

Студенты гр. 10402129 Заико П.Г.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В СССР непрерывная разливка стали, как метод полученных литых слябов, начала широко применяться около 45 лет назад. За это время машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) постоянно совершенствовались, и новый технологический процесс превратился в одно из важнейших звеньев металлургического производства, так как при этом отпадает необходимость в хозяйстве, связанном с подготовкой составов под разливку, в стрипперовании слитков, в применении блюмингов и слябингов. Так, и «Белорусский металлургический завод» может служить ярким примером тенденции перехода от разливки в изложницы к использованию МНЛЗ. Это подтверждают решения менеджмента по прекращению функционирования всего блюмингового и слябингового производства на предприятии, уже воплощенные в жизнь [1]. Сейчас в цехе «Белорусский металлургический завод», основное оборудование по ремонту промежуточных ковшей, установки для сушки промковшей и стопоров, растворные узлы, установки по выдавливанию «козлов», поворотные стелды для ломки футеровки и машина наливной футеровки промковшей (ПК).

Пролет оборудован передаточной тележкой для транспортировки порожних сталеразливочных ковшей из пролета МНЛЗ в разливочный, а также других грузов. Здесь размещаются встроенные технологические помещения МНЛЗ. Разливку стали производят на слябовой МНЛЗ с сечением заготовок 190(270)×1200 мм и на блюмовой четырехручьевой МНЛЗ радиального типа с сечением заготовок 330×450 мм и круглых заготовок диаметрами 470, 540 и 600 мм. Радиус разливки составляет 10,5 м, а оптимальное расположение роликов обеспечивает незначительные показатели деформации. Несмотря на стремительное развитие техники и технологии непрерывного литья, существуют огромные резервы для повышения эффективности непрерывной разливки, одним из них является оптимизация конструкции промежуточного ковша (ПК) с целью исключения присутствия неметаллических включений в заготовках. Непомерная дороговизна экспериментальных исследований в этой области (из-за риска получения целой бракованной партии) не позволила до сих пор найти оптимальные варианты решения данной проблемы.

Исследования процесса современными учеными проходят с использованием различных методов. Применение способов эмпирического определения неизвестных величин применительно к рассматриваемому процессу прохождения жидкого металла: экспериментальный и метод математического расчета моделей. Экспериментальный метод позволяет получить близкие к реальности результаты. Однако это требует применения сложного оборудования, при этом возникают вопросы, связанные с измерением необходимых величин. Часто исследования проводятся на физических моделях [2]. При этом возникают проблемы, связанные с масштабами модели и проводимыми измерениями.

Учитывая недостатки физического моделирования при исследовании процессов перемещения жидкого металла, акцент делается на численный расчет математических моделей [2, 3]. Он не требует значительных материальных затрат. В настоящее время сложилась тенденция к более детальному рассмотрению явлений, возникающих при движении потоков стали. Анализ этих явлений необходим при расчете и конструировании гильз кристаллизаторов и сопутствующих устройств подсистемы промежуточный ковш – погружной стакан. Применяемым приближенным методом решения прикладных задач механики является метод конечных элементов (МКЭ) [4].

При исследовании процессов разлива стали и решении задач математического моделирования движения потоков стали используются системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса и теплового баланса:

$$\rho C_p = \frac{\partial T}{\partial t} + (u * \nabla T) = (\nabla K_{ef} * \nabla T) \dots \dots \dots (1)$$

где C_p – удельная теплоемкость жидкой стали;

T – температура жидкой стали в ПК, К;

$K_{ef} = k + k_t$ – эффективная удельная теплопроводность, равная сумме молекулярной теплопроводности k и турбулентной компоненте теплопроводности k_t .

Средствами пакета твердотельного моделирования построится модель внутреннего объема металла ПК и погружного стакана. Каждая модель ПК, состыкованного с погружным стаканом, делится на конечные элементы. Количество элементов при моделировании ПК «Белорусский металлургический завод» варьируется от 15000 до 30000 в зависимости от сложности конструкции рассчитываемого промежуточного ковша. При этом уровень металла в промежуточном ковше считается равным 0,7 м [5]. Моделирование проводится с рядом допущений [3, 5]:

- считаем, что моделируемый процесс протекает в объеме, ограниченным контуром области моделирования;
- объем, в котором происходит исследование, изначально заполнен металлом;
- жидкий металл является вязким и несжимаемым;
- моделируем процесс разлива стали открытой струей;

В качестве уравнения, описывающего движение жидкости в области моделирования, принимаем уравнение Навье-Стокса для нестационарных потоков жидкости. Для проведения математического моделирования необходимо задать условия течения жидкости в объеме. В качестве таких условий приняты следующие:

- скорость истечения жидкости из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш постоянна и задана;
- расход жидкости из промежуточного ковша в кристаллизаторы равен расходу жидкости из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш.

Результаты, полученные математическим моделированием, уже применяются при расчете и конструировании конструкций МНЛЗ, и данная методика планируется к использованию в дальнейшем.

Список использованных источников

1. Леонов, Н.А. Реконструкция привода тележки промежуточного ковша МНЛЗ №1 ОАО «Уральская Сталь» / Н.А. Леонов, А.В. Нефедов / Наука и производство Урала. – 2015. – № 11. – С. 128–129.
2. Вдовин, К.Н. Непрерывная разливка стали / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков // Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 540 с.
- 3 Вдовин, К.Н. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ / К.Н. Вдовин. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – 118 с.
4. Нефедов, А.В. Развитие методологии расчета и создание элементов металлургического агрегата – промежуточного ковша МНЛЗ / А.В. Нефедов, В.В. Точилкин / Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 27–31.
5. Improving the Designs of Elements of Refractory Materials for the Tundish of Continuous Section Casters / O.A. Marochkin (Etc.) // Refractories and Industrial Ceramics. – 2016, volume 57, issue 1, pp.1–3.