

ОБ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СТАЛЬНЫХ СЛИТКОВ И ОТЛИВОК

Машиностроительные и металлургические слитки и стальные отливки образуют широкий класс литых заготовок разного назначения. Температурные поля слитков и отливок при их затвердевании влияют на физико-механические свойства литого металла и эксплуатационные свойства металлоизделий.

При затвердевании стальных кузнечных и прокатных слитков в чугунных изложницах и отливок в металлических кокилях температура распределена неравномерно по их сечению и изменяется во времени [1,2], а между слитком и изложницей, отливкой и кокилем происходит нестационарный теплообмен.

Так как измерения температуры в затвердевающих слитках и отливках являются трудоемкими и дорогостоящими, то для определения температурного поля в системах слиток-изложница и отливка-форма целесообразно применять современные методы математического моделирования тепловых процессов [3] и вычислительного эксперимента на персональных компьютерах (ПЭВМ).

Надёжность полученных результатов математического моделирования на ПЭВМ нестационарных температурных полей в системах слиток-изложница и отливка-кокиль в первую очередь зависит от возможности математической модели затвердевания с максимальной достоверностью отражать [4] процессы внутреннего и внешнего теплообмена в исследуемых системах. Способствует этому учёт в формулировке тепловой задачи затвердевания литых заготовок известных из литературы экспериментальных данных, которые нужны для того, чтобы обеспечить адекватность (почти полное соответствие) математической модели затвердевания промышленных стальных слитков и отливок реальным теплофизическим условиям их формирования в полости изложницы или кокиля.

В приведенной в [5] математической модели затвердевания слитков и отливок разной массы и геометрических размеров учтены следующие данные:

- а) в дифференциальном уравнении нестационарной теплопроводности в системе затвердевающий слиток-изложница и затвердевающая отливка-кокиль учтены факторы адекватности модели затвердевания, к которым относятся:

- известные из эксперимента температурные зависимости теплоемкости, теплопроводности и плотности жидкой и твердой фаз стали и чугуна;

- экспериментальные значения скрытой теплоты кристаллизации сталей (углеродистых и легированных) в интервале температур ликвидус-солидус;

- геометрический параметр ($\Gamma=1,2,3$) [3,5] поперечного сечения слитка или отливки, их толщина (диаметр) и толщина стенок изложницы или кокиля;

б) в граничных условиях теплопередачи от слитка к изложнице или от отливки к кокилю и теплоотдачи от изложницы или кокиля во внешнюю среду:

- наличие газового зазора между затвердевающим слитком или отливкой и стенками изложницы или кокиля учитывает коэффициент теплопередачи $\alpha_1(t)$ от поверхности слитка (отливки) к поверхности изложницы (кокиля). По закону Ньютона-Рихмана коэффициент $\alpha_1(t)$ можно получить обработкой результатов температурных измерений в системе слиток-изложница или отливка-кокиль.

- если на поверхности изложницы или кокиля имеется слой краски, то коэффициент теплопередачи α_1 можно найти по полученным в [6] формулам, которые учитывают тепловое сопротивление этого защитного слоя;

- теплоотвод от наружной поверхности стенки изложницы или кокиля во внешнюю среду учитывает коэффициент теплоотдачи $\alpha_2(T)$, который получен в [2] в соответствии с законом Стефана-Больцмана о тепловом излучении тел.

Результаты расчета температурных полей в системах слиток-изложница и отливка-кокиль сопоставляются с фактическими параметрами затвердевания слитков и отливок. Например, можно использовать экспериментальные и расчетные данные других авторов по времени затвердевания стального слитка или по температуре поверхности его охлаждения в чугунной изложнице.

Список литературы

1. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали. – М.: Metallurgy, 1976.– 552 с.
2. Вейник А.И. Тепловые основы теории литья. – М.: Mashgiz, 1953. – 383 с.
3. Коздоба Л.А. Решение нелинейных задач теплопроводности. – К.: Наукова думка, 1976. – 135 с.