



The numerical modeling of the melt flowing processes in crystallizer and liquid pool of steel is carried out. The constructive decisions for organization of the melt rotation in crystallizer are given.

Д. Н. АНДРИАНОВ, М. Н. НОВИКОВ, А. И. СТОЛЯРОВ, ГГТУ им. П.О.Сухого

УДК 621.746.588

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ СТАЛИ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ С ПОМОЩЬЮ ГЛУХОДОННОГО СТАКАНА

Принцип создания искусственной турбулизации потоков путем создания в них организованных вихревых зон широко используется в современной технике для интенсификации тепло- и массообмена [1]. Однако соображения экономической целесообразности существенно ограничивают использование методов и средств внешних воздействий на формирующийся слиток [2].

В данной статье для снижения осевой ликвации и неметаллических включений в непрерывнолитой заготовке предложено использовать погружаемые стаканы специальной конструкции, которые обеспечивают турбулированную подачу металла в кристаллизаторы МНЛЗ [3].

Одна из главных задач замены прямооточного погружного стакана на безнапорный с соответствующими конструктивными доработками – подача металла в кристаллизатор в виде закрученного потока, что исключает переохлаждение мениска, с одной стороны, а с другой – создает благоприятные условия для всплытия неметаллических включений путем торможения нисходящих потоков [4,5].

Одним из факторов, оказывающих влияние на формирование потоков, являются конфигурация и размеры выходных отверстий погружного стакана. Эту зависимость можно проследить при анализе патентов способов непрерывной разливки жидкого металла и устройств для его осуществления.

Глуходонный погружной стакан с внутренним диаметром 60 мм и наружным диаметром 110 мм имеет четыре выходных отверстия диаметром 30 мм, расположенных

веерообразно (рис. 1). Отношение суммарной площади отверстий к площади подводящего канала погружного стакана составляет единицу. Угол наклона оси выходного отверстия к вертикальной оси стакана был принят 20° . Глубина погружения стакана в расплав 220 мм при 100%-ном заполнении кристаллизатора.

Исходными данными для расчета являлись технологические режимы разливки стали [6].

Для установления влияния углов наклона выходных отверстий к горизонтали рассматривали варианты с горизонтальным расположением осей, без наклона оси выходного отверстия (вариант 0), с углом наклона оси отверстия $+3^\circ$ (вариант 1) и -3° (вариант 2) относительно горизонта.

При проведении исследований большое внимание было уделено изучению характера и скоростей потоков на выходе из отверстий погружного стакана.

На рис. 2, а показаны конвективные линии тока расплава в кристаллизаторе при установленном стакане, выполненном по варианту 0, на рис. 2, б –

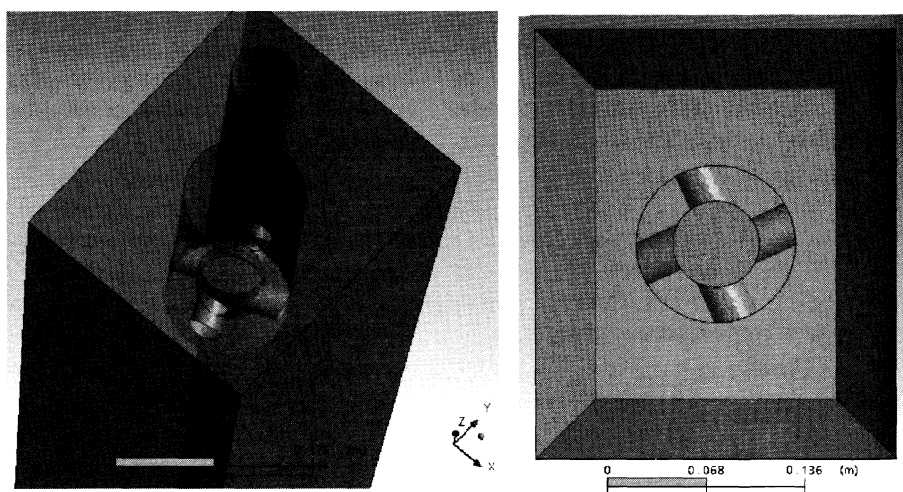


Рис. 1. Глуходонный стакан

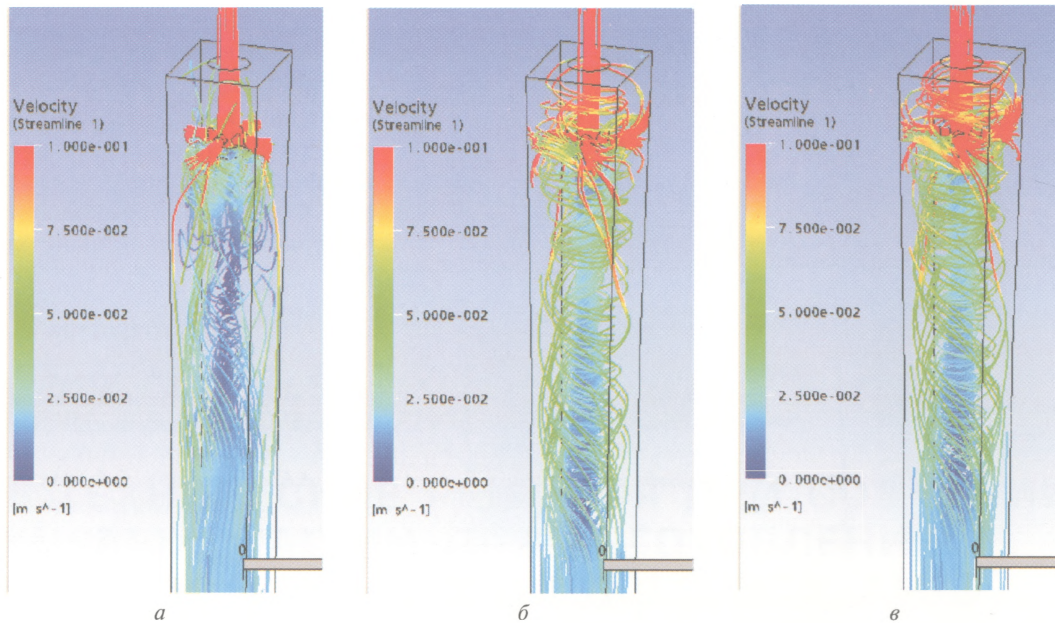


Рис. 2. Конвективные линии тока расплава в кристаллизаторе. Формат заготовки 250x300 мм, скорость вытяжки 0,8 м/мин: а – вариант 0; б – вариант 1; в – вариант 2

по варианту 1, на рис. 2, в – по варианту 2. Указанное на рисунке значение скорости течения расплава ограничено 0,1 м/с для более удобного представления структуры течения.

При поступлении металла в кристаллизатор появляются тангенциальные составляющие потоков, которые обеспечивают устойчивое равнонаправленное вращение металла в верхней части кристаллизатора, способствующее всплыванию неметаллических включений и их ассимиляции покровным шлаком на зеркале металла и, таким образом, повышению чистоты стали, а также качества поверхности заготовок (снижение количества подкорковых пузырей).

Вариант 0. При горизонтальном расположении выходных отверстий струя расплава направлена на стенку кристаллизатора под прямым углом, что при значительной скорости расплава может привести к подмыванию кристаллизующейся корочки слитка (рис. 2, а). Максимальная скорость истечения наблюдается в отверстии подводящего канала и составляет 0,6 м/с при скорости вытяжки слитка 0,8 м/с.

Вариант 1. Отклонение струи потока расплава в направлении вытяжки. Скорость движения струи расплава характеризуется невысокими скоростями (0,05–0,15 м/с), закручивающими поток ниже выпускных отверстий (рис. 2, б).

Вариант 2. Отклонение струи потока расплава в направлении мениска (рис. 2, в) вызывает более интенсивное вращение расплава в кристаллизаторе выше выходных отверстий (скорость 0,15–0,30 м/с).

Таким образом, применение безнапорного стакана с боковыми отверстиями существенно меняет структуру гидротоков: выше и ниже

выходных отверстий образуются вихреобразные потоки с обратной друг другу циркуляцией с нисходящими потоками вдоль образующей стакана для верхних вихрей и восходящими по центру жидкой лунки – для нижних. Выше выходных отверстий восходящие потоки направлены вдоль периметра кристаллизатора, особенно интенсивные по углам, куда расходятся струи.

Значительные скорости истечения расплава из глухонного стакана могут привести к снижению стойкости разливочного стакана и кристаллизатора, а также загрязнению расплава продуктами износа стакана, что повысит вероятность появления дефекта типа «неметаллические включения».

Одним из отрицательных факторов использования глухонного стакана является затягивание стакана при разливке стали [7]. Это происходит в основном включениями глинозема, образующегося при раскислении стали алюминием, и алюминатами кальция [4, 5]. Для борьбы с указанным недостатком применяют продувку аргоном [8].

На входе в погружной стакан задавали расход аргона, соответствующий скоростям 0,1–0,6 м/с. На рис. 3 показаны конвективные линии тока расплава в кристаллизаторе.

Из рисунка видно, что продувка аргоном при малом расходе значительно не влияет на характер движения расплава (рис. 3, а). Существенное увеличение расхода аргона сопровождается увеличением скорости расплава в кристаллизаторе, кроме того, возникают восходящие потоки, которые благоприятны для удаления неметаллических включений.

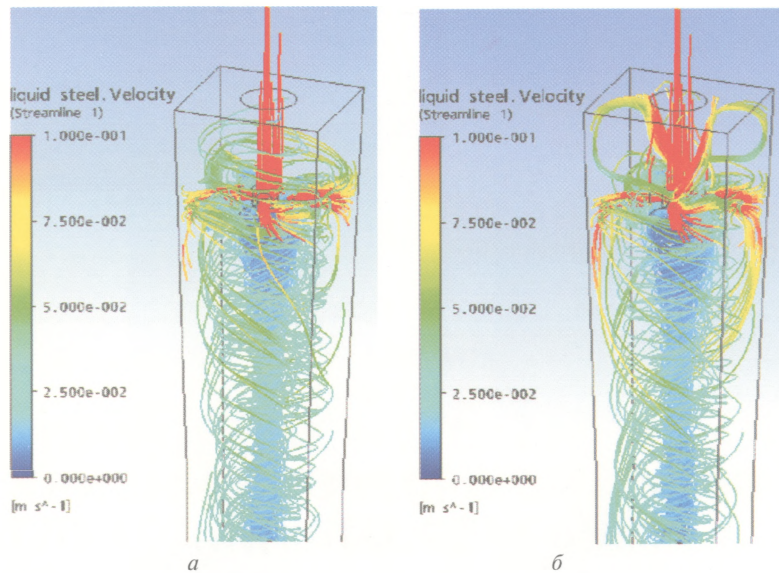


Рис. 3. Конвективные линии тока расплава в кристаллизаторе при продувке аргоном. Формат заготовки 250x300 мм, скорость вытяжки 0,5 м/мин: а – скорость подачи аргона 0,1 м/с; б – 0,2 м/с

Выводы

Проведенные на численной модели исследования показали, что применение безнапорных сталеразливочных стаканов специальных конструкций позволяет:

- 1) организовать вращение металла в вертикальной плоскости (одновихревая организация);
- 2) уменьшить средние скорости нисходящих потоков;
- 3) дестабилизировать зону удержания примесных образований (неметаллических включений).

Создание горизонтальных вращательных элементов расплава в кристаллизаторе и жидкой лунке слитка связано с созданием касательной

составляющей потока, которая значительно зависит от скорости истечения расплава. Получение максимального вращательного эффекта возможно только при оптимальном соотношении технологических и конструктивных параметров в системе промковш–металлопровод–разливочный стакан–кристаллизатор.

Литература

1. Калинин Э.К., Дрейцер А.Г., Ярохо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. М.: Машиностроение, 1990.
2. Ефимов В.А., Эльдарханов А.С., Таранов Е.Д., Нурадинов А.С. Влияние внешних воздействий на структурообразование и неметаллические включения при кристаллизации стали // Сталь. 1999. №7. С. 27–30.
3. Дюдкин Д.А., Писарский С.Н., Овчинников Н.А. и др. Снижение осевой ликвации стали при турбулизованной подаче металла в кристаллизатор МНЛЗ // Metallurg. 2000. №4. С. 30–31.
4. Сладкошteeв В.Т., Актырский В.Л., Потанин Р.В. Качество стали при непрерывной разливке. М.: Металлургия, 1973.
5. Виноград М.И., Громова Г.И. Включения в легированных сталях и сплавах. М.: Металлургия, 1975.
6. Андрианов Д.Н., Новиков М.Н., Столяров А.И. Моделирование процессов течения металла в кристаллизаторе МНЛЗ при подаче стали через прямоточный стакан // Литье и металлургия. 2008. № 1. С. 85–89.
7. Смирнов А.Н., Фоменко А.П., Орлов И.А., Фоменко С.А. Совершенствование защиты стали от вторичного окисления при разливке на МНЛЗ // Сталь. 1998. №11. С. 19–23.
8. Баканов К.И., Бармотин И.П., Власов Н.И. и др. Рафинирование стали инертным газом. М.: Металлургия, 1975.