

**Смирнов А.Н.<sup>1</sup>, Лысенко Т.В.<sup>2</sup>, Васильев Д.С.<sup>2</sup>, Киселев К.А.<sup>2</sup>**  
**(<sup>1</sup>ФТИМС НАН України, г. Киев; <sup>2</sup>ОНПУ, г. Одесса)**  
**АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕНА В СИСТЕМЕ «ЗАГОТОВКА –**  
**КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ»**

Повышение качества непрерывно-литой заготовки и повышение надежности МНЛЗ – весьма актуальная задача.

Целью работы является анализ теплообмена между заготовкой и кристаллизатором. От условий теплообмена в кристаллизаторе зависит скорость вытяжки, качество поверхности и макроструктуры НЛЗ.

Дефекты, зарождающиеся в кристаллизаторе корочки заготовки, невозможно исправить последующими условиями охлаждения. На выходе из кристаллизатора корочка слитка должна быть равномерной толщины и выдерживать ферростатическое давление жидкой стали. Для этого требуется организация интенсивного и непрерывного теплоотвода от жидкой стали к охлаждающей воде в кристаллизаторе.

Толщина корки НЛЗ зависит от времени пребывания слитка в гильзе кристаллизатора. Плотность теплового потока редко является однородной и варьируется как в поперечном, так и в продольном направлениях. Процесс образования корки зависит от химического состава стали, перегрева металла, условий истечения металла в гильзе кристаллизатора, типа смазки, конструкции гильзы кристаллизатора.

Рост корочки заготовки определяется величиной теплоотвода в гильзе на следующих этапах: проводимость через корку слитка; проводимость через гарнисаж (при использовании ШОС) или смазку; проводимость и излучение через газовый зазор между коркой слитка и стенкой гильзы кристаллизатора; проводимость через стенку гильзы кристаллизатора и конвекция на поверхности раздела гильзы и охлаждающей воды.

Каждый из выше перечисленных этапов влечет за собой сопротивление тепловому потоку и росту корки НЛЗ.

Наибольшее сопротивление отводу тепла оказывают газовый зазор между коркой НЛЗ и стенкой гильзы – 35,5%, и проводимость через твердую

корку – 25,1% [1]. Таким образом, рост корки НЛЗ в кристаллизаторе зависит, прежде всего, от динамики образования газового зазора.

Газовый зазор формируется как результат комплексного взаимодействия двух факторов: усадки, возникающей по мере охлаждения корки, при которой сталь отходит от стенок гильзы кристаллизатора, и давления столба жидкого металла. Величина зазора, толщины корки, а, значит, и теплового потока изменяются в зависимости от скорости разливки [2], химического состава стали, типа смазки (масло/ШОС), конусности и состояния гильзы кристаллизатора.

Плотный контакт между корочкой слитка и стенкой гильзы наблюдается на участке, где давление металла больше усилий усадки. Неоднородный зазор приводит к соответствующей неравномерности в толщине корки и такому дефекту формы, как ромбичность.

Тепловой поток максимален в районе мениска металла в кристаллизаторе, где зазор между корочкой слитка и стенкой гильзы наименьший. Величина среднего теплового потока ( $q_{cp.}$ ) в гильзе кристаллизатора может быть вычислена по следующей формуле:

$$q_{cp.} = \frac{F \cdot c \cdot \Delta T}{S}, \quad (1)$$

где  $q_{cp.}$  – средний тепловой поток;  $F$  – расход воды на кристаллизатор;  $\Delta T$  – перепад температуры воды на выходе и входе кристаллизатора;  $c$  – удельная теплоемкость воды;  $S$  – площадь поверхности контакта между НЛЗ и гильзой кристаллизатора.

Приведенные выше данные позволяют анализировать влияние переменных параметров процесса разливки стали на ход затвердевания корочки НЛЗ.

#### Литература:

1. Металлургические мини-заводы / А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, Л.В. Дорохова, А.Ю. Цупрун. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – 469 с.
2. Хорбах У., Коккентидт Й., Юнг В. Литье сортовых заготовок с высокой скоростью через кристаллизатор параболического профиля // МРТ. 1998.– С.42-51.