

Объемно-факельные водовоздушные форсунки для блюмовых и сортовых МНЛЗ

А. В. Куклев, Ю. М. Айзин,
А. М. Лонгинов, А. К. Ижик,
Г. В. Сгибнев, В. А. Капитанов
ФГУП ЦНИИчермет, ООО “Корал”

Качество непрерывнолитых слябов в значительной степени зависит от работы системы вторичного охлаждения, в частности от конструкции форсунок. Ко всем форсункам, работающим в зоне вторичного охлаждения, предъявляются следующие требования: гарантированное получение расчетного коэффициента теплоотдачи, равномерное распределение коэффициента теплоотдачи по ширине факела, постоянная геометрия факела при изменении расхода теплоносителя, широкий диапазон расходов воды. Для охлаждения широких граней слябов применяют плоскофакельные форсунки, в остальных случаях — для охлаждения блюмов, сортовых заготовок, узких граней слябов используют объемно-факельные форсунки.

Объемный факел в отличие от плоского не может быть получен только истечением воды или водовоздушной смеси из сопла соответствующей формы. При истечении жидкости из цилиндрического сопла достигается угол раскрытия струи примерно 10° , что недостаточно для объемно-факельной форсунки. Применение расширяющегося сопла (диффузора) не приводит к увеличению угла раскрытия факела вследствие отрыва струи от кромок диффузора. Поэтому увеличение угла раскрытия достигается не изменением формы сопла, а закручиванием жидкости на подходе к соплу. При истечении через сопло закрученная струя раскрывается под действием сил инерции на угол $60 - 90^\circ$.

Однако для водовоздушной смеси такой метод увеличения угла раскрытия неприменим из-за низкой плотности водовоздушной струи по сравнению с водяной, силы инерции в ней невелики, смесь просто обтекает закручивающее устройство, и должного раскрытия факела не наблюдается. Для увеличения угла раскрытия водовоздушной струи вместо закручивания применяют другие приемы — подвод смеси через множество мелких сопел, расположенных под углом друг к другу, установку в сопло рассекающего конуса и т. п. Все эти методы получения объемного водовоздушного факела приводят к усложнению конструкции форсунки, вследствие уменьшения проходных сече-

ний повышается вероятность засорения и снижается надежность ЗВО в целом.

Однако существует принципиально другой способ получения объемного факела, не связанный с уменьшением проходных сечений. Объемный факел может быть получен взаимодействием двух плоских струй, истекающих под небольшим углом друг к другу из сопел двухщелевой форсунки. Каждая из этих струй по отдельности представляет собой обычный плоский факел, но, истекая в непосредственной близости друг от друга, они испытывают взаимное притяжение. В результате в пространстве между струями возникает область, заполненная движущейся водовоздушной смесью, — из двух плоских факелов возникает один объемный. Угол раскрытия подобного факела определяется направлением струй, заданным углом сопел, т. е. угол раскрытия перестает быть параметром расхода воды и зависит лишь от конструкции форсунки. Возможного распада факела на две отдельные струи удается избежать за счет экспериментально подобранных соотношений воды и воздуха в соплах форсунки, которые позволяют получить объемный факел. Недостатком двухщелевых форсунок является большой расход воздуха, определяемый большим суммарным проходным сечением сопел. Однако расход воздуха может быть сокращен без ущерба для работы форсунки путем установки дросселей в смесителях. Следует заметить, что прямоугольный факел может при некоторых параметрах выглядеть “пустым” — в осевой области факела практически не видно летящих капель. Однако экспериментальные исследования теплообмена в факеле показали, что даже в «пустой» осевой области достигаются коэффициенты теплоотдачи, сопоставимые с заполненной периферийной. Это может быть объяснено благоприятными для теплообмена углами атаки в осевой области. Таким образом, кажущийся пустой факел характеризуется высокой равномерностью распределения теплоотдачи по пятну орошения, чего нельзя сказать про конусный фа-

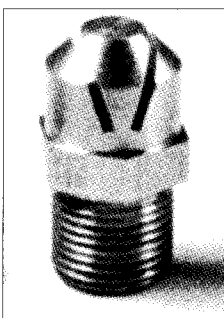


Рис. 1. Двухщелевая объемно-факельная форсунка ООО “Корал”

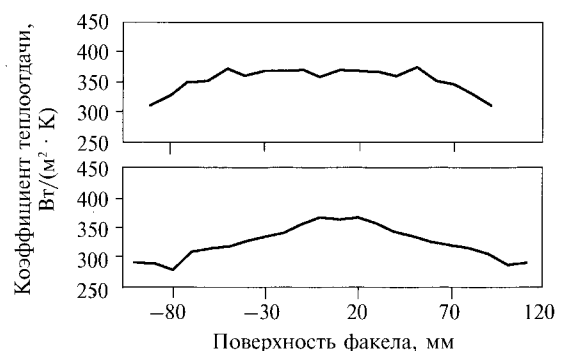


Рис. 2. Распределение коэффициента теплоотдачи по поверхности факела 200 мм двухщелевой объемно-факельной форсунки

кел круглофакельных форсунок с резким пиком теплоотдачи на оси.

Сотрудниками ООО “Корад” разработана двухщелевая объемно-факельная форсунка оригинальной конструкции (рис. 1), которая может применяться как для зон вторичного охлаждения на блюмовых и сортовых МНЛЗ, так и для охлаждения торцов слябовых заготовок. Проведенные в лаборатории ООО “Корад” теплотехнические исследования данной форсунки выявили ряд преимуществ перед аналогичными форсунками других конструкций. Форсунка имеет прямоугольный профиль пятна орошения, вытянутый в одном направлении, что удобно при расстановке форсунок по технологической длине машины, так как необходимы раз-

ные сечения профиля пятна орошения по ширине и длине отливаемой заготовки. В то же время асимметричность площади орошения факела не отражается на распределении коэффициента теплоотдачи по ширине и высоте (рис. 2). Раскрытие факела слабо зависит от расхода воды, что позволяет данной форсунке работать в широком диапазоне регулирования.

Двухщелевые объемно-факельные форсунки конструкции ООО “Корад” испытаны не только в лабораторных, но и в промышленных условиях, а затем успешно внедрены на слябовых машинах ОАО “Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича” и ОАО “Северсталь”, на блюмовых МНЛЗ ОАО “Оскольский электрометаллургический комбинат”.

УДК 621.746.047

Совершенствование защитных шлакообразующих смесей для промежуточных ковшей МНЛЗ

А. М. Топтыгин, Е. Г. Полозов,
Ю. М. Айзин, И. В. Неклюдов
ОАО “Корад”, ОАО “Волжский
трубный завод”

В технологии непрерывной разливки стали промежуточный ковш, кроме традиционных функций буферной емкости и распределителя металла по ручьям, способен быть агрегатом дополнительного рафинирования металла от неметаллических включений и газов. При этом основную роль играют защитный покровный шлак и рациональная организация потоков металла в самом промежуточном ковше. Главные требования, предъявляемые к защитному шлаку промежуточного ковша: хорошие теплоизолирующие свойства; высокая и длительная адсорбционная способность по отношению к неметаллическим включениям; низкая газопроницаемость для предотвращения процессов вторичного окисления. Кроме этого, шлак должен быть нейтральным по отношению к огнеупорам и разливаемой стали, не затруднять управление стопорами и выделять минимальное количество вредных веществ.

Применяемые в настоящее время в России и за рубежом ШОС для промежуточных ковшей условно можно разделить на три основные группы: кислые (на базе системы $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$), основные ($\text{CaO} - \text{SiO}_2$) и промежуточные ($\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$). В свою очередь, эти смеси делятся на фторсодержащие, где главные флюсующие компоненты состоят из фтора и щелочи, и на бесфтористые, где наряду со щелочной группой, флюсующими являются оксиды железа и марганца.

Ведущие зарубежные фирмы предлагают потребителям бесфтористые теплоизолирующие смеси, преимущественно на базе системы $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$, которые, по данным изготовителей, обладают достаточно хорошими теплоизоляционными свойствами и ассимилирующей способностью.

В процессе разливки в промежуточном ковше образуются неметаллические включения эндогенного

типа — продукты раскисления стали при внепечной обработке и вторичном окислении (до 50 мкм), а также экзогенные — эмульгированный шлак и продукты эрозии огнеупоров сталеразливочного и промежуточного ковша (≥ 1 мм).

Эффективность ассимиляции этих включений защитным шлаком промежуточного ковша определяется его химическим составом, консистенцией, толщиной жидкого слоя, условиями массопередачи в ковше (характером потоков в жидком металле). Критерием оценки эффективности ассимиляционной способности шлака служит степень заporоченности литых заготовок неметаллическими включениями.

Сохранение ассимиляционной способности шлака при длительной разливке в значительной степени определяется его основностью. Так, по данным работы [1], фторсодержащие шлаки системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ с основностью 0,5 – 1,5 обладают не только хорошей ассимиляционной способностью по отношению к включениям на базе Al_2O_3 , но и сохраняют это свойство при длительной разливке, если содержание Al_2O_3 в шлаке не превышает 32 – 35 %.

Ассимиляционная способность шлака повышается с увеличением толщины его жидкого слоя, которая зависит от содержания в смеси флюсующих компонентов (щелочи, фтора, оксидов железа и марганца). Если жидкий слой меньше 6 мм, то способность шлака к ассимиляции глиноземистых включений заметно снижается [2].

Вязкость шлака влияет не только на стабильность работы стопоров, но и на его ассимиляционную способность, а также на газопроницаемость, от которой зависят процессы вторичного окисления металла в промежуточном ковше. При этом на увеличение газопроницае-