

Гресс А.В., Исаев О.Б., Чеботарева О.А.
(ДГТУ, г. Днепропетровск, WUST, г. Ухань)

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВВОДА МАКРОХОЛОДИЛЬНИКОВ В КРИСТАЛЛИЗАТОР СЛЯБОВОЙ МНЛЗ

E-mail: agress@ua.fm

Весьма прогрессивным способом непрерывной разливки, позволяющим решить проблему получения качественной листовой заготовки при одновременном повышении скорости разливки и снижении материальных и энергетических затрат на изготовление металлопродукции, является использование различного вида инокуляторов. Особое внимание заслуживает использование металлической ленты, являющейся побочным продуктом производства листового проката.

Решать задачу разработки соответствующей технологии предпочтительнее комплексом методов физического и математического моделирования с последующей проверкой их выводов на практике. В последнее время первенство отдают более гибкому в этом отношении математическому моделированию.

Численно поставленная задача решалась в естественных переменных методом расщепления по физическим факторам. Адекватность модели проверялась посредством сравнения результатов численных расчетов с данными холодного моделирования и промышленных экспериментов.

Исследовали тепломассообменные процессы в кристаллизаторе размером 300x2300x900 мм при общей высоте расчетной области 0,6 м. Выбор высоты расчетной области обусловлен тем, что, согласно нашим расчетам, за ее пределами скорости потоков металла в горизонтальном сечении кристаллизатора не являются значительными и не оказывают существенного влияния на общую картину тепломассообмена. Моделировали разливку стали марки S355, перегретой на входе в кристаллизатор на 15 градусов выше ее температуры ликвидуса. Расстояние от мениска металла до оси разгрузочных окон погружного стакана составляло 150 мм, угол наклона выходных сопел – 15 градусов вниз к горизонтали. Скорость разливки принимали равной 0,9 м/мин. Температуру поверхности заготовки на выходе из кристаллизатора считали равной 1150 °С. Металлическая лента имела химический состав, аналогичный марке стали Ст45. Толщина ленты составляла 1,5 мм, ширина – 400 мм. Расстояние от оси погружного стакана до начала ленты принято равным 200 мм. Скорость ввода инокулятора в показательных расчетах составляла 2,5 м/мин. Ввиду малой толщины ленты с целью уменьшения времени численного эксперимента использовали расчетную сетку с переменным шагом.

В результате ввода ленты поток жидкого металла раздваивается на два симметричных с постепенным усилением по мере роста глубины его погружения. При этом вертикальный вихрь, находящийся возле погружного стакана, смещается к широкой стенке кристаллизатора, вызывая тем самым некоторое локальное уменьшение скорости кристаллизации. Второй же вихрь, вращающийся в противоположном направлении, постепенно затухает и перемещается по направлению к узким граням агрегата.

У торцов кристаллизатора возникают параллельные узкой грани вихри, затухающие на глубине около 200 мм. В то же время, у разгрузочного отверстия погружного стакана существенно возрастает мощность вихрей, сопровождающих выход расплава из стакана. Вихри постепенно перемещаются к широким граням, а их место занимают менее интенсивные потоки металла с несколько меньшей температурой. Это приводит к росту скорости кристаллизации корки металла в районе погружного стакана и ее снижению на расстоянии примерно половины ширины ленты.

По мере погружения ленты на глубине около 500 мм у поверхности пластины образуется короткозамкнутый поток, приводящий к уменьшению ее толщины. Одновременно потоки металла в районе оси погружного стакана затухают и меняют направление, что приводит к замедлению скорости кристаллизации.

При дальнейшей подаче ленты тепловые и гидродинамические потоки в кристаллизаторе стабилизируются.