
НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ

УДК 621.74:669.715

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

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ЛИТЬЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ В ФОРМУ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ

Исследована возможность изготовления алюминиевых цилиндрических заготовок диаметром 25x120 мм из сплава АК7 в металлическую форму толщиной 300 мкм из алюминиевой фольги путем закалки на воду из жидкого состояния охлаждением, душированием, либо в атмосферных условиях. Получена дендритная, глобулярная, либо смешанная микроструктура заготовок в зависимости от условий охлаждения. Приведены кривые охлаждения расплава в форме, микроструктура, уровень физико-механических свойств, схемы получения заготовок.

Ключевые слова: алюминиевый сплав АК7, литейная форма из фольги, схемы получения заготовок, кинетика затвердевания, микроструктура, физико-механические свойства.

Досліджена можливість виготовлення алюмінієвих заготовок діаметром 25x120 мм з сплаву АК7 в металеву форму товщиною 300 мкм із алюмінієвої фольги шляхом гартування у воді з рідкого стану, охолодженням під водяним душем, або охолодженням в атмосферних умовах. Одержана дендритна, глобулярна або змішана микроструктура заготовок в залежності від умов охолодження. Наведені криві охолодження розплаву в формі, микроструктура, рівень фізико-механічних властивостей, схеми одержання заготовок.

Ключові слова: алюмінієвий сплав АК7, ливарна форма з фольги, схеми одержання заготовок, кінетика тверднення, микроструктура, фізико-механічні властивості заготовок.

Possibility of production of aluminium cylindrical cast billets in diameter 25x120 mm from alloy AK7 in the metal mould by thickness 300 μm from an aluminium foil by water quenching from a liquid state, shower cooling or in atmospheric conditions is explored. Depending on conditions of cooling dendritic, globular and mixed microscopic structure of cast billets was obtained. Cooling curves of melt in mould, microscopic structure, level of physical-mechanical properties, diagrams of production of cast billets are shown.

Keywords: aluminium alloy AK7, a metal foil mould, diagrams of production of cast billets, solidification kinetics, a microscopic structure, physical-mechanical properties.

Технический прогресс в литейном производстве невозможен без создания новых, более совершенных способов литья, гарантирующих высокое качество

Новые методы и прогрессивные технологии литья

отливок, их размерную точность, чистоту поверхности, высокие потребительские свойства. При этом они должны обладать высокой мобильностью при низкой себестоимости литья.

Этим требованиям в полной мере отвечает разработанный в Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины оригинальный способ литья заготовок из цветных металлов и сплавов «сегодня на сегодня» [1], особенность которого в том, что расплав заливают в тонкостенную металлическую форму из фольги с возможностью (в зависимости от технических требований) ее охлаждения с различной степенью интенсивности, в том числе закалкой на воду из жидкого состояния.

Новый способ литья не требует капитальных затрат на оснастку и оборудование.

В литейной форме, которая может быть изготовлена в течение нескольких минут, отсутствуют литейные уклоны, что повышает размерную точность цилиндрических, прямоугольных, либо полых заготовок, а также определенной номенклатуры отливок.

Исследования [2, 3] возможностей нового способа литья проводили с использованием алюминиевой фольги в процессе изготовления цилиндрических заготовок диаметром 15, 25, 35x120 мм, прямоугольных 40x40x120 мм и полых заготовок с толщиной стенки 8 мм из алюминиевого сплава АК7.

На рис. 1 приведены схемы получения цельнолитых и полых заготовок в форму из фольги в зависимости от способа охлаждения формы.

Как видно из рис. 1, а, б, благодаря водонепроницаемости фольги и ее низкому тепловому сопротивлению, возможно получение заготовок путем закалки из жидкого состояния.

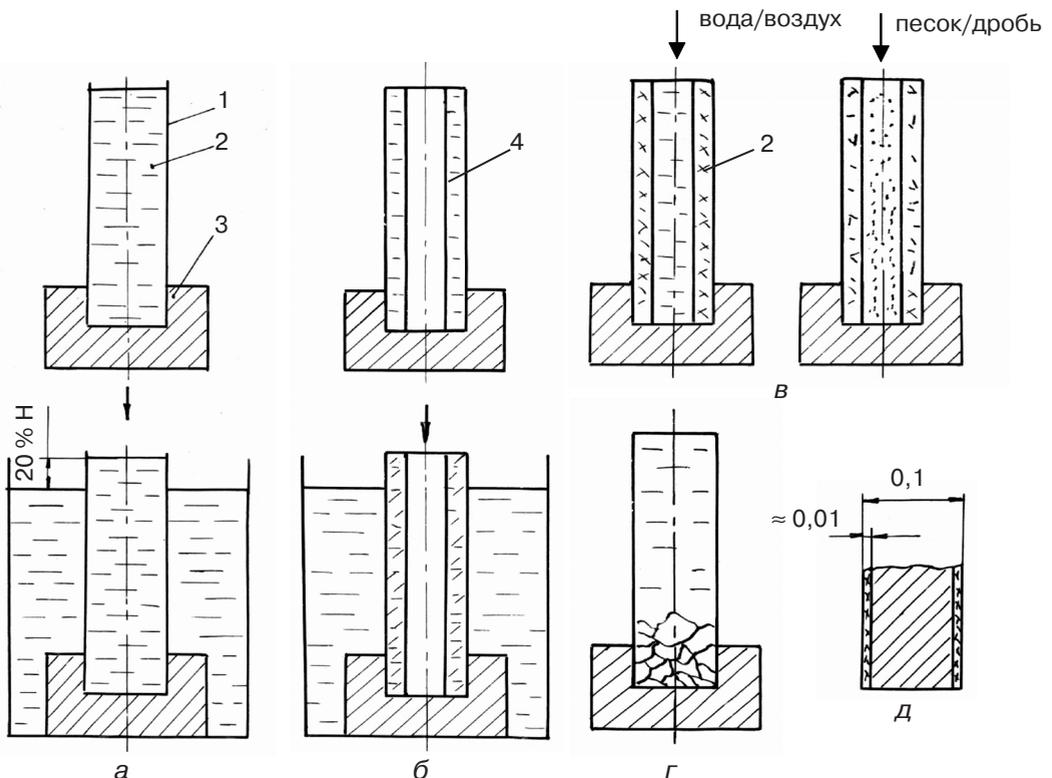


Рис. 1. Схемы получения полых и цельнолитых заготовок в формах из металлической фольги: 1 – литейная форма, 2 – расплав, 3 – обжим, 4 – стержень из фольги; а – цилиндр, закалка на воду из жидкого состояния, б – получение полых заготовок закалкой из жидкого состояния, в – дополнительное охлаждение полости стержня (воздушное, водяное, с наполнителем) из фольги, г – затвердевание на воздухе, д – элемент алюминиевой фольги-формы

Новые методы и прогрессивные технологии литья

Для улучшения качества заготовок обеспечивали направленное их затвердевание как за счет скорости погружения в охлаждающую жидкость, так и прибыли, образованной неохлаждаемым участком формы (~20 % высоты).

Для получения недендритной структуры использовали более мягкое охлаждение поверхности формы путем ее охлаждения на воздухе (рис. 1, г).

При изготовлении полых отливок в форме из фольги (для повышения их свойств) необходимо осуществлять интенсивное охлаждение водой как полого стержня, так и формы (рис. 1, б, в).

В качестве примера на рис. 2 приведены кривые охлаждения цилиндрических заготовок диаметром 25х120 мм, полученных закалкой из жидкого состояния и охлаждением на воздухе.

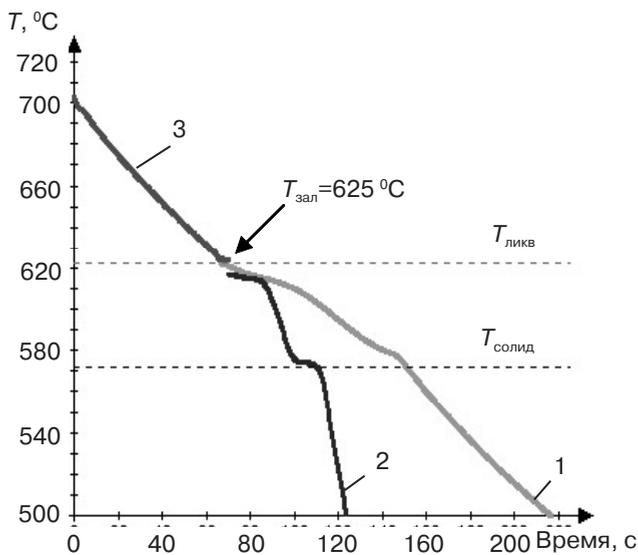


Рис. 2. Кривые охлаждения цилиндрических заготовок $\varnothing 26$ мм из сплава АК7 в форме из трехслойной алюминиевой фольги ($\delta = 300$ мкм): 1 – охлаждение на воздухе; 2 – закалка на воду; 3 – охлаждение расплава в ковше до заливки

При температуре заливки 625 °С алюминиевого сплава АК7 в форму из фольги и охлаждении отливки на воздухе общее время ее затвердевания составило 83 с, эвтектики – 15 с. Процесс затвердевания интенсифицируется при закалке расплава из жидкого состояния путем погружения формы с расплавом в воду. Общее время затвердевания цилиндрической заготовки уменьшилось до 43 с, то есть в 1,9 раза. Время кристаллизации алюминиевого α -твердого раствора составило 32 с, эвтектической кристаллизации – 11 с. Средние скорости охлаждения заготовок в интервале выделения первичных кристаллов алюминиевого α -твердого раствора составили для закаленных заготовок из жидкого состояния 1,32 °С/с, для охлажденных на воздухе – 0,57 °С/с.

Таким образом, закалка из жидкого состояния увеличивает в 2,3 раза интервальную скорость затвердевания заготовки.

На рис. 3, а приведены цилиндрические заготовки из сплава АК7, полученные в форму из фольги путем закалки на воду из жидкого состояния. Следует отметить довольно высокий уровень чистоты поверхности заготовок, практически отсутствуют усадочные раковины.

Пример микроструктуры литых цилиндрических образцов приведен на рис. 3, б-ж.

При закалке на воду из жидкого состояния ($T_{зал} = 650-670$ °С) микроструктура

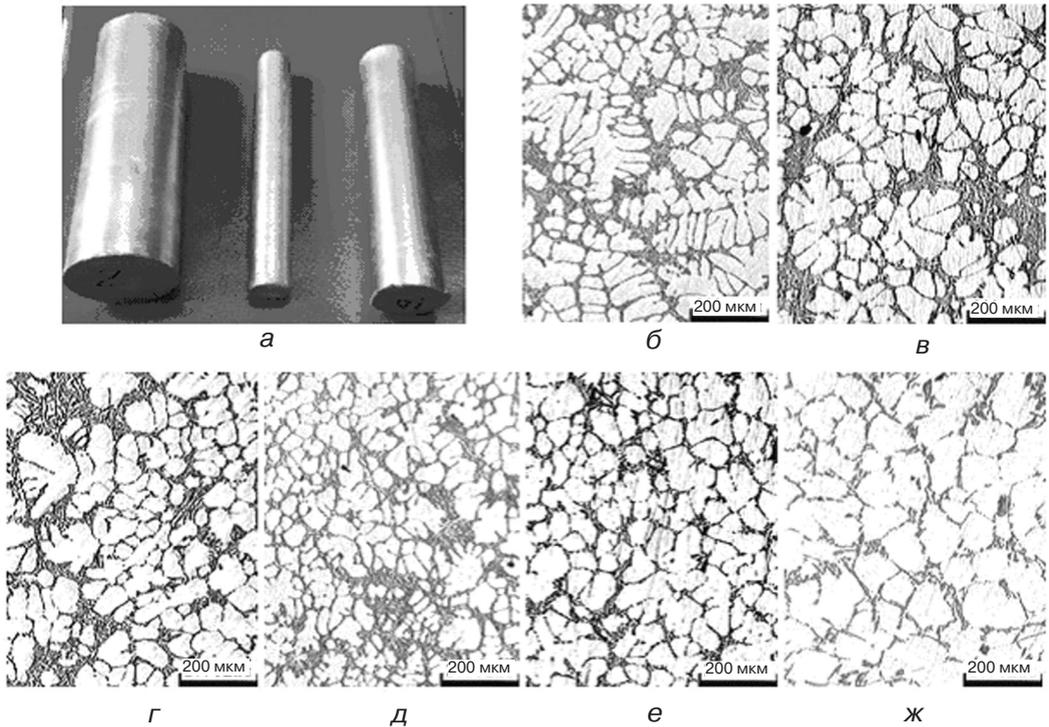


Рис. 3. Цилиндрические заготовки \varnothing 15, 25, 35x120 мм (а) и пример литой микроструктуры (б-ж) сплава АК7 из образцов, полученных литьем в форму из фольги: а – литые образцы; б – закалка на воду из жидкого состояния, $T_{\text{зал}} = 640^\circ\text{C}$; в – закалка на воду из жидкого состояния, $T_{\text{зал}} = 625^\circ\text{C}$; г – душирование, $T_{\text{зал}} = 630^\circ\text{C}$; д – душирование, $T_{\text{зал}} = 625^\circ\text{C}$; е – охлаждение на воздухе, $T_{\text{зал}} = 630^\circ\text{C}$, с дополнительным охлаждением в воде от 580°C ; ж – охлаждение на воздухе, $T_{\text{зал}} = 625^\circ\text{C}$; б, д, ж – \varnothing 15x120 мм; в, г, е – \varnothing 25x120 мм

характеризуется выраженной дендритной формой первичных кристаллов алюминиевого α -твердого раствора, рис. 3, б. Формируются дендритные кристаллы с дендритным параметром 33-38 мкм и размерами 1-2 мм. Эвтектический кремний вследствие ускоренной кристаллизации при закалке из жидкого состояния имеет относительно дисперсную морфологию. Длина сечений частиц кремния составляет 30-45 мкм, а ширина – 1,4-1,8 мкм.

При низкой температуре заливки (620-630 °C) и последующей закалке на воду зерна первичных кристаллов приобретают дендритно-розеточную морфологию (рис. 3, в), их размер при этом снижается до 0,5-0,8 мм.

Охлаждение образцов душированием водой позволяет регулировать дисперсность ветвей дендритно-розеточных первичных кристаллов алюминиевого α -твердого раствора, рис. 3, г, д. Но при таком способе охлаждения необходим жесткий контроль за равномерностью процесса душирования поверхности формы заготовки во избежание изменения ее геометрии, неоднородности размеров микроструктурных элементов и плотности металла по сечению отливки.

При охлаждении на воздухе (при $T_{\text{зал}} = 620-630^\circ\text{C}$) возможно получение как розеточной, так и приближенной к глобулярной морфологии первичных кристаллов алюминиевого α -твердого раствора, рис. 3, е, ж. Размер кристаллов можно регулировать от 0,1 до 0,5 мм. При таком охлаждении обычно наблюдается формирование вырожденной эвтектики с рассредоточенным пластинчатым кремнием между первичными кристаллами α -фазы, что можно устранять применением дополнительного охлаждения заготовок после частичной кристаллизации металла (585-575 °C).

Плотность литых образцов, которую определяли методом гидростатического

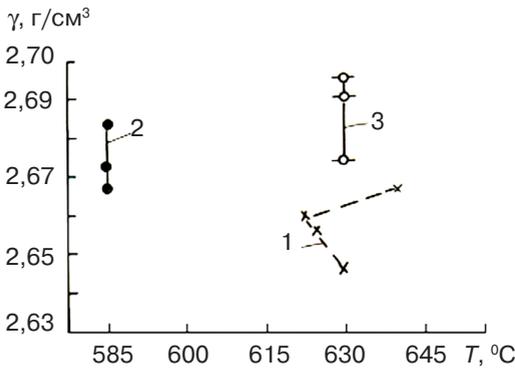


Рис. 4. Влияние температуры заливки расплава на плотность литых образцов Ø 25x120 мм, полученных в форме из алюминиевой фольги ($\delta = 300$ мкм): 1 – исходный, охлаждение на воздухе; 2 – закалка на воду из двухфазного состояния; 3 – закалка на воду из жидкого состояния

готовленных из центральной части заготовок, различного диаметра составил 130-150 МПа при относительном удлинении 3,5-4,0 %, а после термообработки по режиму Т6 – 180-190 МПа.

Таким образом, используя подручные материалы из металлической фольги, можно оперативно и дешево изготавливать заготовки из цветных металлов и сплавов: алюминиевых, цинковых, свинцовых, оловянистых, латуней и других в условиях единичного либо серийного производства.

Преимущества нового способа литья «сегодня на сегодня»:

- Позволяет охлаждать тонкостенные формы с расплавом с заданной интенсивностью, в том числе закалкой на воду из жидкого состояния при одновременном обеспечении направленного затвердевания, и за счет этих факторов получать высокоплотные заготовки.
- Регулировать форму и размер структурных составляющих, в том числе получать заготовки с глобулярной структурой для использования в прогрессивных процессах тиксолитья.
- Отсутствие литейных уклонов в формах из фольги способствует повышению размерной точности заготовок при хорошей чистоте поверхности, поскольку поверхность фольги защищена прочным, плотным, естественным покрытием из оксида алюминия, инертного к расплаву в исследуемом диапазоне температур.
- Обладает высокой приспособляемостью к условиям единичного и серийного производств, не требует капитальных затрат на оснастку и оборудование.



Список литературы

1. Пат. UA94861C2. Спосіб лиття заготовок / В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, А. Г. Вернидуб, В. М. Дука. – Оpubл. 2011, Бюл. № 9.
2. Головаченко В. П., Борисов Г. П., Дука В. М., Вернидуб А. Г. Новый способ литья заготовок из цветных сплавов: Тез. докл. // Литье 2011. (Запорожье, 17-21 мая). – 2011. – Т. 1. – С. 58-59.
3. Головаченко В.П., Дука В.М., Вернидуб А.Г. О новом способе литья заготовок из цветных металлов и сплавов в формы из фольги: Тез. докл. // Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и экология. (Киев, 12-14 декабря, 2011 г.). – 2011. – Т. 1. – С. 74-75.

Поступила 22.12.2011