

Использование системы компьютерного моделирования литейных процессов «ПОЛИГОН» для исследования поля температур алюминиевых сплавов

*Вестник ПГТУ, Машиностроение, материаловедение,
N. 3(10) 2007, стр. 139-144*

В настоящее время в машиностроении всё чаще применяют различные системы моделирования, экономичность затрат при использовании которых очевидна по сравнению с опытными исследованиями. Одной из таких систем является система автоматизированного моделирования «ПОЛИГОН». Эта система позволяет провести обработку некоторых наиболее важных технологических параметров не на реальной отливке, а на ее модели, программно реализованной на компьютере.

Программа «ПОЛИГОН» предназначена для моделирования литейных процессов. При этом численными методами моделируются:

- гидродинамические процессы при заливке;
- тепловые процессы при затвердевании;
- процессы образования макро- и микропористости;
- процессы образования усадочных раковин.

Одним из основных вопросов моделирования литейных процессов является решение задачи охлаждения и затвердевания отливки произвольной конфигурации. Точность решения такой задачи является критерием качества изготавливаемой детали. Было предложено провести сравнительный анализ процесса затвердевания алюминиевых отливок при литье в песчаные разовые формы с расчетными данными в системе «ПОЛИГОН». По новой методике отливки изготавливались полыми с разными толщинами стенок, для чего использовался метод литья под низким давлением. Этот метод позволяет регулировать скорость заливки, что дает возможность получить тонкостенные и достаточно крупногабаритные отливки, которые трудно получить другими способами. Целью работы также являлось изготовить отливки с гладкой внутренней поверхностью, для чего стало необходимо определить к какому виду затвердевания относится тот или иной сплав. По классификации Патерсона-Энглера процесс затвердевания делится на две группы - внешнее и внутреннее, каждая из которых подразделяется ещё на подгруппы (рис.1).

Во время затвердевания отливки из чистого металла или евтектического сплава фронт затвердевания начинается на поверхности и движется по направлению к термическому центру отливок (см. рис.1. а). При затвердевании отливок из сплавов, у которых температуры начала и конца кристаллизации различны, фронт затвердевания движется в форме по направлению от поверхности к центру отливки (см. рис.1. б, в). В случае внутреннего затвердевания не образуется как таковой оболочки вообще (см. рис.1. г, д).

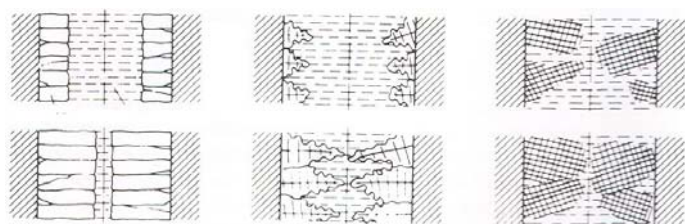
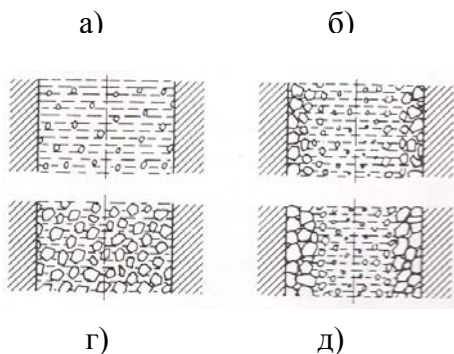


Рис.1. Схематическое представление видов затвердевания:
 а) гладкостенное; б) шероховатое;
 в) губчатое; г) кашеобразное;
 д) оболочкообразное



Исследовались три алюминиевых сплава AlSi7, AlSi9 и AlSi12 при литье в формы из кварцевого песка с добавлением различных связующих: фурановой смолы и жидкого стекла. Заливку проводили при температурах 670 и 700°C. Металл выдерживали в форме 25, 30 и 32,5 секунд, после чего остатки незатвердевшего металла выливали обратно в тигель.

В качестве исследуемой модели брали двухступенчатый цилиндр, высотой 180 мм. Форму изготавливали из трех частей, как показано на рис.2. Внизу изображено керамическое кольцо, в которое поступал металл. Эта воронка на входе предотвращает размыв песчаной формы.

На протяжении всех опытов измеряли температуру в пяти местах на поверхности отливки и при входе металла в полость формы как представлено на рис.3. Термоэлементы 3 и 5 располагаются взаимноперпендикулярно относительно термоэлементов 2 и 4.

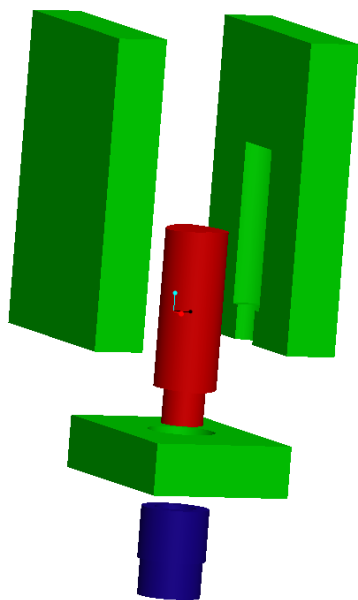


Рис.2. Объемный вид модели

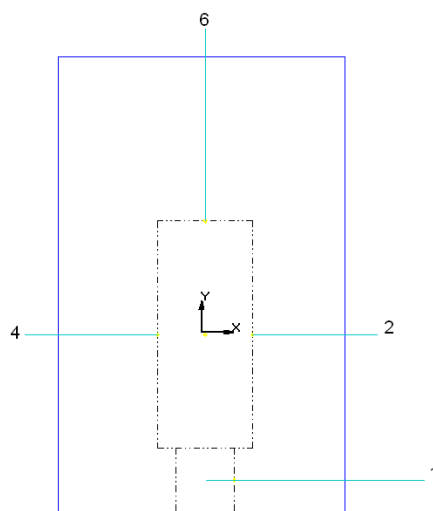


Рис.3. Схема расположения термоэлементов

Расплавленный металл подавался под давлением 0,22 бар. Расчетное время заполнения формы составило 1,24 секунды.

Как известно из диаграммы состояния алюминиевых сплавов исследовались два доэвтектических сплава и один заэвтектический. Посмотрим отличие температурных кривых для каждого из этих сплавов.

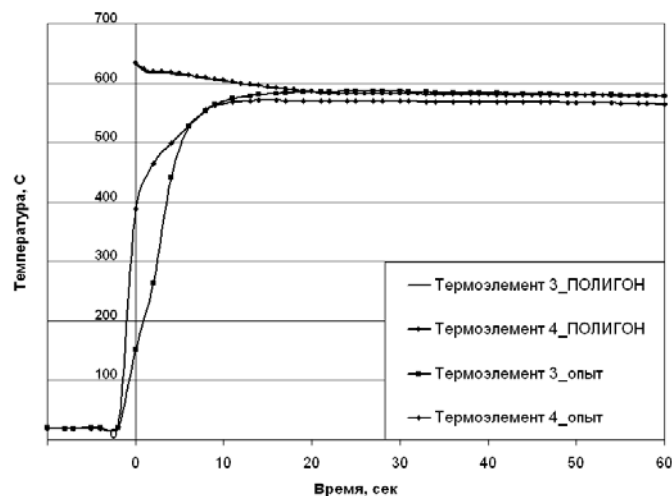


Рис. 4. Температурные кривые
 $T_{\text{зал}} = 700^{\circ}\text{C}$; Сплав – AlSi7;
 Форма – с фуран. связующим

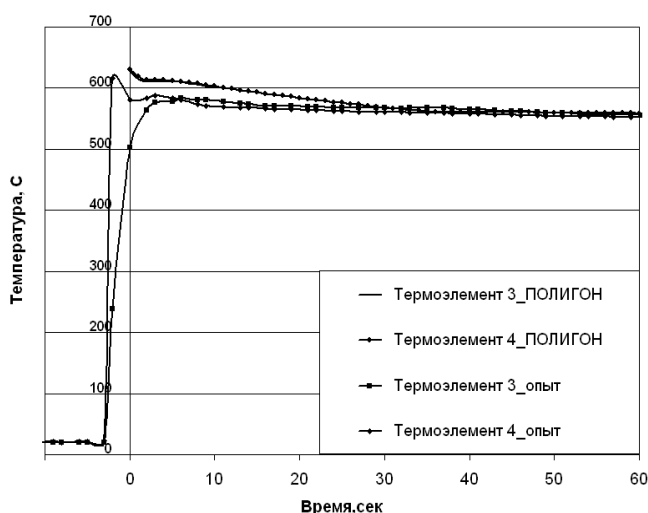


Рис. 5. Температурные кривые
 $T_{\text{зал}} = 700^{\circ}\text{C}$; Сплав – AlSi9;
 Форма – с фуран. связующим

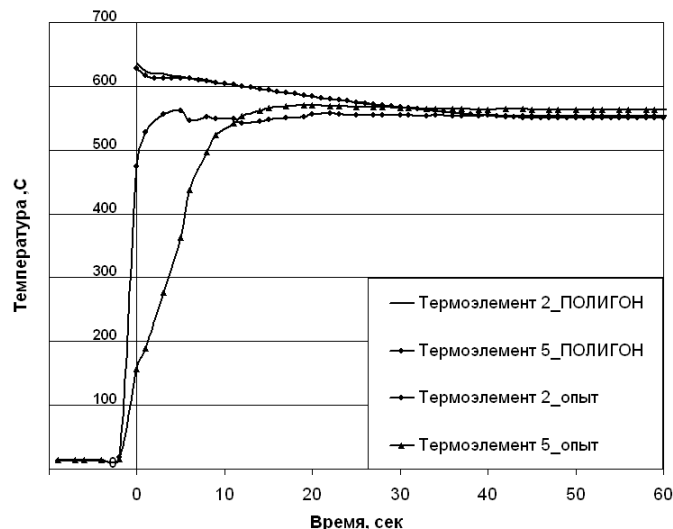


Рис. 6. Температурные кривые
 $T_{\text{зал}} = 700^{\circ}\text{C}$; Сплав – AlSi12;
 Форма – с фуран. связующим

На рис.4 представлен сравнительный анализ экспериментальных и расчетных температурных кривых для сплава AlSi7 при $T_{\text{зал}} = 700\text{ C}$ в форму с фурановым связующим и времени выдержки металла в форме 30 секунд. Расчетные кривые показывают процесс затвердевания отливки, поэтому экспериментальные кривые сдвинуты влево на 1,24 секунды (время заливки). Можно отметить сходимость результатов при достижении интервала затвердевания.

Для сплава AlSi9 при тех же условиях заливки (рис.5) процесс затвердевания длился быстрее, что обосновано меньшим интервалом затвердевания у

этого сплава. Также ещё более подтверждается достоверность расчетных данных.

Интересные результаты были получены при исследовании процесса затвердевания заэвтектического сплава AlSi12. Время выдержки для этого сплава пришлось делать 60 секунд, чтобы получить примерно такую же по толщине стенку отливки, какую для других сплавов мы получали за 25 секунд. Причем по полученной внутренней поверхности последних отливок можно легко определить вид затвердевания. Заэвтектический сплав AlSi12 относится к шероховатому виду затвердевания. У этого сплава интервал затвердевания составляет всего 6°C от 582°C до 576°C, что не соответствует полученным экспериментальным данным.

Рассмотрим температурные кривые для сплава AlSi7 при литье в формы с различными связующими (рис.4 и рис.7). При литье в песчаную форму с жидким стеклом затвердевание происходило медленно, так через 10 секунд после начала затвердевания термоэлементы 3 и 4 при литье в форму с фурановым связующим показывают температуру равную 590 °C, когда из рис.7 видно, что в данный момент времени $T = 550$ °C. Эту характеристику можно объяснить более высоким коэффициентом теплопроводности у формы с жидким стеклом.

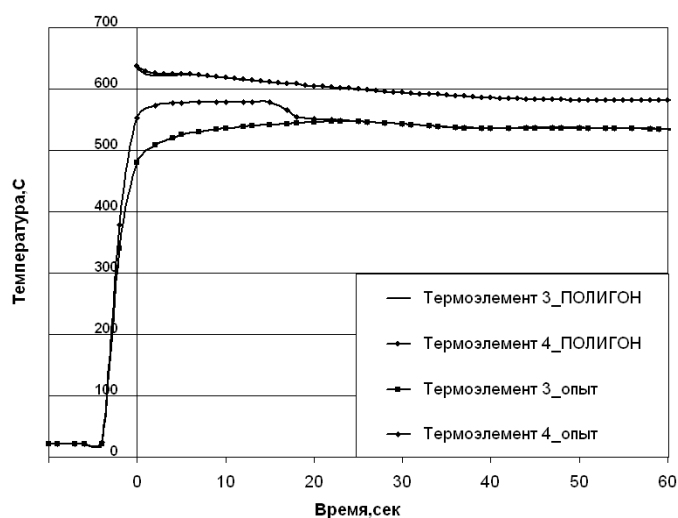


Рис. 7. Температурные кривые
 $T_{зал} = 700^{\circ}\text{C}$; Сплав – AlSi7;
 Форма – с жидким стеклом

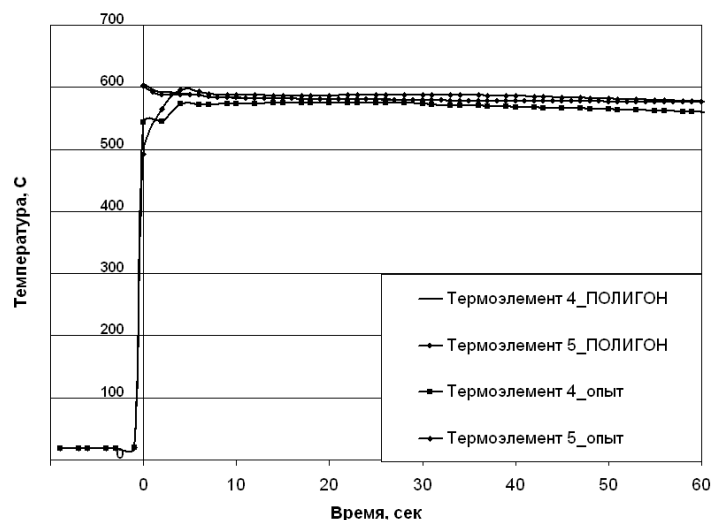


Рис. 8. Температурные кривые
 $T_{зал} = 670^{\circ}\text{C}$; Сплав – AlSi7;
 Форма – с фуран. связующим

Сравнивая процессы затвердевания при различных температурах заливки (рис.4 и рис.8), можно заметить что при $T_{зал} = 670^{\circ}\text{C}$ температурная кривая вышла на уровень затвердевания сразу после заливки, а при $T_{зал} = 700^{\circ}\text{C}$ кривая достигла этого уровня только через 18 секунд. Проявление такого эффекта вполне логично объясняется, тем, что температура заливки приближается к температуре Ликвидуса, поэтому затвердевание начинается сразу после заливки.

Итак, для получения качественных полых алюминиевых отливок было порекомендовано использование сплава AlSi9 при $T_{\text{зал}}=670^{\circ}\text{C}$ и в качестве связующего – фурановую смолу. Также по результатам работы была доказана достоверность расчетных данных в системе «ПОЛИГОН». Но следует отметить, что «ПОЛИГОН» - это инструмент для расчета и корректные данные можно получить только в руках опытного пользователя.