

## Исследование процесса кристаллизации алюминиевого сплава АК5М2 при изготовлении отливок в металлической форме

Магистрант Шокиров М.М., студенты гр.10405119 Раков И.Г., Рудик А.Г  
 Научные руководители– А.П.Бежок, А.Г.Слущкий,  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Литье в металлические формы (кокиль) широко применяется в настоящее время для получения отливок из цветных металлов на алюминиевой, магниевой и медной основах, из чугуна и в несколько меньшей степени из стали. Способ литья в металлические формы по сравнению с литьем в песчаные формы имеет ряд преимуществ, в связи с чем он получил распространение во всех отраслях промышленности. Этот способ литья в зависимости от конструкции отливок может применяться также в комбинации с металлическими или песчаными стержнями.

Повышенная скорость кристаллизации и благоприятные условия для ее направленности, создаваемые металлическими формами, позволяют уменьшить размеры и массу прибылей, а также снизить припуски на механическую обработку отливок. Данный способ литья избавляет от целого ряда дефектов в виде засоров, намывов, ужимин, пригара и других, характерных для отливок, получаемых при литье в песчаные формы. Литые заготовки имеют высокую плотность по всему сечению, что обеспечивает повышение на 10-15 % механических свойств и особенно относительное удлинение (в 1,5-2 раза) [1].

Целью настоящих исследований является совершенствование технологии получения отливки «Втулка» из алюминиевого сплава АК5М2 при литье в металлическую форму. Широкое применение данного сплава обусловлено наличием определенного комплекса механических свойств, обеспечивающего длительную и надежную работу материала, и хорошие технологические свойства. Вместе с тем данный сплав характеризуется значительной литейной усадкой, что в свою очередь ведёт к образованию дефектов в виде раковин и пористости.

Деталь, показанная на рисунке 1, характеризуется переменным сечением, что задает определенный подход к разработке технологии литейной формы.

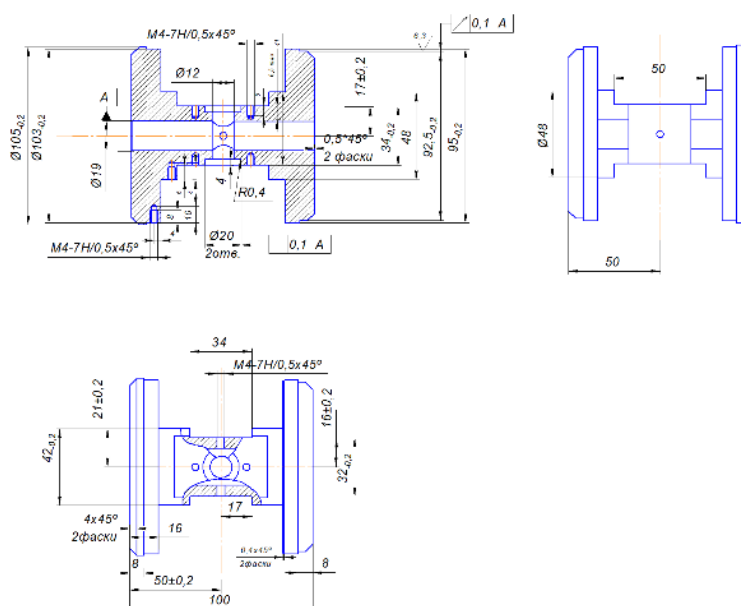


Рисунок 1 - Чертеж детали «Втулка»

За основу был выбран способ литья в одностенную металлическую форму с открытой прибылью и вертикальным разъемом (Рисунок 2).

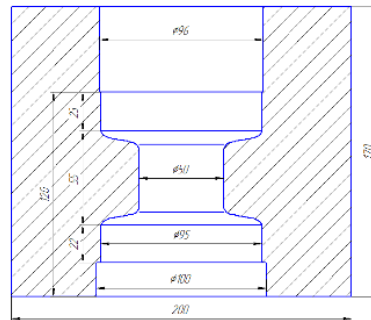


Рисунок 2 – Чертеж кокильной литейной формы

Методом компьютерного моделирования с использованием САПР «Полигон» провели анализ процесса кристаллизации данного сплава.

Использование компьютерного моделирования позволяет без натуральных экспериментов (а значит без дополнительных стоимостных затрат) провести оптимизацию литниковой системы в том числе.

- оптимизировать режимы заливки сплава и затвердевания отливки;
- рассчитать температурный режим формы и ее охлаждение;
- оптимизировать литниково-питающую систему.

В процессе моделирования заполнения полости формы, возможно определить:

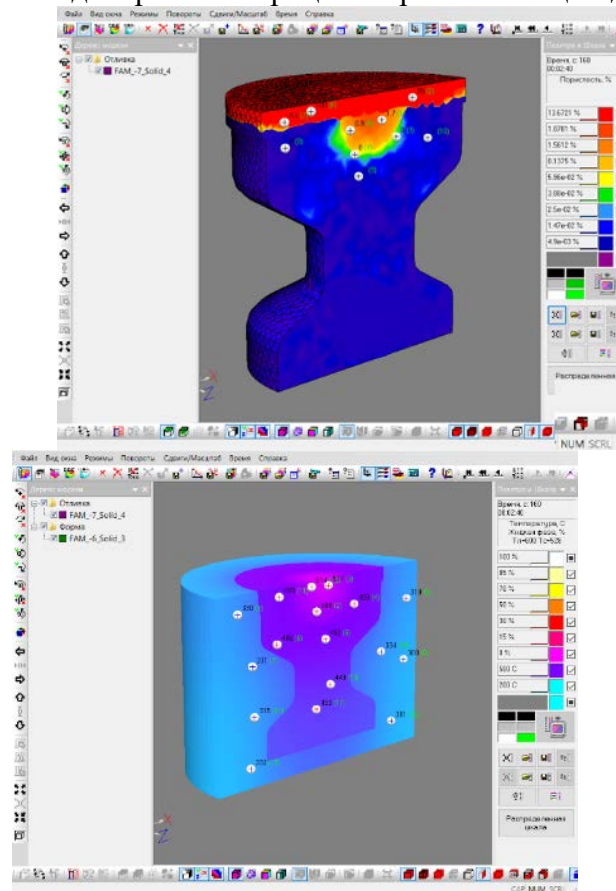
- температурные поля отливки и формы;
- вектора скоростей движения сплава в полости формы (направления движения сплава в форме, модуль вектора);
- траекторию движения частиц сплава в полости формы, динамику процесса заполнения, визуализацию линий тока заполнения формы (так называемые "трассеры");
- оптимизировать вентиляционные системы постоянных форм (и проходящие в них процессы, при заполнении формы).

В процессе моделирования кристаллизации отливки, можно определить:

- температурные поля в течение всего времени затвердевания и охлаждения отливки;
- градиенты температур в отливке, форме и элементах литниковой системы;
- время затвердевания сплава в любом месте отливки;
- направление затвердевания сплава;
- скорость затвердевания отливки;
- время фазового перехода;
- эффективность подпитки отливки прибылями;
- протяженность во времени и характер процессов междендритного протекания;
- наличие, величину и расположение микро- и макро-дефектов, усадочные и газовые раковины в теле отливки и незаливки;
- расчетную плотность отливки;
- качество отливки по различным критериям;
- самостоятельно сформированные критерии для оценки качества;
- оптимальную температуру и время удаления отливки из формы;

Различные пакеты обладают различными возможностями и по-разному реализуют свои функции. Но общим для них является то, что они реализуют один и тот же подход: не слепые заливки и опыты, а путь наименьшей трудоемкости отладки нового процесса и выявления причин брака в действующем производстве.

В качестве материала кокиля был выбран серый чугун марки СЧ20, как наиболее дешевый и технологический. Максимальная температура расплава АК5М2 составляла  $720 \pm 10^\circ\text{C}$ . При разработке технологии получения отливки «Втулка» рассматривались различные варианты прибыльной части от 10 мм до 40 мм. На рисунках 3-6 представлены результаты компьютерного моделирования процесса кристаллизации данной отливки.

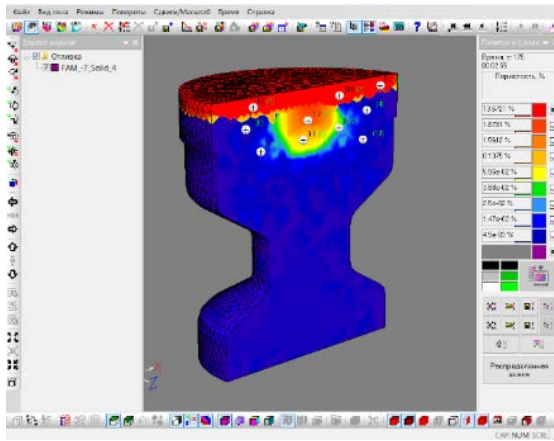


а

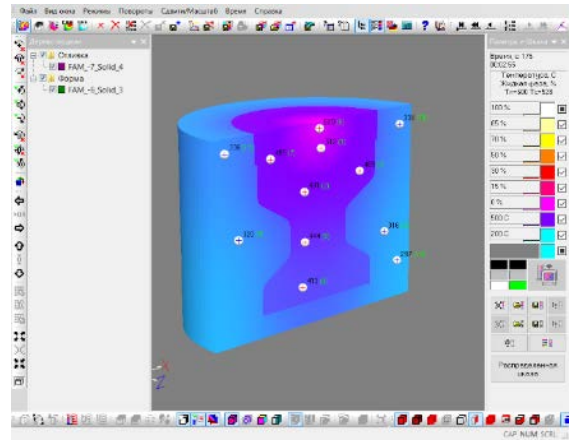
б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 3 – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 10 мм

Как видно из рисунка 3 прибыльная часть равная 10 мм характеризуется минимальным расходом металла, но была выявлена большая вероятность образования усадочной раковины и пористости в самой отливке, что является браковочным признаком. С целью исключения этого дефекта увеличили высоту прибыльной части соответственно на 20, 30 и 40мм. Результаты моделирования приведены на рисунках 4-6.

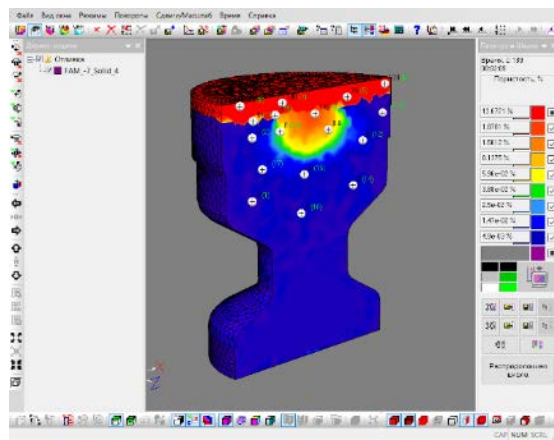


а

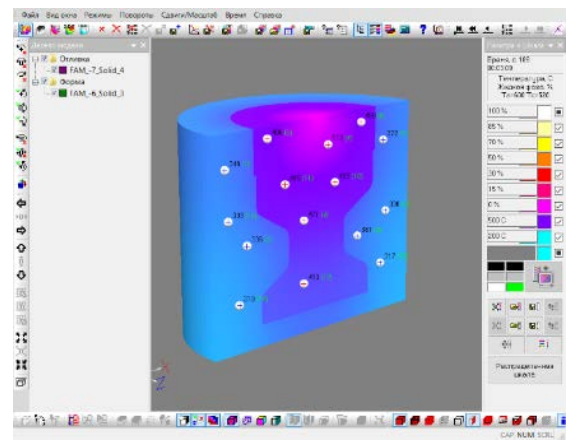


б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 4. – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 20 мм

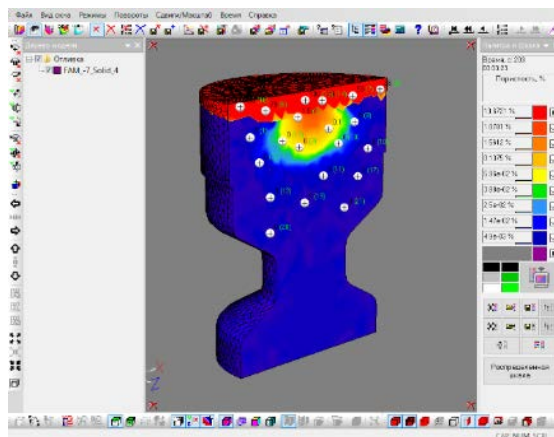


а

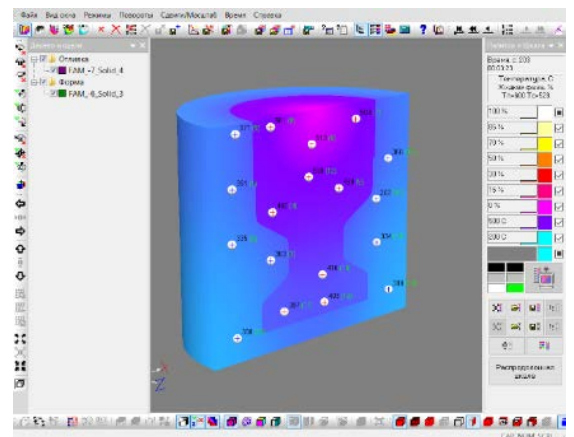


б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 5 – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 30 мм



а



б

а – дефекты в отливке; б – распределение температурных полей  
Рисунок 6 – Результаты моделирования отливки при высоте прибыльной части 40 мм

Анализ полученных результатов показал, что увеличение высоты прибыльной части отливки позволило гарантированно устранить усадочную раковину и пористость в теле

отливки. С точки зрения экономики установили, что максимальный выход годно литья составляет у отливки с высотой прибыльной части 20 мм.

На основании результатов выполненных исследований изготовлена кокильная оснастка и проведены лабораторные испытания технологии литья. Плавка алюминиевого сплава АК5М2 осуществлялась в печи сопротивления в чугунном тигле металлоемкостью 120 килограмм. В качестве шихтовых материалов использовали покупной чушковой алюминиевый сплав АК5М2 и возврат. После расплавления и перегрева сплава до температуры 760°C была проведена технологическая операция рафинирования с добавкой универсального флюса для алюминиевых сплавов следующего состава: 15%  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , 45%  $\text{NaCl}$ , 40%  $\text{KCl}$ . Заливка сплава осуществлялась при температуре в пределах  $720 \pm 10^\circ\text{C}$  в предварительно прогретую металлическую окрашенную форму. Были изготовлены опытные отливки «Втулка» с различной высотой прибыльной части от 10 до 40 мм (рисунок 7).

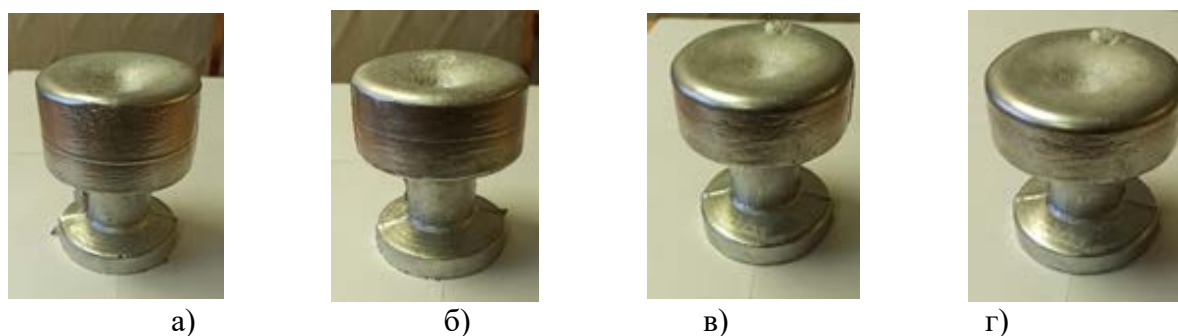


Рисунок 7 – Опытные отливки с различной высотой прибыльной части:  
а – 40 мм; б – 30 мм; в – 20 мм; г – 10 мм

Полученные отливки взвешивались после чего производили обрезку прибыльной части. Установлено, что вес отливок по мере снижения высоты прибыли изменялся от 2,15 кг (40 мм), 1,70 кг (30 мм), 1,62 кг (20 мм). При этом после обрезки прибылей их вес составил соответственно 0,56 кг, 0,45 кг и 0,32 кг. На отливке с минимальной высотой прибыли (10 мм) обнаружена усадка. При высоте прибыли 20 мм в отливке получена плотная однородная макроструктура (рисунок 8).



а – продольный разрез; б – поперечный разрез под прибыльной частью отливки  
Рисунок 8 – Макроструктура опытной отливки с высотой прибыли 20 мм:

Расчеты показали, что на опытных отливках за счет уменьшения размеров прибылей на 10-12% увеличился выход годного металла.

На основании полученных результатов моделирования проведена корректировка кокильной оснастки и в лабораторных условиях при участии студентов была изготовлена опытная партия отливок и проведены исследования качественных характеристик, которые

показали положительные результаты. Отливки в дальнейшем прошли без замечаний весь цикл механической обработки и полученные детали были использованы при сборке приборов учета тепла.

#### **Список использованных источников**

1. Специальные способы литья / В.А. Ефимов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1991. – 74-75 с.