

**Ю. С. Пройдак, И. В. Деревянченко, Л. В. Камкина, А. П. Стовпченко,
А. Г. Безшкуренко, Ю. Н. Грищенко**

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗЛИВАЕМОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА МНЛЗ

На протяжении многих лет одной из важнейших проблем непрерывной разливки стали является борьба с затягиванием сечения канала стакана-дозатора неметаллическими включениями. Это приводит к уменьшению эффективного сечения канала, ограничению количества металла, разливаемого через один ручей, полному прерыванию процесса, снижению качества заготовки. Анализ публикаций, связанных с затягиванием канала стакана-дозатора показывает, что авторы, в основном, предлагают решать данную проблему путем применения новых огнеупорных материалов, а также технологических приемов, снижающих вторичное окисление разливаемого металла на различных этапах непрерывной разливки.

Проанализирован массив плавов высокоуглеродистых марок сталей, выплавленных в ДСП-2 ЭСПЦ ММЗ по технологическим схемам: ДСП - VD - УКП - МНЛЗ, ДСП - УКП - VD - МНЛЗ и ДСП - УКП - МНЛЗ. В 45 % разлитых плавов высокоуглеродистого металла отмечена пониженная разливаемость стали, что связано с настыеобразованием на внутренней поверхности стаканов-дозаторов промковша. Это приводило к снижению скорости разливки и требовало проведения различных технологических мероприятий по устранению указанного негативного фактора. Для его устранения и стабилизации скоростных показателей разливки использовали кратковременное снятие защитных огнеупорных труб на участке стальной промковш или промывку стаканов-дозаторов промковша кислородом. Эти мероприятия, не регламентированные технологической инструкцией, могут быть причиной увеличения поверхностных дефектов заготовки. Случаи применения кислорода при разливке сталей высокоуглеродистого сортамента составили ~ 30 % от общего количества разлитых плавов.

Выполнен анализ основных технологических показателей внепечной обработки и разливки 73 плавов высокоуглеродистой стали марки 70. Весь массив данных был разбит на 3 группы с учетом их разливаемости на МНЛЗ, в т.ч.: 1-я группа – стабильный процесс разливки металла на МНЛЗ; 2-я группа – незначи-

тельные отклонения процесса разливки стали; 3-я группа – пониженная разливаемость стали и случаи использования кислорода. Установлена зависимость стабильности процесса разливки от: суммарного расхода материалов (присаженных на УКП для корректировки химического состава); степени усвоения кремния из ферросплавов; температурного режима внепечной обработки и разливки стали; содержания алюминия (общего, кислоторастворимого и нерастворимого) в стали; содержания кальция в непрерывнолитой заготовке; отношения $[Ca]/[Al]_{\text{общ.}}$; отношения $[Ca]/[Al]_{\text{раств.}}$; отношения $[Ca]/[Al]_{\text{нестр.}}$; отношения $[Al]_{\text{общ.}}/[Ca]$; отношения $[Ca]/[S]$; отношения $[Mn]/[Si]$; продолжительности мягкого перемешивания металла аргоном в ковше после ввода кальция содержащей проволоки. Установлено, что из всех проанализированных факторов к числу оказывающих влияние на разливаемость металла можно отнести: содержание кальция в металле (прирост содержания кальция по группам разливаемости - 0,0010 %, 0,0011 % и 0,0014 %); отношение $[Ca]/[Al]_{\text{общ.}}$ (динамика роста данного показателя по группам разливаемости составила – 0,42; 0,45 и 0,56); отношение $[Ca]/[S]$ (для 1-й группы разливаемости характерна более высокая величина 0,37; для прочих 2-х групп данный показатель составляет 0,30 и 0,33); степень усвоения кальция (динамика роста степени усвоения кальция в металл по группам разливаемости – 10%, 11% и 15%); отношение $[Ca]/[Al]_{\text{раств.}}$ (для 3-й группы характерно более высокое отношение показателя – 1,16, для 1-й и 2-й групп данный параметр составил – 0,72 и 0,60).

Влияние суммарного расхода материалов на УКП для корректировки химического состава, температурного режима внепечной обработки и разливки стали, содержания в стали $Al_{\text{общ.}}$, $Al_{\text{раств.}}$, $Al_{\text{нестр.}}$, отношения $[Mn]/[Si]$, длительности от момента ввода последней порции проволоки с кальциевым наполнителем до начала разливки стали на МНЛЗ не выявлено. Случаи использования кислорода, как правило, фиксировались при разливке третьей и последующих за ними плавов в серии.

Средний уровень содержания общего кислорода в высокоуглеродистом металле довольно низкий. В начале внепечной обработки (после наведения рафинирующего шлака) его величина составляет 33 ppm. Отмечен также прирост содержания общего кислорода в пробах с МНЛЗ. В среднем увеличение общего кислорода во второй пробе по отношению к первой – 0,0006%. Возможными причинами определенной динамики прироста кислорода могут быть – оголение зеркала металла проковша из-за размытия

теплоизолирующей засыпки, неплотности стыка защитной трубы и удлиненного коллектора стальной трубой, перекосы защитной трубы при ее установке, неоптимальный расход аргона подаваемого в полость защитной трубы.

УДК 621.74

Е. В. Синегин, Б. М. Бойченко, В. Г. Герасименко, Л. С. Молчанов
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЕЛ ПОДОБИЯ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОХОЛОДИЛЬНИКОВ С ЖИДКИМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ РАСПЛАВАМИ В ПРЕДКРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Постановка проблемы. Моделирование процессов, сопровождающих разливку и кристаллизацию стали, значительно упрощается и удешевляется, если вместо жидкой стали использовать легкоплавкие металлы, поскольку процессы формирования макроструктуры всех металлов и сплавов имеют одинаковую природу и могут быть описаны одними параметрами [1-3].

По результатам работ [3,4-7] выбраны основные факторы и параметры, определяющие процесс кристаллизации стали: коэффициент теплоотдачи α , перепад температур ΔT , теплопроводность λ , плотность ρ , теплота кристаллизации L , линейный размер l , удельная теплоёмкость c , скорость w , кинематическая вязкость ν и коэффициент диффузии примеси D . Нахождение показателей степеней величин в полученных безразмерных комплексах осуществлялось по методике [8] решением системы линейных уравнений в программе Mathcad 2000 Professional.

Выполнив несложные преобразования, получаем критерии Био, критерий фазового перехода, число Шмидта, число Пекле. Роль функционального критерия играет безразмерный симплекс $R = \delta/r$, показывающий отношение толщины δ макроструктурной зоны заготовки к её радиусу r .

Ввод в кристаллизующийся расплав инокулятора из материала матрицы сопровождается «намерзанием» на него тонкого слоя металла, который после нагрева до температуры кристаллизации плавится вместе с самим инокулятором, снимая переохладение расплава. Тогда при диаметре частицы менее критического ($d < d_{кр}$) он будет полностью расплавляться, снижая перегрев