при  $T_{\text{зал}} = 620$  °С, имеет выраженную дендритную структуру (рис. 2, а) с максимальной длиной дендритов 350-400 мкм, в то же время пресс-остаток, полученный по новой технологии – мелкодисперсную глобулярную тиксоструктуру с размерами глобулей 20-60 мкм (рис. 2, б).

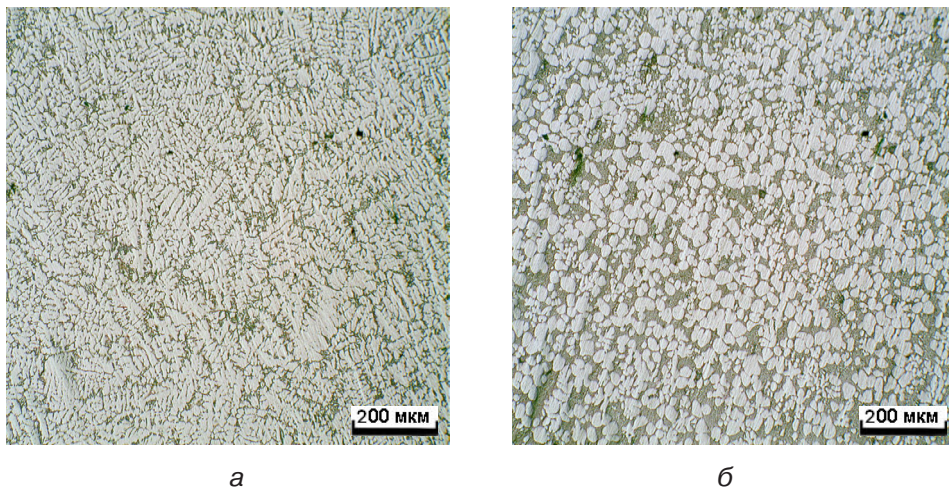


Рис. 2. Микроструктура пресс-остатка отливки «кронштейн»: а – из исходного сплава; б – из обработанного сплава

На рис. 3, а представлена глобулярная структура слитка, полученная по новой технологии в камере прессования без наложения давления, а на рис. 3, б – микроструктура промывника.

Структура отливок, полученных по новой технологии, имеет мелкозернистый глобулярный характер (рис. 3, в) с размерами глобулей 20-50 мкм.

На рис. 3, г приведена дендритная микроструктура отливки из исходного сплава, полученная при тех же теплосиловых условиях. Длина отдельных дендритов такой структуры достигает 400 мкм.

Наличие дендритов в металлической суспензии ухудшает ее реологические характеристики и требует значительно больших усилий прессования для получения качественной отливки.

Объективной характеристикой оценки прочностных и пластических свойств литого материала является испытание его на разрыв.

Физико-механические свойства определяли на вырезанных из отливки плоских образцах 100х6х5 мм. В процессе изготовления образцов литейную корочку срезали.

Испытания проводили в лаборатории Института проблем материаловедения НАН Украины с использованием современной разрывной машины с записью графика в координатах напряжение – пластическая деформация.

На рис. 4 приведена гистограмма физико-механических свойств литых и термообработанных образцов по режиму Т6.

Из ее анализа следует, что максимальные физико-механические свойства образцов, полученных из металлической суспензии, приготовленной по новой технологии, составили:  $\sigma = 302$  МПа,  $\delta = 4,45$  %,  $\gamma = 2,688$  г/см<sup>3</sup> (после Т6), а для нетермообработанных – 240 МПа, 1,21 % и 2,68 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Свойства образцов из исходного сплава составили:  $\sigma_{\text{в}} = 275-285$  МПа,  $\delta = 0,5-0,742$  %,  $\gamma = 2,66$  г/см<sup>3</sup> (после Т6), а литые – 228 МПа; 0,5-0,7 %; 2,66 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Таким образом, разработанная технология позволяет существенно увеличить

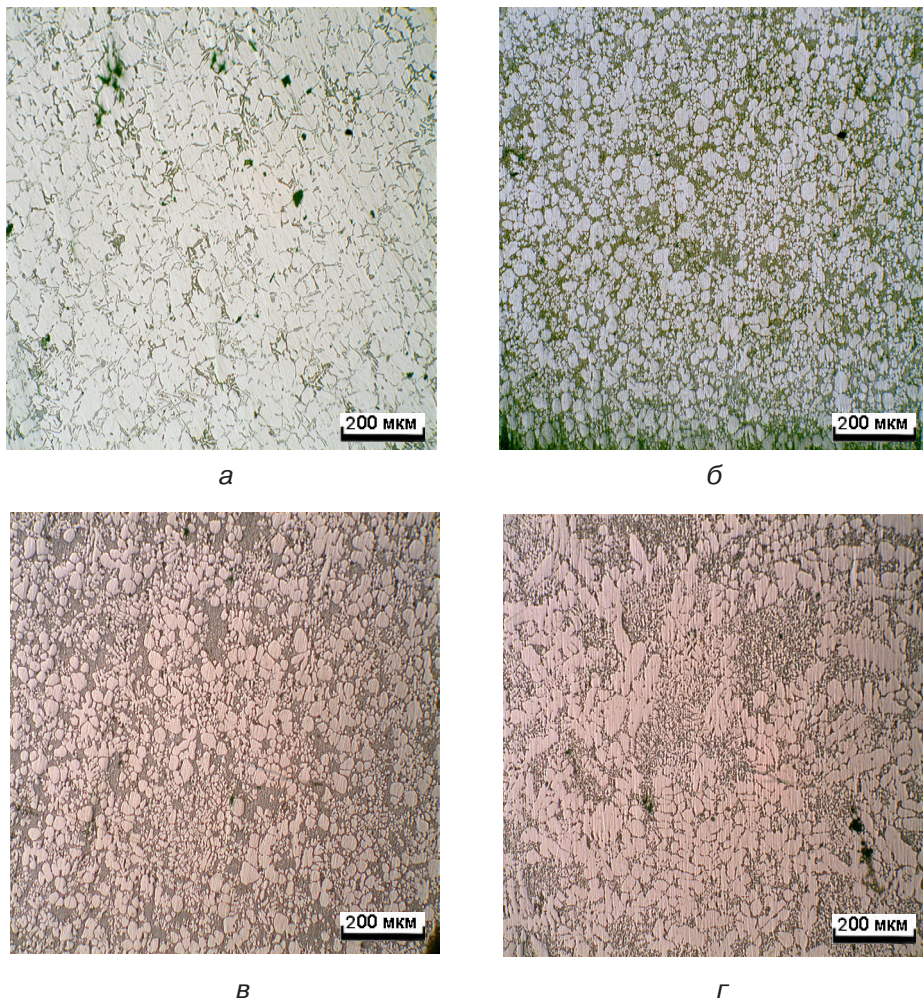


Рис. 3. Микроструктура отливок, полученных из сплава АК7ч: а – структура слитка-полуцилиндра, полученного в камере прессования без наложения давления; б – структура промывника; в – структура отливки «кронштейн»; г – структура отливки «кронштейн» из исходного сплава

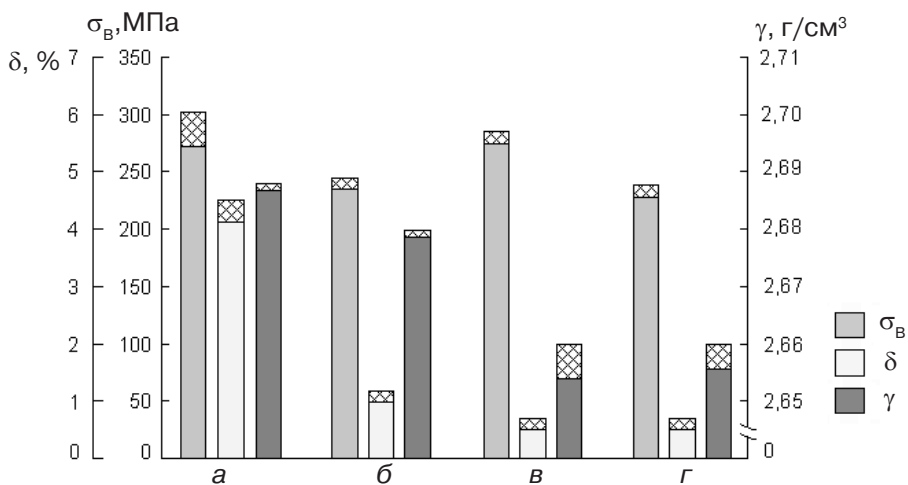


Рис. 4. Гистограмма уровня физико-механических свойств образцов из сплава АК7ч, в условиях литья под давлением: а – роторная обработка, Т6; б – роторная обработка, литой; в – из исходного сплава, Т6; г – из исходного сплава, литой

относительное удлинение (на 500 %) и плотность (на 1 %) металла отливок при сохранении высокого уровня предела прочности.

Новая технология реолитья имеет ряд преимуществ:

- отливки обладают повышенной пластичностью и плотностью, могут подвергаться упрочняющей термической обработке, а также сварке;
- позволяет получать порционные тиксозаготовки из литейных сплавов, подвергающиеся ковке, штамповке, а также изготовлению отливок в условиях ЛПД;
- за счет уменьшения тепловой нагрузки и эрозионного действия струи расплава на пресс-формы, стойкость дорогостоящей оснастки может быть повышена на 20-25 % при одновременном снижении смазочных материалов на 10-15 % и расхода электроэнергии на 15 %;
- реализация нового процесса не требует значительных материально-технических ресурсов;
- как показала практика, время роторной обработки порции расплава составляет не больше 10 с.



### Список литературы

1. Пат. 85981 UA, МПК9 В22D 17/00. Спосіб тиксолиття виливка / В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, В. М. Дука. – Опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5.
2. Смутьский А. А., Семенченко А. И., Елов С. М. Термический анализ алюминиевых сплавов // Процессы литья. – 2002. – №1. – С.10-16.

Поступила 02.04.2013

### **УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

Продолжается подписка на журнал

**«ПРОЦЕССЫ ЛИТЬЯ»**

на 2013 год.

Подписку с любого номера журнала можно оформить через редакцию.

Для этого необходимо направить письмо-запрос или факс в адрес редакции для оформления счета-фактуры.

Счет-фактура высылается письмом и (или) по факсу.

Стоимость одного журнала — 30 грн.

Годовая подписка — 180 грн. (для Украины),  
с учетом почтовых расходов — 210 грн.

Годовая подписка для зарубежных подписчиков — 90 \$.

**Приглашаем Вас публиковать свои научно-технические статьи и рекламные материалы в нашем журнале!**