МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАГРЕВА ПРИ ДВИЖЕНИИ СЛИТКА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ

А.С. Бороздин
Научный руководитель – д.ф-м.н., профессор ***А.Н. Чичко***
Белорусский национальный технический университет

В данной работе были проведены системные исследования процессов нагрева заготовки фиксированного размера при различных вариантах трёхмерной промышленной печи с заданными температурными зонами и скоростью движения слитка.

Целью исследования является моделирование температурных полей в условиях движения слитка в печи с температурными зонами.

В качестве основной математической модели в работе было использовано трёхмерное краевое уравнение теплопроводности Фурье с граничными условиями I-го рода. Для данного уравнения на пространственно-временной сетке строилась неявная двухслойная схема, решение которой проводилось по экономичной локально одномерной схеме со вторым порядком точности. Для проведения расчетов на ЭВМ данная вычислительная схема была реализована в программе моделирования физических процессов на клеточном автомате.

При компьютерном моделировании строилась упрощенная модель печи с тремя температурными зонами, имеющими одинаковую протяженность. Все рабочее пространство печи принималось заполненным воздухом с температурой, соответствующей конкретной тепловой зоне. В процессе моделирования вдоль печи, по температурным зонам с постоянной скоростью перемещался слиток. Слиток принимался изготовленным из стали марки 40х. Для него задавались пространственные размеры, теплофизические характеристики, начальная температура и скорость движения. При проведении вычислительного эксперимента проводилось варьирование как значениями температур в тепловых зонах печи так и скоростью движения слитка. Компьютерное моделирование проводилось для трех конфигураций температурных зон при двух вариантах скоростей движения слитка. При проведении расчетов на движущемся слитке был зафиксирован ряд контрольных точек, с которых снимались значения температуры. Фиксируемые точки располагались равномерно от центра слитка к одной из его боковых граней. Продолжительность компьютерного расчета определялась временем, необходимым, что бы при заданной скорости движения слиток мог пройти через все рабочее пространство печи и выйти на стан.

В результате проведенных численных расчетов были получены температурные поля для моделируемой печи и слитка в различные периоды времени. Для каждой температурной зоны было получено частотное распределение элементов слитка по температурным диапазонам для каждой тепловой зоны печи. Данное распределение строилось по количеству элементов слитка, попадающих в тот или иной температурный интервал при выходе его из каждой температурной зоны печи. Для каждой из зафиксированных точек слитка были построены температурно-временные зависимости, позволяющие оценить степени влияния нагревающей среды температурных зон печи и скорости движения слитка на распределение температурных полей по сечению слитка при его движении в рабочем пространстве печи.

Проведенное исследование может служить основой для расчета оптимальных режимов нагрева металла с заданными теплофизическими характеристиками в промышленных печах, имеющих неоднородное температурное поле. Программная реализация, по которой проводился вычислительный эксперимент, позволяет учитывать как размеры заготовки, так и скорость ее движения.