

**Эффективные методы калибровки входных данных
для систем компьютерного моделирования литейных процессов**

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Научный консультант – Лущик П.Е.

Студенты гр. 104125 – Калошин К.Л., Князев А.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основной задачей современного литейного и металлургического производства является создание конкурентоспособных изделий, обладающих высоким качеством и минимальной себестоимостью изготовления. Решение этой задачи осуществляется в определенной степени на стадии технологической подготовки производства, где предусматривается проектирование оптимальных технологических процессов, обеспечивающих получение заданного качества.

Сегодня большинство предприятий, выпускающие литейную металлопродукцию, пользуются передовыми системами проектирования, позволяющими спрогнозировать брак на стадии подготовки или корректировки технологии изготовления отливки. Но зачастую сходимость результатов расчета (особенно на стадии подготовки, когда данных по существующему браку еще нет) не превышает 80%. Одной из основных причин этого является несовпадение входных данных с реальными теплофизическими параметрами моделируемой системы.

Цель настоящей работы – разработка эффективных методов калибровки входных данных в системах компьютерного моделирования литейных процессов для увеличения сходимости результатов расчета.

Входные теплофизические параметры, которые были откалиброваны для двухкомпонентного сплава Al-7%Si, выбраны с учетом автоматического расчета термодинамической базы данных пакета ProCAST (ESI Group) и включают:

- зависимость теплоемкости и скрытой теплоты кристаллизации от температуры;
- зависимость выделения твердой фазы от температуры;
- критические температуры ликвидус и солидус.

Кроме того, были произведены сравнительные эксперименты и расчеты заливки U-образной пробы на предмет калибровки коэффициентов теплопередачи на границах сред отливка-форма.

Как правило, на характер затвердевания оказывает влияние ряд факторов, таких как металлургическая наследственность сплава, условия затвердевания, нерегламентированные примеси и др., которые не учитываются при стандартном расчете теплофизических параметров по правилу рычага, применяемому в ProCAST. В этом случае наиболее эффективный метод для оценки погрешности расчетов входных параметров в системах компьютерного моделирования является метод термического анализа пробы расплава. В данной работе термический анализ проводился при помощи универсального микропроцессорного устройства термического анализа, позволяющего выделять ряд характеристик сплава, в том числе и необходимые для компьютерного моделирования.

Расхождение в значениях параметров термодинамического расчета и реального эксперимента можно сравнить на рисунках 1 и 2, на которых изображены зависимости выделения твердой фазы от температуры, рассчитанные в ProCAST и полученные экспериментально методом термического анализа соответственно.

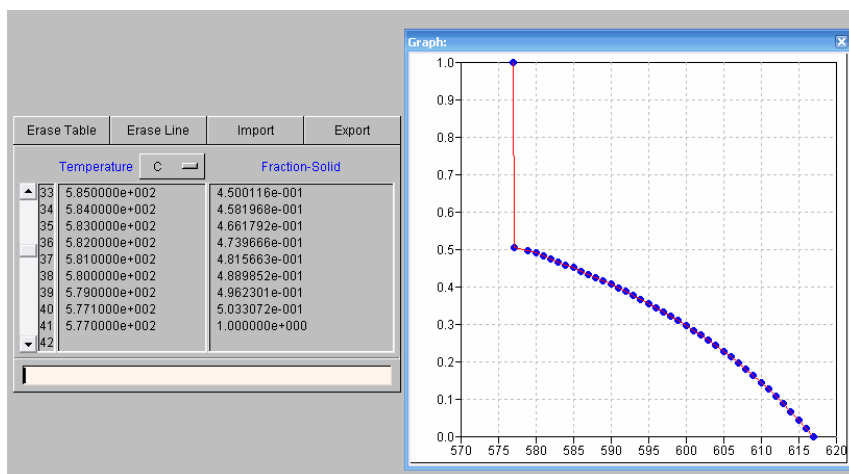


Рисунок 1 – зависимость выделения твердой фазы от температуры, рассчитанная по правилу рычага в ProCAST

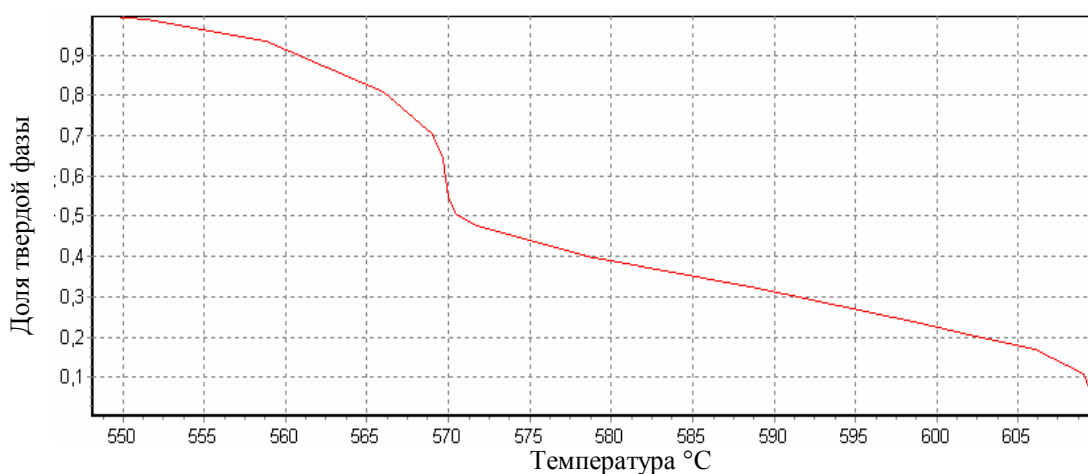
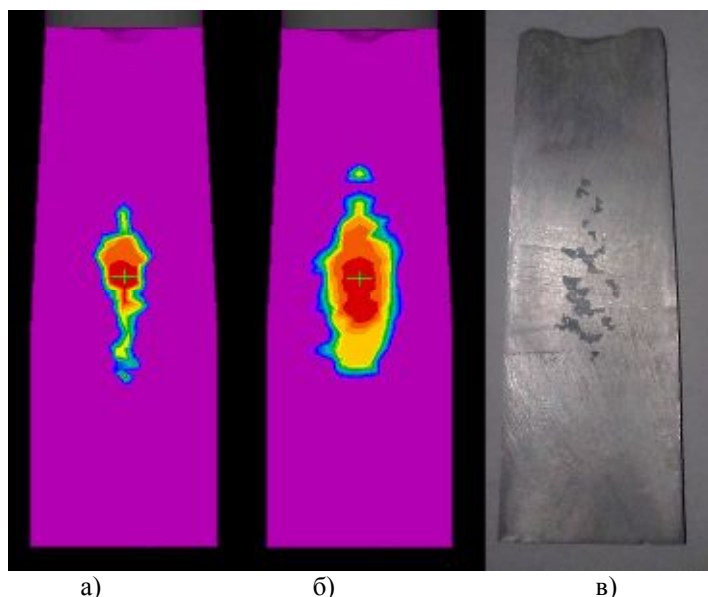


Рисунок 2 – зависимость выделения твердой фазы от температуры, полученная экспериментально методом термического анализа

Из рисунков видна существенная разница в характере выделения твердой фракции и значениях начала и окончания процесса затвердевания (ликвидус – 617/609 °C, солидус – 577/548 °C).

Для проверки адекватности предлагаемых методов калибровки процесса были проведены сравнительные расчеты затвердевания сплава на предмет выявления усадочной пористости в ProCAST с учетом стандартных значений теплофизических параметров и с учетом скорректированных значений теплоемкости, выделения твердой фракции, скрытой теплоты кристаллизации, температур ликвидус и солидус, полученных методом термоанализа; а также коэффициента теплопередачи на границе двух сред скорректированных при помощи заливки в U-образную пробу (Рис 3,а и 3,б). Сравнение проводилось относительно вертикального сечения цилиндрического бруска экспериментально полученного из сплава Al-7%Si литьем в кокиль (Рис 3,в).



а) расчетное распределение усадочной пористости при стандартных значениях ProCAST; б) расчетное распределение усадочной пористости при скорректированных значениях; в) распределение пористости в реальной отливке.

Рисунок 3 – Распределение усадочных дефектов в цилиндрической отливке из сплава Al-7%Si при литье в кокиль

Проанализировав результаты расчетов, можно сделать вывод, что расчет со скорректированными параметрами показал более близкие значения распределения усадочной пористости к реальному эксперименту, тем самым увеличив адекватность моделирования \approx на 15%.

Разработанная методика калибровки исходных параметров моделирования литейных процессов способна в течение нескольких часов определить и скорректировать теплофизические параметры системы, увеличив адекватность моделирования уже на первых этапах проектирования технологии изготовления отливки, и, соответственно, существенно сократить расходы на производство.