

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВАЛКОВОЙ РАЗЛИВКИ-ПРОКАТКИ

Кравченко Е.А. Подобный С.О. (ОМТ-11м)*
Донецкий национальный технический университет

Валковая разливка-прокатка является одной из наиболее перспективных и энергосберегающих технологий производства тонких полос. Получение тонкого и особо тонкого плоского проката заключается в формировании полосы непосредственно из жидкого металла путём кристаллизации и деформации его между двумя вращающимися валками. Поэтому наиболее привлекательным является вопрос изучения гидродинамики струи расплава с целью гарантированного получения профиля полосы (особенно боковой кромки).

Для математического моделирования процессов валковой разливки-прокатки был выбран универсальный пакет прикладных программ ANSYS Int., который используется для решения задач, связанных со многими разделами науки и техники, такими, как электротехника, электромагнетизм, гидродинамика, газовая динамика и т. д.

Создание математической модели для исследования процессов перемешивания металлического расплава и затвердевания полосы при валковой разливке-прокатке осуществлялось в среде ANSYS CFX, обладающей следующими возможностями:

- моделирование невязких, ламинарных и турбулентных потоков;
- моделирование теплопереноса, включая различные виды конвекции, сопряженный теплообмен и излучение и т. д.

В основе разработанной математической модели лежит решение с помощью метода конечных элементов основного уравнения нестационарной теплопроводности и уравнений Навье–Стокса, включающие:

- уравнение неразрывности (закон сохранения массы);
- уравнение импульса (закон сохранения импульса);
- уравнение энергии (закон сохранения энергии).

Решение поставленных задач гидродинамики и затвердевания было реализовано в трехмерной интерпретации, со следующими допущениями: валки недеформируемые, течение расплава турбулентное, на контакте между валком и металлом выполняется условие постоянного прилипания.

В качестве разливаемого металла был выбран свинец. Граничные условия: теплопроводность – 23,2 Вт/(м·К), удельная теплоемкость разливаемого металла – 138,84 Дж/(кг·К), плотность разливаемого металла – 10641 кг/м³. Технологические характеристики взяты максимально приближенными к возможностям лабораторной установки: внешний диаметр валка – 76 мм, длина зоны кристаллизации-деформации – 40 мм, толщина полосы – 3,25 мм,

* Руководитель – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ОМД Смирнов Е.Н.

начальная температура жидкого металла – 327°C, температура разливаемого металла постоянна.

На первом этапе моделирования, решалась задача способа подачи расплава в кристаллизатор. Проведенные исследования показали значительное влияние распределения потоков расплава в кристаллизаторе (рисунок) на процессы затвердевания.

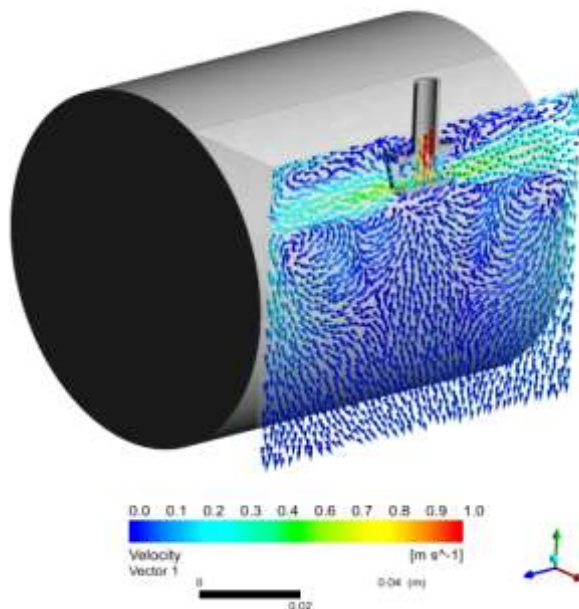


Рисунок – Результирующая скорость движения расплава (векторная картина) в продольной плоскости двухвалкового кристаллизатора

Параллельно с созданием математической модели была разработана физическая модель процесса. При проектировании экспериментальной установки использовали вертикальную схему ведения процесса, когда жидкий металл подаётся от печи к разливочной ванне, а после в межвалковое пространство в зону кристаллизации металла под действием сил тяжести. Валки-кристаллизаторы состоят из водоохлаждаемой медной гильзы и двух осевых вставок, обеспечивающих требуемые характер теплоотбора с внутренней поверхности бандажей. Каждый валок имеет индивидуальный привод постоянного тока, который обеспечивает реализацию высоких крутящих моментов и возможность ведения процесса с требуемыми пластическими деформациями. Кроме того, предусмотрена возможность регулирования расстояния между валками, что позволяет расширить диапазон исследуемых толщин конечной полосы: максимально до 4,0 мм. Данные, полученные в условиях малой лабораторной установки, могут служить критерием и источником натурных исследований.

В дальнейшем планируется выполнение следующих этапов моделирования и проведение исследований по модернизации погружного стакана.