

## Ф. М. Котлярский

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

### УПРОЩЕНИЕ АВТОНОМНОГО ПИТАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА (проект)

*Предложен проект простого, дешевого, удобного в использовании устройства на примере обогреваемого чугунного цилиндра с U-образным каналом, позволяющего исключить непроизводительный расход жидкого металла на прибыли при получении из алюминиевых сплавов плотных отливок различного размера.*

**Ключевые слова:** *алюминиевые сплавы, гравитационное литье, малоотходность, автономное питание снизу, металлостатический напор.*

*Запропоново проект простого, дешевого, зручного в використанні пристрою на прикладі чавунного циліндра, що обігривається, з U-подібним каналом, який дозволяє виключити непродуктивні витрати рідкого металу на (надливи) при отриманні з алюмінієвих сплавів щільних виливків різного розміру.*

**Ключові слова:** *алюмінієві сплави, гравітаційне лиття, маловідходність, автономне живлення знизу, металостатичний натиск.*

*A project of a simple, low-cost, easy-to-use devices for example, the heated iron cylinder with a U-shaped channel, which eliminates wastage of the liquid metal in the preparation of solid aluminum alloy castings of various sizes is proposed.*

**Keywords:** *aluminum alloys, gravity casting, low-waste, autonomous power supply from the bottom, metallostatic head.*

С целью реализации малоотходного кокильного литья алюминиевых сплавов в работе [1] предложено сохранить гравитационное заполнение формы расплавом, а питание затвердевающей отливки осуществлять под низким газовым давлением (рис. 1). Поскольку кокильный станок используется без особых конструктивных изменений, на схеме представлен только кокиль до (позиция 1) и после (позиция 2) преобразований, суть которых состоит в развороте отливки прибылью вниз и удалении прибыли. Нижней поверхностью кокиль стыкуется с малогабаритным устройством для питания под низким газовым давлением, включающем корпус (3) с отъемным основанием (6), воздухопровод (4), заполненный огнеупорной ватой, и обогревательную печь (5). При потребности вертикальных перемещений устройство устанавливается на пневмоцилиндр (7).

Недостатком такой конструкции является необходимость герметизации устройства и наличие системы регулируемого газового давления. Для устранения этих недостатков предлагается заменить газовое давление металлостатическим напором, создаваемым более тяжелым расплавом, например свинцом (рис. 2). Новое питающее устройство (ПУ) представляет собой U-образный металлопровод (5), (8), выполненный в чугунном цилиндре (6), обогреваемом печью (7) до требуемой температуры.

Перед стыковкой формы (3) с ПУ в металлопровод заливается жидкий свинец (уровни 1-1). Затем левая ветвь металлопровода заполняется рабочим алюминиевым сплавом (АС). При этом свинец устанавливается на уровнях 2-2. Форма (3) стыкуется с ПУ, и через литник (1) в полость формы заливается АС. В конце заполнения полости формы (2) свинец устанавливается на уровнях 3-3, а после заполнения литника – на уровнях 4-4. Узкий литник вскоре перемерзает.

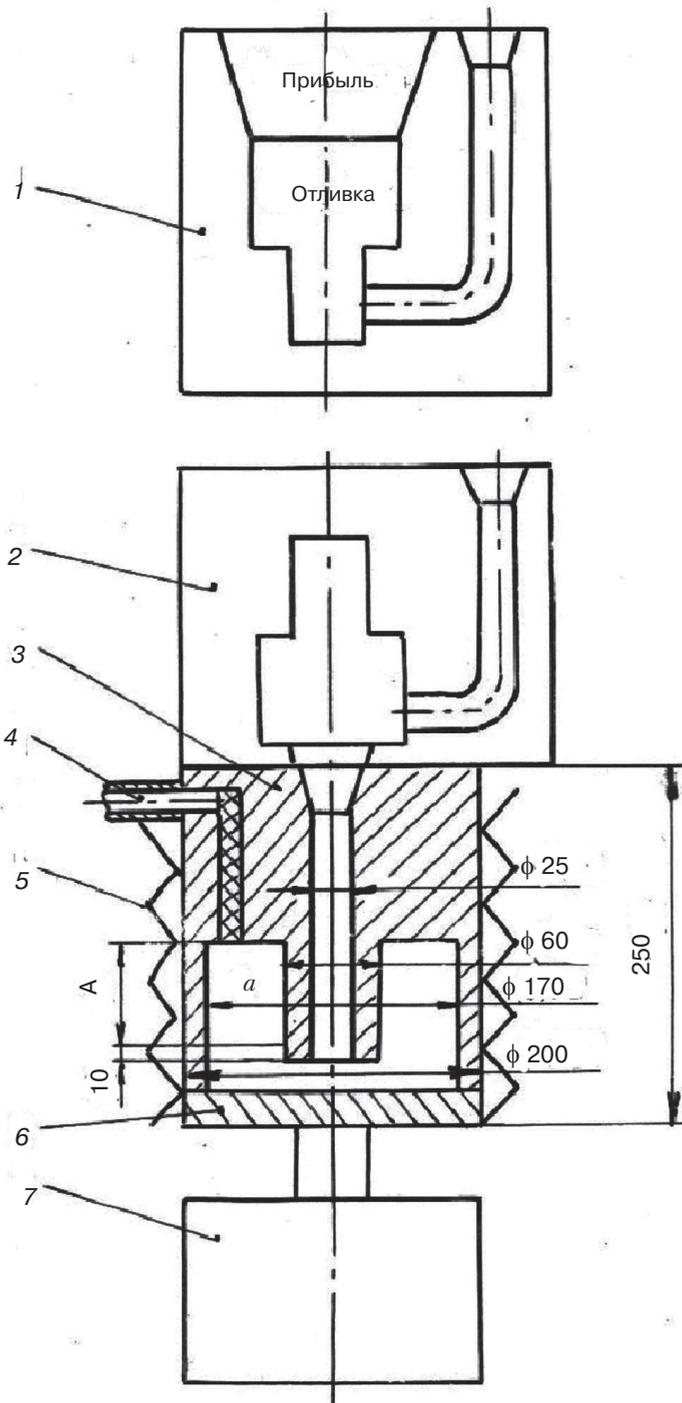


Рис. 1. Технологическая схема кокильного литья с автономным питанием затвердевающей отливки под низким газовым давлением: 1 – исходный кокиль; 2 – преобразованный кокиль; 3 – корпус питающего устройства; 4 – воздухопровод, заполненный огнеупорной ватой; 5 – обогревательная печь; 6 – днище питающего устройства; 7 – пневмоцилиндр

Поскольку рассматриваемая технология предназначена, в основном, для получения из рафинированных АС плотных бесприбыльных отливок с направленностью затвердевания в сторону ПУ, на их питание при затвердевании из левой ветви

## Новые методы и прогрессивные технологии литья

металлопровода (5) под действием металлостатического напора свинца перейдет объем расплава, равный произведению объема отливки на коэффициент усадки, с соответствующим уменьшением свинцового напора.

Как показал опыт получения отливок из АС РАСЛИТ-процессом, в рассматриваемых условиях для обеспечения питания достаточно величина избыточного (по отношению к верхней точке отливки) металлостатического напора порядка 5-10 см [2, с. 13], то есть примерно таким должно быть превышение литника над отливкой Нл (рис. 2). В пересчете на свинец этот напор будет примерно в 4 раза меньшим.

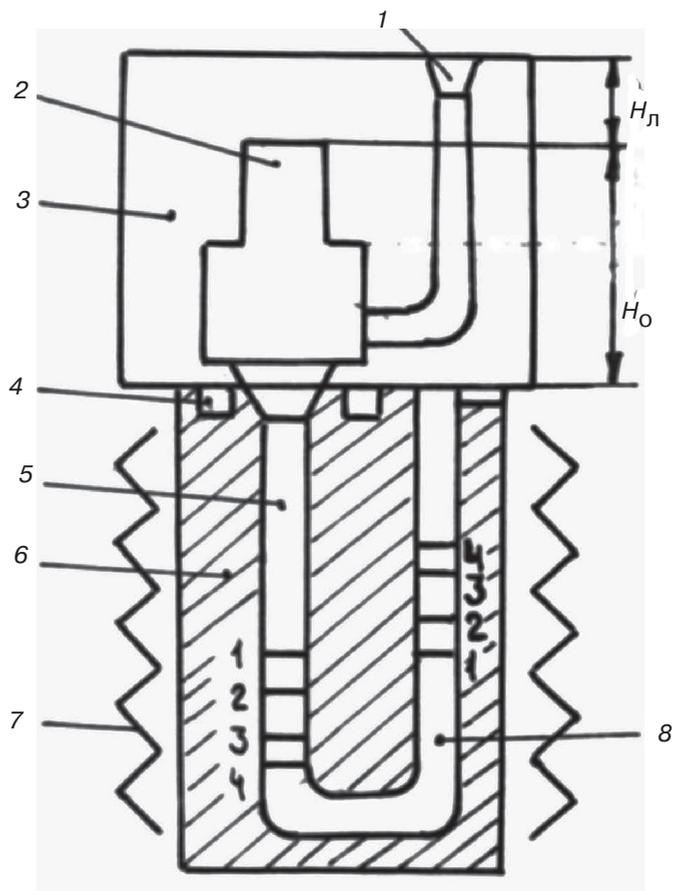


Рис. 2. Технологическая схема гравитационного литья с использованием упрощенного автономного питающего устройства: 1 – литник; 2 – полость формы; 3 – форма; 4 – кольцевая проточка; 5 – левая ветвь металлопровода; 6 – корпус питающего устройства; 7 – обогривательная печь; 8 – правая ветвь металлопровода

В момент раскрытия формы и извлечения отливки возможны три ситуации: 1 – уровень АС в левой ветви металлопровода (5) на 2-3 см ниже верхнего среза – это удовлетворительный результат; 2 – уровень АС опустился значительно ниже, что может отразиться на нежелательном образовании окисных плен. Поднять его можно за счет увеличения Нл (нарастить литник) и соответственного увеличения начального напора свинца после окончания заливки, а также увеличением диаметра металлопровода; 3 – АС выплеснулся наружу – это самая неприятная ситуация. Чтобы не произошло аварии, для сбора выплеснувшегося расплава имеется кольцевая

проточка (4). Устранить эту ситуацию можно путем уменьшения Нл (недолив литника), а также уменьшением диаметра металлопровода.

Оптимизировать конструктивно-технологические параметры целесообразно вначале расчетным путем: главным ориентиром должно быть обеспечение уровней 2-2 (рис. 2) перед раскрытием формы и извлечением отливки, а окончательную доводку – экспериментально. При желании получать на одном ПУ отливки разной массы и высоты, управлять сечением металлопровода можно путем опускания в правую ветвь чугунных стержней.

В процессе циклических заливок доливать АС в металлопровод нет необходимости, это будет происходить автоматически в процессе заливки формы.

Размеры отливок, соответствующие выше отмеченным принципам, теоретически могут быть любыми. Выход годного близок к 100 %.

В технологическом плане следует отметить, что при опускании уровня расплава АС в металлопроводе ниже поверхности кристаллизации отливки (литникового остатка) процесс питания прекратится не сразу. Некоторое время будет работать известный по методу А. В. Степанова [3] капиллярный эффект, определяющий наличие столба жидкости, который образуется за вытягиваемым из расплава кристаллизуемым предметом. Этот эффект наблюдали и в работе [4, с.100].

Использование свинца не должно вызывать особых сомнений. По объему производства и потребления он занимает четвертое место среди цветных металлов после алюминия, меди и цинка: аккумуляторы, электрокабеля, добавки к бензину, защита от радиоактивного излучения, приготовление бронз, латуней, баббитов, припоев, типографских литер и др. [5]. Благоприятной для рассматриваемой технологии особенностью свинца является то, что он практически не растворяет железо. Это позволяет вести металлургические операции даже при высоких температурах в аппаратуре, изготовленной из чугуна [5, 6].

Что касается взаимодействия с чугуном жидких алюминиевых сплавов, то этот вопрос широко освещен в работах по литью под низким давлением. Опыт показывает, что наиболее часто используемые обычные чугуны подвергаются коррозии, даже защитные покрытия не достигают цели [7, 8]. Для повышения стойкости рекомендуется жаропрочный чугун, содержащий (в %): углерода 3,3-3,5; кремния 2,0-2,5; хрома 2,5-3,5; алюминия 4,5-5,5; фосфора до 0,3; серы до 0,1 [9].

Стойкость тиглей при литье алюминия и его сплавов, отлитых из обычного серого чугуна, в зависимости от условий эксплуатации, составляет 6-35 дней. Примерно в 3 раза большую стойкость имеют тигли из чугуна, легированного 5-7 % алюминия и 1,5-3 % хрома. Почти такую же стойкость имеет чугун, легированный только 5-7 % алюминия, который может быть легко получен в любом литейном цехе [10].

Взаимоотношения между алюминием и свинцом нейтральные. Судя по диаграмме состояния [11], эта система характеризуется широкой областью несмачиваемости в жидком состоянии и отсутствием соединений между алюминием и свинцом. Алюминий практически не растворим в твердом свинце, а растворимость свинца в алюминии при монотектической температуре (~658,5 °С) не превышает 0,025 % (ат).

При получении крупногабаритной в плане отливки с разнесенными металлоемкими узлами представляется возможным одновременное использование нескольких питающих устройств.

Целесообразно опробовать вариант устройства, представленного на рис. 3: в чугунный тигель (1) со свинцом опущен чугунный или фторфлогопитовый металлопровод (2). Этот вариант проще в изготовлении, но может оказаться недостаточным нагрев металлопровода в зоне стыковки с формой.

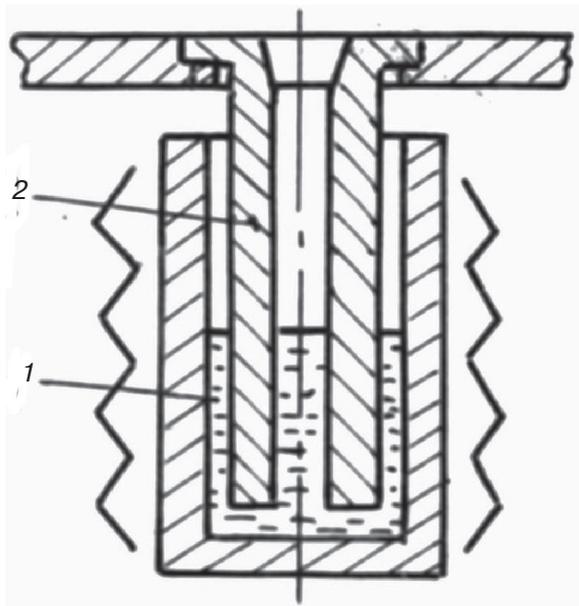


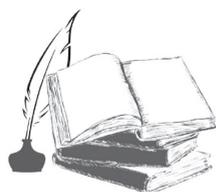
Рис. 3. Дополнительный вариант упрощенного автономного питающего устройства: 1 – тигель со свинцом; 2 – металлопровод

Реализация питающего устройства сводится к нагреву его до нужной температуры и заправке свинцом перед началом работы. В последующих циклах участие ПУ в процессе питания отливки будет происходить автоматически.

Отсутствие избыточного газового давления позволяет изготавливать питающее устройство или его отдельные элементы из пористых огнеупорных материалов, например графитошамота.

### Заключение

Предложено простое, дешевое, удобное в использовании устройство на примере обогреваемого чугунного цилиндра с U-образным каналом, позволяющее исключить непроизводительный расход жидкого металла на прибыли при получении из алюминиевых сплавов плотных отливок различного размера.



### Список литературы

1. Котлярский Ф. М. Малоотходное кокильное литье // Процессы литья. – 2012. – № 1. – С.21-24.
2. Котлярский Ф. М., Борисов Г. П. Малоотходное литье алюминиевых сплавов. – К.: ФТИМС НАН Украины. – 2007. – 160 с.
3. Степанов А. В. Выращивание монокристаллов определенной формы // Проблемы современной кристаллографии. – М.: Наука, 1975. – С. 66-79.
4. Котлярский Ф. М. Формирование отливок из алюминиевых сплавов. – К.: Наукова думка, 1990. – 216 с.
5. Зайцев В.Я., Маргулис Е. В. Metallургия свинца и цинка. – М.: Metallургия, 1985. – 263 с.
6. Смирнов М. П. Рафинирование свинца и переработка полупродуктов. – М.: Metallургия, 1977. – 280 с.
7. Беделъ В. К. Что препятствует широкому промышленному применению литья под низким давлением? // Литейное производство. – 1987. – №12. – С.16-19.

8. *Брадваров А.* Литниковые трубы для алюминиевых сплавов // Новое в литье с противодавлением. – София: БАН, 1975. – С.154-158.
9. *Борисов Г. П., Шнитко В. К., Беленький Д. М., Котлярский Ф. М.* Литье под регулируемым перепадом газового давления // Специальные способы литья: Справочник. – М.: Машиностроение, 1991. – С.296-328.
10. *Славов Рашко, Ботон Маркос.* Чугуни за тигли при лее на алюминий и алюминиеви сплави. – «Машиностроение», 1973. – вып. 22, № 2. – С. 78-79. (болг.).
11. *Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник.* В 3 т: т.1. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.



## References

1. *Kotlyarskyi F. M.* (2012) Malootkhodnoe kokilnoe lite [*Low-chill casting*]. Protsessy litya, no. 1, pp. 21-24. [in Russian].
2. *Kotlyarskyi F. M., Borisov G. P.* (2007) Malootkhodnoe lite alyuminievykh splavov [*Low-casting of aluminum alloys*]. K.: FTIMS NAN Ukrainy, 160 p. [in Russian].
3. *Stepanov A. V.* (1975) Vyrashchivanie monokristallov opredelennoy formy [*Single-crystal growth of some form*]. Problemy sovremennoy kristallografii. Moscow: Nauka, pp. 66-79. [in Russian].
4. *Kotlyarskyi F. M.* (1990) Formirovanie otlivok iz alyuminievykh splavov [*Formation of casts from aluminum alloys*]. K.: Naukova dumka, 216 p. [in Russian].
5. *Zaytsev V. Ya., Margulis Ye. V.* (1985) Metallurgiya svintsa i tsinka [*Metallurgy of the lead and zinc*]. Moscow: Metallurgiya, 263 p. [in Russian].
6. *Smirnov M. P.* (1977) Rafinirovanie svintsa i pererabotka poluproduktov [*Lead refining and intermediates processing*]. Moscow: Metallurgiya, 280 p. [in Russian].
7. *Bedel V. K.* (1987) Chto prepyatstvuet shirokomu promyshlennomu primeneniyu litya pod nizkim davleniem? [*What prevents the widespread industrial use low-pressure casting?*]. Liteynoye proizvodstvo, no. 12, pp. 16-19. [in Russian].
8. *Bradvarov A.* (1975) Litnikovye truby dlya alyuminievykh splavov [*Pouring tube for aluminum alloys*]. Novoe v lite s protivodavleniem. Sofiya: BAN, pp. 154-158. [in Russian].
9. *Borisov G. P., Shnitko V. K., Belenkiy D. M., Kotlyarskyi F. M.* (1991) Lite pod reguliruемым перепадом газового давления [*Moulding under adjustable gas pressure drop*]. Spetsialnye sposoby litya: Spravochnik. Moscow: Mashinostroenie, pp. 296-328. [in Russian].
10. *Slavov Rashko, Boton Markos* (1973) Chuguni za tigly pri leene na aluminiy i aluminievi splavi [*Iron crucibles for casting of aluminum and aluminum alloys*]. Moscow: Mashinostroenie, no. 22, pp. 78-79. [in Bulgarian].
11. *Diagrammy sostoyaniya dvoynykh metallicheskiykh sistem: Spravochnik* (1996) [*Diagrams of binary metallic systems: Directory*]. V 3 t.: t.1. Moscow: Mashinostroenie, 992 p. [in Russian].

Поступила 09.02.2017