

---

# НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ

УДК 621.74.043:669.715

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

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ЧАСТИЧНО ЗАТВЕРДЕВШИХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

*Приведены результаты опытно-промышленных испытаний нового способа литья под давлением отливок из частично закристаллизованного алюминиевого сплава АК7. Исследована структура слитков в камере прессования и отливках. Уровень прочности отливок после Т6 составил 285-300 МПа, при относительном удлинении – 3,7-4,0 %. Показаны преимущества нового способа литья.*

**Ключевые слова:** литье под давлением, частично затвердевшие алюминиевые сплавы.

*Наведено результати дослідно-промислових випробувань нового способу лиття під тиском виливків з частково закристалізованого алюмінієвого сплаву АК7. Досліджена структура зливків в камері пресування та у виливках. Рівень міцності виливків після Т6 склав 285-300 МПа, при відносному подовженні – 3,7-4,0 %. Показано переваги нового способу лиття.*

**Ключові слова:** лиття під тиском, частково закристалізовані алюмінієві сплави.

*Results of test of experimental-industrial trials of a new die casting method of castings from partially solidified aluminium alloy AK7 are shown. Structure of ingots in a compression box and castings is explored. The strength level of castings after T6 has made 285-300 MPa, at percent elongation – 3,7-4,0 %. Advantages of a new casting method are shown.*

**Keywords:** semisolid aluminium alloys, casting, ingots.

**В**промышленно развитых странах объем производства алюминиевых отливок литьем под давлением (ЛПД) составляет 60-70 % от общего объема.

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

Открытие явления тиксотропии в алюминиевых сплавах коренным образом улучшило качество отливок [1].

Приоритетные исследования в области литья под давлением алюминиевых сплавов в «кашеобразном» состоянии были проведены А. Д. Зуевым [2].

В Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины разработан новый способ суспензионного литья алюминиевых сплавов ЛПД, суть которого состоит [3]:

– в предварительной роторной обработке дозы алюминиевого расплава в предкристаллизационной области температур с последующей заливкой и выдержкой расплава непосредственно в камере прессования машины литья под давлением для формирования суспензии с глобулярной морфологией первичных кристаллов алюминиевого  $\alpha$ -твердого раствора и заданной долей твердой фазы;

– в операции заполнения пресс-формы, подготовленной металлической суспензией.

Такая схема процесса позволяет использовать металлическую суспензию с высоким (до 40-50 %) содержанием твердой фазы, что особенно важно в производстве толстостенных отливок.

По мнению разных исследователей [4, 5] необходимым условием перехода от дендритной кристаллизации к недендритной является создание множества центров кристаллизации.

Роторная обработка расплава в предкристаллизационной области температур обеспечивает переохладение поверхностных слоев, примыкающих к ротору, и тем самым генерирует множество центров кристаллизации. Как показало гидромоделирование процесса [6], в поверхностном слое толщиной 8-10 мм под воздействием роторной обработки ( $n = 88$  об/мин) циркулируют потоки, скорость которых составляет 6 м/с.

Опытно-промышленную проверку нового способа проводили в заводских условиях ВАТ «ЛТАВА» и Вишневого литейно-механического завода объединения «АРТЕМ».

Методом термического многофункционального анализа [7] определяли химический состав сплава и температуру стояния ликвидуса.

С целью выявления эффективности роторной обработки расплава сначала проводили анализ структуры полуметаллических слитков, полученных при затвердевании в камере машины литья под давлением без прессования. Микроструктура алюминиевых слитков, изготовленных из исходного сплава АК7 в полости камеры прессования диаметром 40 мм без наложения давления, является типично дендритной, рис. 1, а. В центральной части сечения слитка длина крупных дендритов  $\alpha$ -твердого раствора алюминия достигает 0,8-1,0 мм, а дендритный параметр – 40 мкм.

Из обработанного ротором расплава получены слитки с недендритной структурой  $\alpha$ -твердого раствора алюминия (рис. 1, б-г), дифференцированную в радиальном направлении. В открытой части слитка (в зоне наименьшего теплоотвода) структура приобретает морфологию глобул и розеток размером 20-80 мкм. При этом в средней части слитка появляются дендритные кристаллы. В контактном слое (в условиях наибольшего теплоотвода) структура приобретает мелкодисперсный дендритный характер (с дендритным параметром 10-15 мкм) с небольшой долей дендритных и розеточных кристаллов меньшей дисперсности. Однако это характерно только для литейной корочки толщиной 200-400 мкм.

Как следует из рис. 2, в отливках кронштейн, изготовленных из суспензии, содержащей около 30 % твердой  $\alpha$ -фазы, получена смешанная структура алюминиевого  $\alpha$ -твердого раствора с размерами первичных глобул 50-60 и 20-25 мкм. В структуре корпуса газовой горелки наблюдаются в основном розеткоподобные кристаллы алюминиевого  $\alpha$ -твердого раствора порядка 80-120 мкм с размером

## Новые методы и прогрессивные технологии литья

вторичных ответвлений – 10-16 мкм. Такой характер структуры связан с меньшей долей твердой  $\alpha$ -фазы (около 10 %) в металлической суспензии в момент прессования и дальнейшей кристаллизации отливки.

Низкий перегрев расплава на 20-25 °С ускоряет процесс формирования металлической суспензии. Так, при начальной температуре расплава 622 °С процесс роторной обработки в надликвидусной области температур составил 4 с. Общее время приготовления суспензии, с учетом времени заливки расплава в камеру прессования и технологической выдержки в ней, составило 6-8 с для массы металла 0,42 кг.

Уровень механических свойств плоских образцов длиной 5x120 мм, вырезанных из отливки «кронштейн», после термообработки по режиму Т6 составил: предел прочности – 285-300 МПа, относительное удлинение – 3,7-4,0 %.

Новый ускоренный процесс литья частично закристаллизованных алюминиевых сплавов обладает рядом преимуществ:

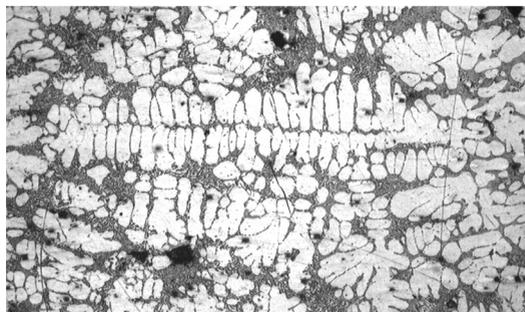
- отливки не имеют видимой газовой пористости, что позволяет проводить их термоупрочняющую обработку (Т5, Т6);

- выход герметичных отливок газовой аппаратуры составил 100 % при испытании давлением сжатого воздуха 0,2 МПа;

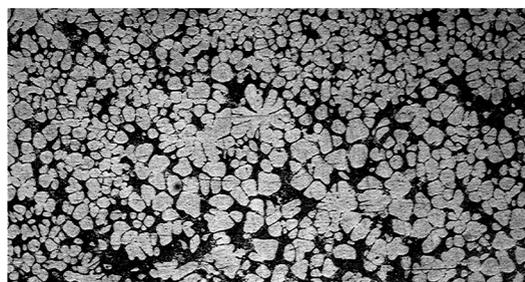
- в процессе роторной обработки в надликвидусной области температур расплав не налипает на стенки мерного ковша и активатор, что стабилизирует процесс его заливки в камеру прессования;

- формирование суспензии с глобулярной морфологией первичных кристаллов  $\alpha$ -фазы осуществляется непосредственно в камере прессования машины литья под давлением, что упрощает процесс и позволяет в широких пределах регулировать содержание твердой фазы в суспензии;

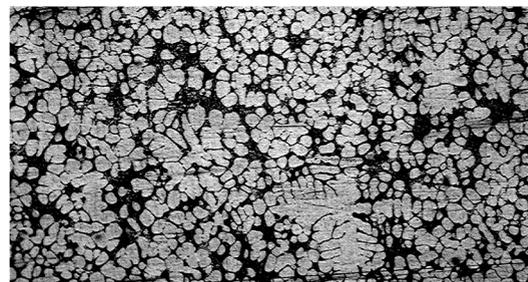
- вследствие уменьшения тепловой нагрузки и эрозионного действия «низкотемпературной» струи жидкого твердого сплава стойкость пресс-форм



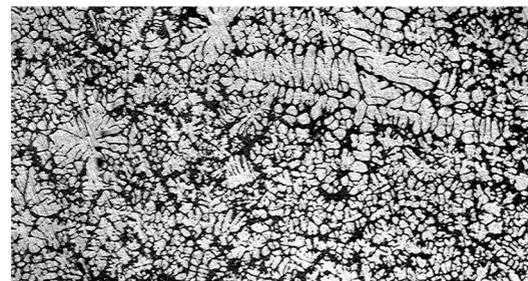
а



б



в



г

Рис. 1. Микроструктура слитков из сплава АК7, полученных гравитационной заливкой в камере прессования машины литья под давлением без обработки (*а*) и после роторной обработки,  $n = 800$  об/мин (*б-г*): *б* – верхняя часть слитка, формирование которой осуществлялось при атмосферных условиях; *в* – средняя часть слитка; *г* – зона контакта

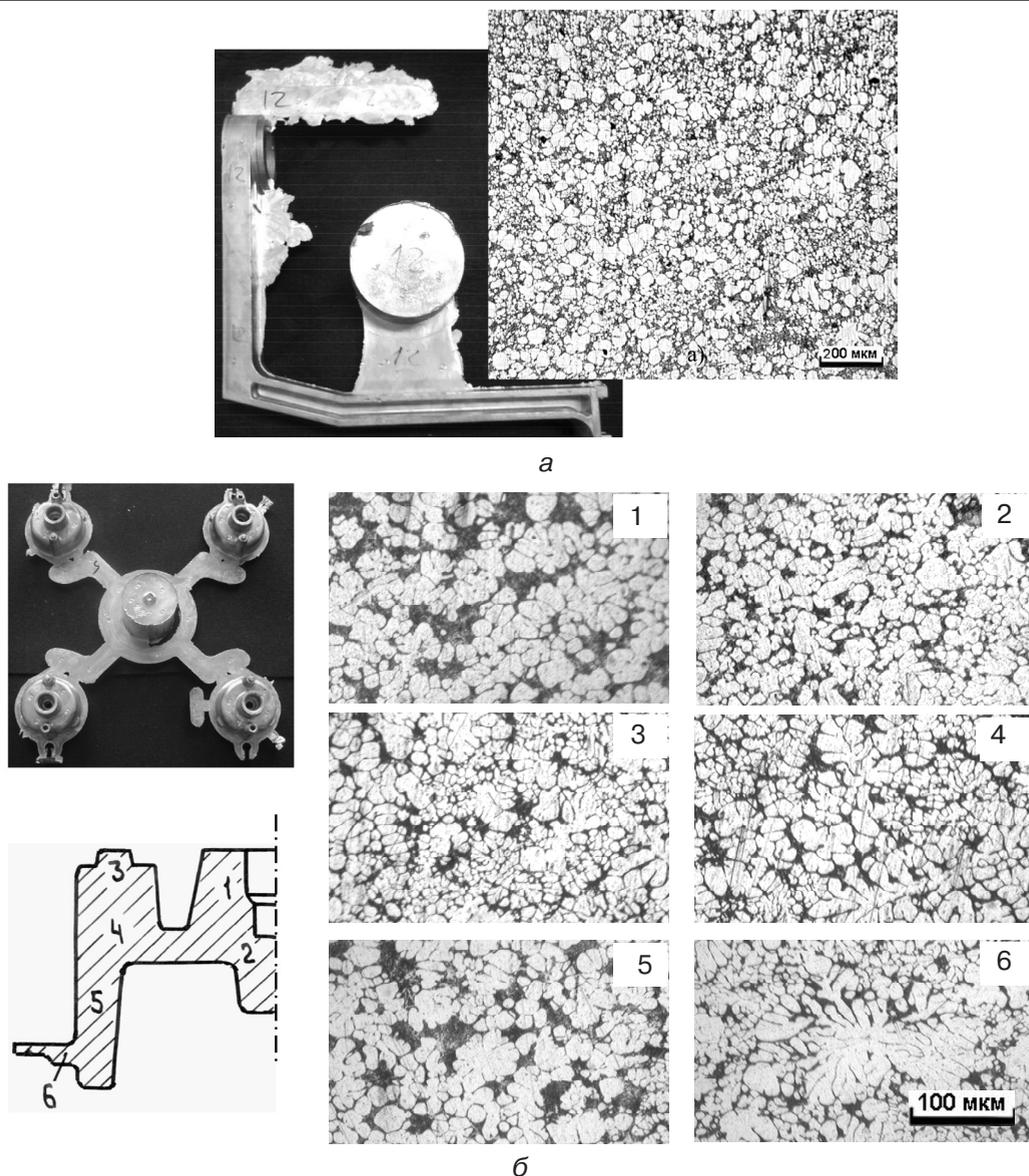


Рис. 2. Фото и микроструктура алюминиевых отливок «кронштейн» массой 0,87 кг (а) и корпус газовой горелки массой 0,05 кг (б), полученных по новой технологии на машинах литья под давлением мод. 711A09 и 711A08 соответственно

может быть повышена на 15-20 % при одновременном снижении расхода смазки на 20-25 %;

– использование частично затвердевших сплавов приводит к уменьшению усадки отливок, что в свою очередь способствует повышению точности их изготовления и снижению литейных уклонов.



### Список литературы

1. Флеминг М., Мехрабион Р. Литье полутвердого металла // 40-й Международный конгресс литейщиков. – М.: НИИМаш, 1975. – Ч. 1. – С. 36-45.

2. Зуев А. Б. К истории процесса литья в твердожидком состоянии // Литейн. пр-во. – 2003. – № 4. – С. 20-22.
3. Пат. 85981 Украина, С2. Спосіб тиксолиття виливка / В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, В. М. Дука. – Опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5.
4. Добаткин В. И., Эскин Г. И. Закономерности модифицирования и недендритной кристаллизации легких сплавов // Процессы литья. – 1992. – № 1. – С. 31-32.
5. Kaufmann H., Fragner W., Uggowitz P. Influence of Variations in Alloy Composition on Castability and Process Stability. Semi-solid Casting Processes // International Journal of Cast Metals Research. – 2005. – Vol. 18, № 5. – P. 279-283.
6. Гидро моделирование процесса виброциркуляционной обработки алюминиевых сплавов и ее влияние на структуру и свойства отливок / В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, Н. П. Исачева и др. // Процессы литья. – 2004. – № 1. – С. 30-33.
7. Смульский А. А., Семенченко А. И., Елов С. М. Термический анализ алюминиевых сплавов // Процессы литья. – 2002. – № 1. – С. 10-16.

Поступила 18.04.2011

УДК 621.74.047

**Е. И. Марукович, В. Ф. Бевза, В. П. Груша**

Институт технологии металлов НАН Беларуси, Могилев

### **НАМОРАЖИВАНИЕ – НОВЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЛИТЬЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ЗАГОТОВОК**

*Представлены преимущества нового метода производства полых заготовок из чугуна. Рассмотрены тепловое состояние кристаллизатора при циклических температурных воздействиях на его внутреннюю поверхность, затвердевание отливки и структурообразование чугуна в условиях интенсивного одностороннего теплоотвода. Приведены сравнительные данные по свойствам и эксплуатационным характеристикам деталей, полученных различными способами литья, а также техническая характеристика литейного оборудования.*

**Ключевые слова:** чугун, кристаллизатор, направленное затвердевание (намораживание), отливка, тепловой поток, свойства.

*Подана перевага нового методу виробництва порожнистих заготовок з чавуну. Розглянуто тепловий стан кристалізатора при циклічних температурних діях на його внутрішню поверхню, твердіння виливки та структуроутворення чавуну в умовах інтенсивного одностороннього тепловідводу. Наведено порівняльні дані по властивостям та експлуатаційним характеристикам деталей, які отримані різними способами лиття, а також технічні характеристики ливарного обладнання.*

**Ключові слова:** чавун, кристалізатор, спрямоване затвердіння (наморожування), виливка, тепловий потік, властивості.

*Advantages of new method of manufacture of hollow billets of cast iron are presented. Thermal condition of crystallizer at iterative temperature influences on its internal surface, solidification of casting and structurization of cast iron in the conditions of intensive unilateral heat sink are examined. Comparative data on properties and operational characteristics of the details obtained by various methods of casting are shown. The technical characteristic of foundry equipment is presented.*

**Keywords:** cast iron, crystallizer, directional solidification (freezing-up), casting, heat current, properties.