

УДК 621.74.047.001.57
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ
НЕПРЕРЫВНО-ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

А. М. БРАНОВИЦКИЙ, Ю. А. ЛЕБЕДИНСКИЙ, В. А. ДЕМЕНТЬЕВ
Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

Для оценки температурного поля в непрерывно-литой заготовке требуется определение коэффициентов теплоотдачи в кристаллизаторе и во всех секциях вторичного охлаждения. Они определялись на основе последовательного алгоритма, созданного для определения коэффициентов и температурного поля методом деления отрезка пополам. В качестве реперных температурных данных использованы данные расчетной программы, поставленной вместе с оборудованием фирмой Danieli. Вне зоны вторичного охлаждения использованы коэффициенты теплопередачи за счет охлаждения излучением и естественной конвекции. Для расчета использованы данные о линии охлаждения БМЗ для заготовки из стали 80К (0,807 % С, 0,2051 % Si, 0,5177 % Mn) и размером сечения 250 × 300 мм.

Интенсивности вторичного охлаждения были подобраны таким образом, чтобы обеспечить относительное постоянство температуры поверхности заготовки при ее движении в этой зоне. Это позволяет уменьшить плотность горячих трещин в этой зоне. За пределами зоны вторичного охлаждения использована оценка коэффициента теплопередачи за счет излучения с усредненным коэффициентом излучательной способности 0,7.

Теплофизические параметры теплопереноса взяты из различных источников, связанных с оценкой теплопереноса для случая охлаждения непрерывнолитых заготовок со скоростью, характерной для охлаждения на линиях непрерывного литья. Для оценки теплопроводности стали приняты значения 39,3 и 25 Вт/(м·К) соответственно для жидкой и твердой фаз. Для оценки влияния конвекции в жидкой фазе на теплоперенос было принято условие умножения теплопроводности на коэффициент 6,5 [1]. В двухфазной зоне теплопроводность вычислялась на основе линейной интерполяции между твердой и жидкой фазами на основе доли фаз в элементарном объеме [1]. Тепловыделение при затвердевании аппроксимировано увеличением теплоемкости, одинаковым в интервале между liquidus и solidus температурами. Данный подход часто используется в случае невозможности достаточно точного определения зависимости тепловыделения в двухфазной зоне от температуры. Электромагнитное перемешивание в кристаллизаторе учитывалось дополнительным увеличением теплопроводности в жидкой фазе внутри кристаллизатора.



Расчет производился с учетом теплопереноса только в сечении заготовки, перпендикулярном направлению её вытяжки: размер элементарного объема – 2×2 мм, шаг по времени – 0,2 с. Ввиду большой теплопередачи за счет конвекции распределение температуры в жидкой внутренней области заготовки близко к равномерному, особенно в зоне электромагнитного перемешивания (рис. 1). Толщина твердой корки в данной зоне заготовки растет практически линейно с расстоянием (рис. 2). Размер двухфазной зоны составляет примерно 120 мм в середине первой зоны вторичного охлаждения и полностью занимает внутренний объем заготовки уже в середине второй зоны.

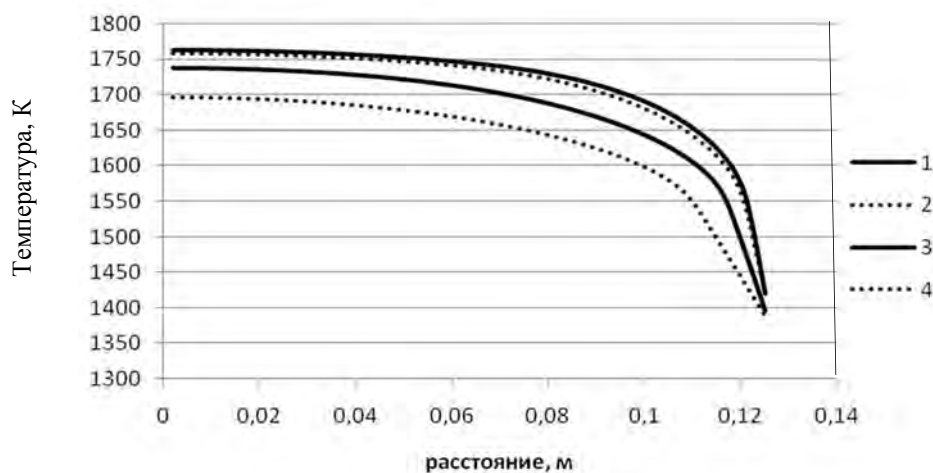


Рис. 1. Распределение температуры от центра заготовки к центру грани шириной 300 мм в ряде сечений: 1 – на выходе из кристаллизатора; 2–4 – в середине первой, второй и третьей зон вторичного охлаждения

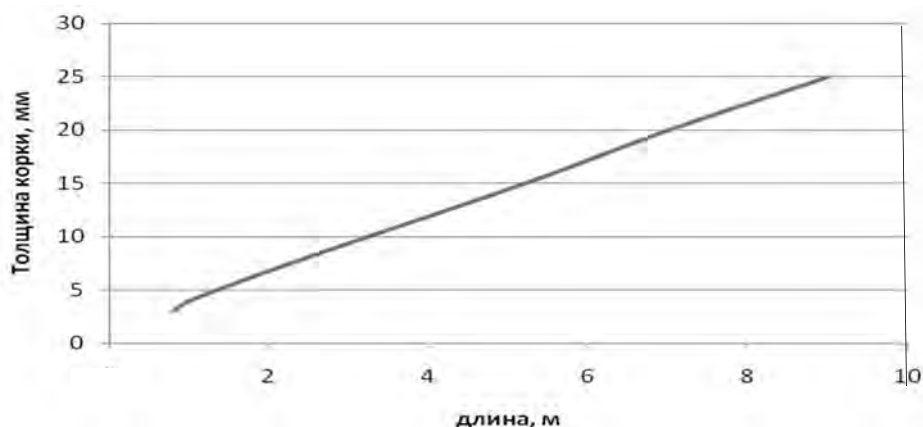


Рис. 2. Зависимость толщины корки от длины заготовки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li, C. Thermomechanical Finite-Element Model of Shell Behavior in Continuous Casting of Steel / C. Li, B. R. Thomas // Metallurgical and material transactions. – 2004. – Vol. 35B. – P. 1151–1172.