

---

# ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ

УДК 621.74.043+519.876.5

**А. Р. Абдулов, О. В. Приходько, А. В. Лапченко,  
А. К. Душеба**

Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ «ПЛАШКА»

*Разработана технология изготовления отливки «Плашка» массой 0,08 кг из сплава АК9 методом литья под давлением. Было выбрано положение отливки в пресс-форме, тип литниково-питающей системы и рассчитаны основные конструктивные параметры. Для моделирования процессов получения отливки методом литья под давлением использовали программу LVMFlowCV "High-pressure Die-casting". Результаты моделирования демонстрируют качественное согласование с результатами полученными на производстве.*

**Ключевые слова:** отливка, литье под давлением, литниково-питающая система, моделирование, пресс-форма.

*Розроблено технологію виготовлення виливка «Плашка» масою 0,08 кг, який виготовляється з алюмінієвого сплаву АК9 методом лиття під тиском. Було обрано положення виливка у прес-формі, тип ливниково-живильної системи та розраховані її основні конструктивні параметри. Для моделювання процесів отримання виливка методом лиття під тиском використали програму LVMFlowCV "High-pressure Die-casting". Результати моделювання демонструють якісну згоду з результатами, які були отримані на виробництві.*

**Ключові слова:** виливок, виливання під тиском, ливниково-живильна система, моделювання, прес-форма.

*The technology of casting «Screw die» production by pressure die casting was developed in this paper. The position in the casting mold and the type of gating system was chosen, and their basic design parameters are calculated. The program LVMFlowCV "High-pressure Die-casting" was used to model processes of casting molding. The simulation results shows a qualitative agreement with the results obtained in manufacturing.*

**Keywords:** casting, pressure die casting, gating system, simulation, press-mold.

### Введение

Сущность метода литья под давлением (ЛПД) заключается в том, что в металлическую пресс-форму жидкий сплав подается с высокой скоростью под высоким давлением (20-100 МПа). Применение этого метода целесообразно при изготовлении сложных тонкостенных отливок преимущественно из цветных сплавов

массой от нескольких граммов до десятков килограммов в условиях крупносерийного производства. Преимуществами данного вида литья являются высокие производительность процесса и размерная точность готового изделия, низкая шероховатость поверхности, более плотная структура и отсутствие необходимости в значительных затратах на финишную обработку готовых изделий [1]. Для ЛПД используются машины с горизонтальной и вертикальной камерами прессования, процесс работы которых легко поддается автоматизации, что способствует их широкому внедрению.

Разработка технологии получения изделий методом ЛПД состоит из следующих этапов. В первую очередь определяется положение отливки в пресс-форме и выбирается плоскость ее разъема. Вместе с определением мест подвода расплава разрабатываются конструкции литниковой и вентиляционных систем, при необходимости назначаются припуски на механическую обработку, допуски и уклоны. Следующим шагом является проектирование конструкции пресс-формы. В виду высокой стоимости оснастки для изготовления литых деталей методом ЛПД, процессы разработки технологии и конструирования пресс-формы являются достаточно трудоемкими и, в тоже время, важными и ответственными этапами. Для проверки корректности и выявления недостатков разработанной технологии изготовления отливок могут быть использованы современные CAD/CAE-системы, позволяющие исследовать процессы заполнения пресс-формы металлом, кристаллизации и охлаждения отливок в пресс-форме [2].

Целью настоящей работы стало исследование возможностей CAD/CAE-систем при проектировании технологии получения отливок ЛПД.

### Разработка технологии изготовления отливки «Плашка»

В качестве объекта для исследования была выбрана деталь «Плашка» (рис. 1). Изделие применяется в болтовых натяжных зажимах крепежной арматуры линий электропередач. Для снижения магнитных потерь на зажимах плашки изготавливаются из алюминиевого сплава АК9. Провод вкладывается в корпус зажима и закрепляется болтами. Масса изделия 0,08 кг.

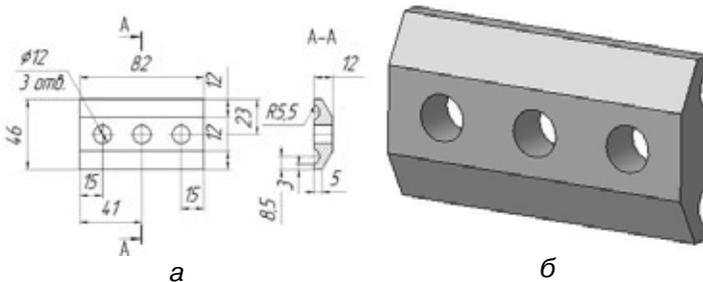


Рис. 1. Чертеж детали «Плашка» (а) и ее объемное изображение (б)

Учитывая конструкцию детали «Плашка», крупносерийный характер производства и требования, предъявляемые к данной детали в процессе эксплуатации, отливка может быть изготовлена методом ЛПД.

На начальном этапе разработки технологии изготовления отливки методом литья под давлением было выбрано положение отливки в пресс-форме. Оно выбиралось таким образом, чтобы после затвердевания жидкого металла и разъема пресс-формы отливка оставалась в ее подвижной части и извлекалась с помощью толкателей. Кроме этого, выбранное положение должно обеспечивать рациональный подвод металла в каналы литниковой системы и в рабочую полость. На конструкцию литниковой системы и способ подвода металла в пресс-форму оказывает влияние тип литейной машины. Для получения отливки «Плашка», к которой не предъявляются повышенные требования к механическим свойствам и в связи с отсутствием специфических условий работы готового изделия (высокое давление, повышенная

температура, морская вода и т. д.), можно остановиться на машинах с горизонтальной холодной камерой прессования. Важным преимуществом использования таких машин является сокращенный путь расплава в литниковой системе, что приводит к увеличению технологического выхода годного. Самым распространенным типом литниковой системы для получения отливок в машинах с горизонтальной камерой прессования является боковая литниковая система. В своей конструкции она предусматривает наличие коллектора, который подводит жидкий металл к отливкам. Кроме этого, в пресс-форме располагаются вентиляционные каналы, соединяющиеся с отливкой через промывник.

На рис. 2 показан чертеж детали с разработанными элементами литейной технологии с учетом специфики ЛПД.

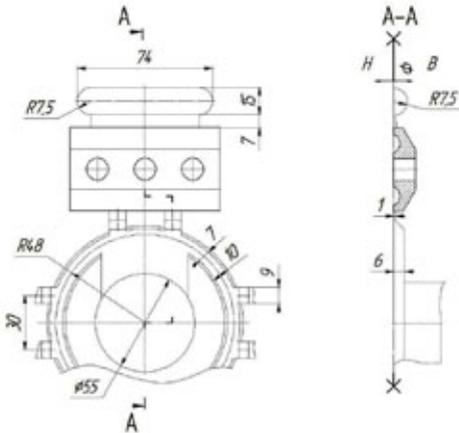


Рис. 2. Технология изготовления отливки «Плешка» методом ЛПД

### *Моделирование литейных процессов при получении отливки «Плешка»*

Для моделирования процессов заливки жидкого металла в литейную форму используются различные программные продукты, такие как Magmasoft, LVMFlowCV, Procast [3, 5], имеющие свои преимущества и недостатки. Данные программы позволяют оценить адекватность разработанной технологии, а также вносить необходимые изменения на этапе проектирования. Выше перечисленные программные продукты предусматривают возможности моделирования как процессов гравитационной, то есть свободной заливки жидкого металла в формы, так и процессов принудительной заливки жидкого металла – литье под низким и высоким давлением, центробежное литье, литье выжиманием и т. д.

Весь процесс моделирования состоял из нескольких этапов. На первом этапе было получено трехмерное изображение отливки с нанесенными элементами литниково-питающей системы. В настоящей работе для этих целей были использованы возможности программы КОМПАС 3D V.15. В дальнейшем, на построенной геометрической модели изделия была отработана литейная технология путем моделирования процесса заполнения формы жидким металлом в программе LVMFlowCV “High-pressure Die-casting” [4]. Программа состоит из нескольких модулей. В модуле «3D импорт» геометрическая модель будущей отливки с литниковой системой преобразовывалась во внутренний формат программы. В модуле “Начальные условия” создавалась разностная сетка в расчетной области и была задана толщина стенок пресс-форм. В этом же модуле задавались расположение литниковой точки, через которую будет наполняться камера прессования жидким металлом перед запрессовкой поршнем, и давление прессования. В данном процессе рабочее давление прессового поршня принималось равным 450 Бар [1]. Далее в модуле “Полная задача” были определены параметры заливки. Интерфейс окна “Параметры заливки”, где вводились технологические параметры процесса литья под давлением, представлен на рис. 3. После введения всех необходимых параметров был смоделирован процесс формирования отливки.

Результаты моделирования процесса формирования отливки в пресс-форме позволяют провести предварительный анализ разработанной технологии по целому ряду параметров и выявить возможные дефекты отливки, возникающие в процессе заливки, кристаллизации и охлаждения жидкого металла, такие как усадочные раковины, ликвации, напряжения и деформации. По результатам анализа можно сделать выводы о корректности разработанной технологии.

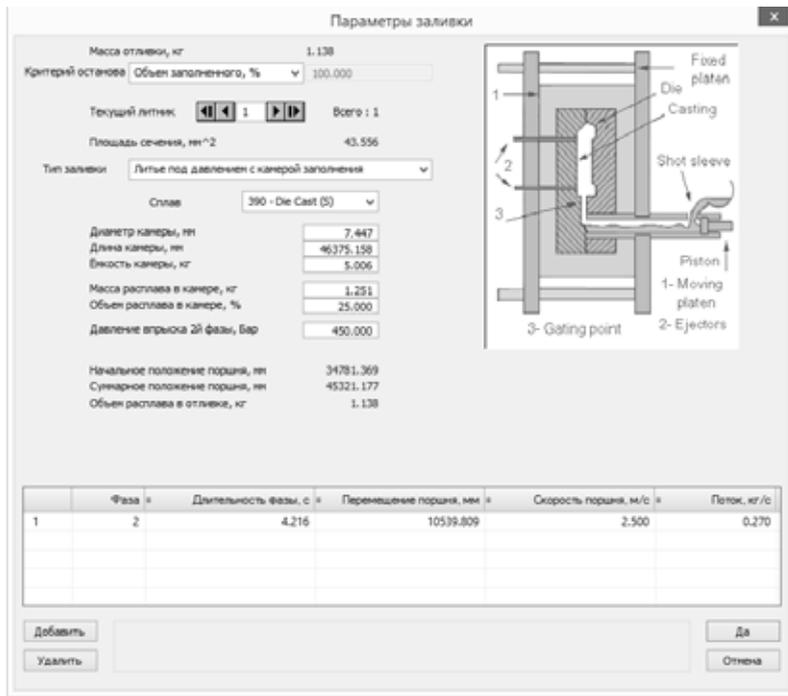


Рис. 3. Интерфейс рабочего окна "Параметры заливки"

Из рис. 4 видно, что дефекты усадочного и газового происхождения в отливке не наблюдаются [5], все отливки пролились и параметры процесса заливки металла в полость формы были заданы верно.

Для того, чтобы окончательно убедиться в правильности разработанной технологии и корректности результатов моделирования, необходимо их сравнить с результатами, полученными в реальном производстве.

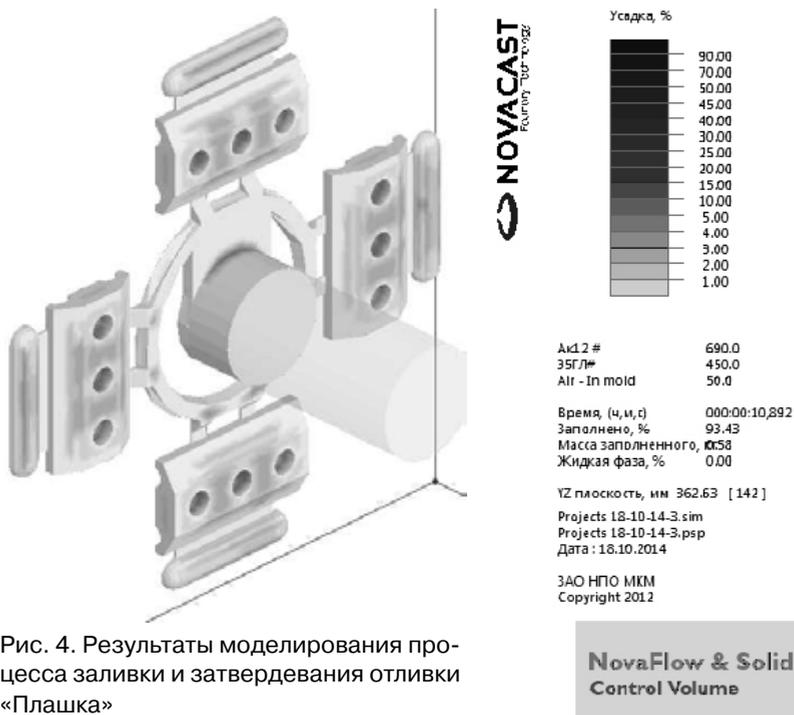


Рис. 4. Результаты моделирования процесса заливки и затвердевания отливки «Плашка»

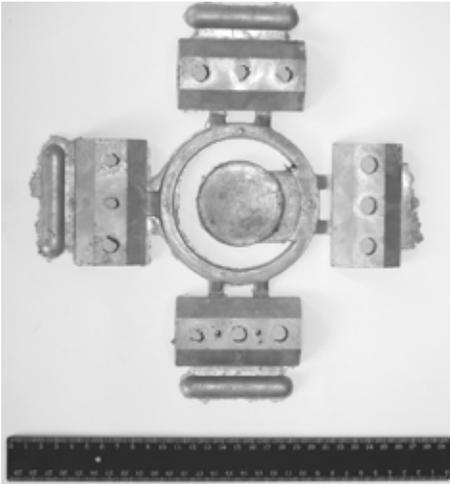


Рис. 5. Блок отливок с литниковой системой, извлеченный из пресс-формы после затвердевания и охлаждения

На кафедре технологии и оборудования литейного производства Донбасской государственной машиностроительной академии производились партии отливок из алюминиевых сплавов на машине с горизонтальной холодной камерой прессования модели 711A07. Рабочие характеристики машины представлены в [6]. Одной из отливок, получаемых на машине, была отливка «Плешка» (рис. 1). Как видно из рис. 5, качество изготовленных по представленной выше технологии, отливок было достаточно высоким. Вся последующая обработка сводилась к отделению литников и зачистке боковых поверхностей отливок на шлифовальных станках. Основные параметры изготовления отливок литьем под давлением аналогичны тем, которые принимались для моделирования.

Сравнивая результаты моделирования (рис. 4) с экспериментальными результатами (рис. 5) следует отметить, что программа LVMFlowCV “High-pressure Die-casting” позволяет достаточно точно моделировать процессы получения отливок. Таким образом, данная программа может быть использована на предприятиях для отладки и корректировки технологии получения изделий методом ЛПД.

### **Выводы**

Таким образом, в ходе выполненной работы на примере отливки «Плешка» были исследованы возможности моделирования процесса получения отливки способом литья под высоким давлением с применением программы LVMFlowCV “High-pressure Die-casting”. Полученные результаты моделирования демонстрируют качественное совпадение с результатами, полученными в реальных условиях производства отливок, что позволяет сделать выводы о целесообразности использования инструментария программы LVMFlowCV “High-pressure Die-casting” при моделировании процессов ЛПД.



### **Список литературы**

1. Гини Э. Ч. Технология литейного производства : Специальные виды литья : учебник / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин. – М.: Академия, 2007. – 352 с.
2. Приходько О. В., Линник И. Е., Абдулов А. Р. Разработка литейной технологии: от рабочего чертежа к моделированию процессов в форме // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 6/1(66). – С. 44-47.
3. Акимов, О. В. Современные программные и аппаратные средства в литейном производстве // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. № 6 (12). – С. 21-36.
4. [http://wp\\_lvm.mkmssoft.ru/](http://wp_lvm.mkmssoft.ru/)
5. Разработка технологии изготовления отливки литьем под давлением / В. Н. Кузьмич, Д. А. Мойсейчик // Литье и металлургия: научно-производственный журнал. – 2012. – № 3. (67). – С. 237-241.
6. Сафронов В. Я. Оборудование литейных цехов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.

Поступила 24.11.2014