

С. Н. Писарский¹, инженер МНЛЗ

А. Н. Смирнов², д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотр., e-mail: stalevoz@i.ua

Д. А. Лавренко¹, ст. мастер МНЛЗ

Д. В. Рябый³, аспирант

¹Standart Metallurgical Company, Лагос, Нигерия

²Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

³Донбасский государственный технический университет, Лисичанск

Оценка технологических возможностей стабилизации скорости разливки открытой струей на современной сортовой МНЛЗ. Сообщение 1

Ухудшение разливаемости стали на сортовых МНЛЗ открытой струей обусловлено как образованием отложений в стаканах-дозаторах промковша, так и снижением ее жидкотекучести. Показано, что для фактических условий поверхностное натяжение стали является более сильным фактором влияния на скорость разливки по сравнению с ее вязкостью. Определено, что максимальное влияние на поверхностное натяжение и вязкость стали оказывают в порядке убывания электроотрицательности такие примесные химические элементы, как кислород, сера, углерод, фосфор, а также твердофазные продукты раскисления.

Ключевые слова: сортовая МНЛЗ, разливаемость, жидкотекучесть, поверхностное натяжение, вязкость, продукты раскисления, стабилизация скорости, качество заготовок.

Основные тенденции развития технологии непрерывной разливки стали характеризуются стремлением к повышению скорости вытяжки заготовки при одновременном обеспечении требований к качеству заготовки и готовой продукции. Эта тенденция наиболее актуальна для многоручьевых высокоскоростных МНЛЗ [1]. При этом поддержание постоянной скорости разливки на заданном уровне является одним из основных требований по обеспечению качества непрерывнолитой заготовки и стабильности технологического процесса, в том числе на сортовых МНЛЗ с разливкой открытой струей раскисленной кремнием стали.

Следует отметить, что термин «раскисленная кремнием сталь» применительно к сортовым МНЛЗ следует понимать условно. Поскольку при раскислении только марганцем и кремнием невозможно достижение уровня активности кислорода $a[O]$ в стали, исключая образование сотовых пузырей в заготовке [2], то в стали, разливаемой на сортовых МНЛЗ, всегда присутствует алюминий – обычно на уровне $[Al] \leq 0,005\%$. Даже если алюминий непосредственно не используется для раскисления стали, то он присутствует в качестве учитываемой примеси в используемых ферросплавах и модификаторах (FeSi, SiCa).

Как правило, при самопроизвольном снижении скорости разливки для синхронизации рабочих циклов сортовой МНЛЗ и плавильного агрегата вынужденно переходят на использование сменных стаканов-дозаторов промковша несколько большего диаметра. При этом вследствие увеличения количества используемых стаканов-дозаторов возрастают удельные затраты на огнеупоры. Нестабильная скорость разливки

из-за технологически обусловленной зависимости интенсивности вторичного охлаждения от скорости разливки (с автоматическим регулированием) вследствие возникновения переходных процессов приводит к нерациональным режимам охлаждения заготовки, которые обуславливают термические поводки сортовой заготовки и возникновение такого специфического и трудно устранимого ее дефекта как ромбичность. При устойчивом снижении скорости разливки увеличивается вероятность потерь ручьев из-за замерзания металла в каналах стаканов-дозаторов. Учитывая также тот факт, что возможности использования эффективных технологических решений по оперативному уменьшению и/или устранению ромбичности сортовых заготовок крайне ограничены, и ручей с ромбичностью заготовок выше допустимой вынужденно закрывают, то сокращение потерь ручьев и срывов серийности за счет стабилизации скорости разливки открытой струей со снижением удельных затрат по переделу МНЛЗ остается для сортовых МНЛЗ актуальной задачей.

Как показывает практика разливки на сортовых МНЛЗ открытой струей, самопроизвольное снижение скорости разливки при постоянном уровне металла в промковше возможно по двум основным причинам:

1) снижение жидкотекучести разливаемой стали в силу определенных физико-химических явлений;

2) зарастание канала стакана-дозатора промковша отложениями.

Причиной указанного зарастания каналов стаканов-дозаторов является процесс образования отложений неметаллических включений (НВ) сложного состава эндогенной и экзогенной природы, в первую очередь из продуктов раскисления и вторичного

окисления стали, а также частиц покровного шлака промковша, которые захватываются сталью при падении уровня металла, например, при замене сталеразливочных ковшей в процессе серийной разливки [3]. В составе отложений практически всегда присутствует и металлическая фаза. Поскольку основными компонентами отложений НВ в разливочных огнеупорах являются НВ системы $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3$, то считается, что ограничение содержания алюминия в стали на уровне $[\text{Al}] < 0,005 \%$ заметно снижает вероятность зарастания канала стакана-дозатора промковша сортовой МНЛЗ.

Учитывая возможную взаимосвязь выше указанных причин снижения скорости разливки, представляет определенный теоретический и практический интерес исследование факторов, влияющих на величину жидкотекучести стали при разливке открытой струей. При этом принимаем, что жидкотекучесть стали определяется такими физическими величинами как вязкость и поверхностное натяжение, которые с повышением температуры металлического расплава уменьшаются, а его жидкотекучесть, соответственно, увеличивается.

Рассмотрим для условий разливки на сортовой МНЛЗ основные закономерности, определяющие влияние вязкости и поверхностного натяжения стали на скорость разливки. Схема разливочного узла промковша МНЛЗ с системой быстрой замены стаканов-дозаторов представлена на рисунке. Для нее применима известная из гидравлики задача свободного истечения жидкости из емкости через внешний насадок. Расход жидкости Q в этом случае определяется по формуле: $Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2gH}$, где S – площадь сечения канала насадка; H – геометрический напор, м; μ – коэффициент расхода.

Для истечения стали с малым напором H через насадок малого диаметра ($d < 0,03$ м) коэффициент расхода μ испытывает заметное влияние величины поверхностного натяжения, уменьшаясь с его ростом. Относительное влияние сил поверхностного натяжения определяется числом Вебера We . Для

рассматриваемой задачи $We = \frac{2gH\rho d}{\sigma}$, где ρ – плот-

ность стали, кг/м^3 ; d – диаметр стакана-дозатора, м; σ – поверхностное натяжение стали, Н/м .

В работе [4] показано, что для рассматриваемой гидравлической задачи автомоделный режим истечения, когда коэффициент расхода μ практически перестает зависеть от чисел Рейнольдса Re и Вебера We наступает при $Re > 10^5$ и $We > 2,5 \cdot 10^3$. Для конкретных условий конфигурации промковша (уровень металла в промковше $h_m = 0,8$ м, диаметры стаканов-дозаторов $d = (15-20)$ мм) и принятых для стали значениях кинематической вязкости $\nu = 10^{-6}$ $\text{м}^2/\text{с}$ и поверхностного натяжения $\sigma = 1,7$ Н/м фактические значения чисел Рейнольдса и Вебера соответственно равны: $Re_\phi = (6,5-8,6) \cdot 10^4$ и $We_\phi = (1,2-1,5) \cdot 10^3$. Следовательно, фактические значения We_ϕ соответствуют области сильного влияния поверхностного натяжения σ на расход Q , а значения Re находятся в диапазоне значений,

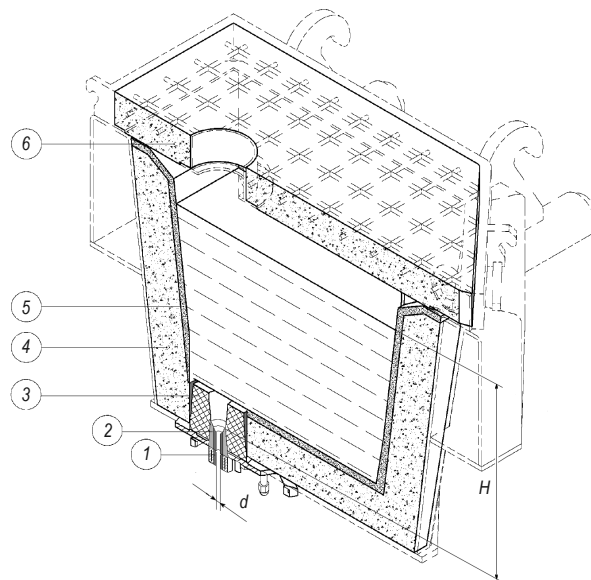


Схема разливочного узла промковша сортовой МНЛЗ с системой быстрой замены стаканов-дозаторов для разливки стали открытой струей: 1 – нижний стакан-дозатор FNC/CNC; 2 – верхний стакан-дозатор FNC/CNC; 3 – гнездовой блок; 4 – постоянная футеровка на основе Al_2O_3 ; 5 – рабочий слой футеровки на основе MgO ; 6 – крышка промковша

когда влияние вязкости ν на истечение и расход становится незначительным.

Таким образом, при разливке стали на сортовых МНЛЗ открытой струей влияние поверхностного натяжения σ на процесс истечения и скорость разливки является приоритетным по отношению к вязкости ν . Физический эффект, обуславливающий для рассматриваемой задачи снижение расхода стали при повышении величины ее поверхностного натяжения, заключается в том, что силы поверхностного натяжения создают внутри струи дополнительное давление Δp_σ , величина которого для цилиндрического участка определяется по формуле Лапласа $\Delta p_\sigma = 2\sigma/d$. Дополнительное давление, создаваемое в струе, уменьшает перепад давления, под которым струя вытекает из стакана-дозатора в атмосферу на величину Δp_σ , и, как следствие, уменьшается и расход жидкости. Следовательно, расходный коэффициент μ для рассматриваемой задачи с уменьшением диаметра струи и повышением величины поверхностного натяжения стали, определяющих число We , должен уменьшаться, обуславливая снижение скорости разливки.

С точки зрения термодинамики, смысл этого вывода заключается в том, что для образования новой поверхности раздела фаз необходимо совершить работу, равную избытку свободной энергии на поверхности раздела фаз. Эта работа затрачивается на разрыв межатомных связей, которые в поверхностном слое струи скомпенсированы лишь частично. При этом с уменьшением диаметра струи и повышением поверхностного натяжения жидкости относительная доля поверхностной энергии в общей свободной энергии системы возрастает.

Как поверхностное натяжение, так и вязкость жидкой стали, являются структурно-чувствительными физическими характеристиками. Они зависят от

ряда факторов, в том числе температуры перегрева над температурой «ликвидус», химического состава стали, содержания и вида присутствующих в ней НВ, содержания примесей, газов и др. Для оценки существующих возможностей по оперативному регулированию разливаемости стали, с учетом технологических особенностей производства и типичного марочного сортамента сортовых МНЛЗ, важно установить для них наиболее значимые факторы влияния.

Механизм влияния химических элементов в расплаве железа на его структурно-чувствительные физические характеристики наиболее адекватно описывается в рамках квазихимического варианта квазиполикристаллической модели микронеоднородного строения металлического расплава [5]. Согласно этому подходу, в силу отсутствия симметрии в силовом поле атомов железа и наличия в расплаве железа других элементов, в нем существуют различные межатомные взаимодействия, которые отличаются как по симметрии, так и по интенсивности. Энергетическая неравноценность связей между различными атомами расплава является причиной формирования динамических наноконфигураций (кластеров) разного состава и строения, отличающихся упорядоченным взаимным расположением атомов и обладающих разной устойчивостью. Связи сторонних атомов с атомами железа, как правило, прочнее, чем связи между атомами железа. При этом прочность связи зависит от величины электроотрицательности сторонних элементов. Самые устойчивые и долгоживущие кластеры соответствуют наиболее прочным связям. Межкластерное пространство является разупорядоченной зоной с хаотическим расположением атомов. От соотношения объемов кластерной и межкластерной зон, а также особенностей строения и степени взаимодействия кластеров разных типов, зависят структурно-чувствительные физические характеристики расплава, в том числе вязкость и поверхностное натяжение. Важно отметить, что существование кластеров не меняет гомогенности расплава на макроуровне и его однофазности.

Учитывая, что максимальные значения электроотрицательности среди присутствующих в стали элементов имеют кислород ($\chi = 3,44$), азот ($\chi = 3,04$), сера ($\chi = 2,58$), углерод ($\chi = 2,55$) и фосфор ($\chi = 2,19$), то их влияние на структурную микронеоднородность а, следовательно, на вязкость и поверхностное натяжение железа, должно быть наиболее заметным, особенно в области малых концентраций.

Действительно, кислород, сера и азот являются сильными поверхностно активными примесными элементами в железе, причем наиболее заметно снижает его поверхностное натяжение кислород. Так, увеличение содержания кислорода в железе при $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ с $0,002$ до $0,060\text{ }\%$ приводит к снижению поверхностного натяжения расплава на $0,75\text{ Н/м}$ ($\approx 40\text{ }\%$).

Среди элементов, обладающих заметной поверхностной активностью в железе, следует отметить кальций и другие элементы из группы ЦЗМ и РЗМ, а также марганец.

По характеру воздействия на вязкость чистого железа в относительно широком диапазоне содер-

жаний химические элементы подразделяются на две группы:

1) Кислород, азот и сера повышают вязкость, причем в наибольшей степени это относится к кислороду. Элементы из группы ЦЗМ и РЗМ также повышают вязкость железа.

2) Фосфор, марганец, углерод, кремний, алюминий уменьшают вязкость [6].

Важно отметить, что концентрационные зависимости вязкости от содержания кислорода, серы и углерода имеют немонотонный характер с наличием в области малых содержаний элементов локальных экстремумов. Установлено, что рост содержания кислорода в диапазоне $[\text{O}] = (0-0,003)\text{ }\%$ сильно снижает, а в диапазоне $[\text{O}] = (0,004-0,02)\text{ }\%$ – повышает вязкость [5]. Диапазон $[\text{O}] = (0,003-0,004)\text{ }\%$ соответствует области локального минимума вязкости. Следует отметить, что оптимальные содержания растворенного кислорода в стали разных марок, включая сверхнизкоуглеродистые, разливаемые на сортавых МНЛЗ открытой струей, не превышают уровня $[\text{O}] = 0,004\text{ }\%$.

Аналогично сера при содержании $[\text{S}] < 0,1\text{ }\%$ сильно снижает, в интервале $[\text{S}] = (0,1-2,5)\text{ }\%$ увеличивает вязкость железа. Для зависимости вязкости железа от содержания углерода характерны локальные минимум и максимум вязкости в области содержаний соответственно $[\text{C}] \approx 0,05\text{ }\%$ и $[\text{C}] \approx 0,15\text{ }\%$ [5, 6]. Для области малых содержаний кислорода, серы, углерода и фосфора интенсивность снижения вязкости железа уменьшается в указанной последовательности, совпадающей с последовательностью убывания электроотрицательности этих элементов.

Среди раскислителей и легирующих, снижающих вязкость железа, следует отметить марганец. Влияние марганца в диапазоне $[\text{Mn}] = (0-1,0)\text{ }\%$ на вязкость железа примерно соответствует влиянию алюминия в диапазоне содержаний $[\text{Al}] = (0-0,04)\text{ }\%$. Влияние кремния аналогично влиянию марганца, но проявляется значительно слабее. В целом же влияние легирующих элементов на вязкость железа связывается с различием атомных радиусов – элементы с большим, чем у железа атомным радиусом повышают его вязкость, а с меньшим – понижают.

Согласно результатам немногочисленных исследований одновременного влияния нескольких элементов на свойства расплава железа, оно имеет неаддитивный характер [5, 6], что связывается с усложнением строения расплава и характера межатомных взаимодействий. Например, сера и кислород заметно усиливают поверхностную активность друг друга. Присутствие в железоуглеродистом расплаве кислорода, серы, фосфора приводит к смещению локальных экстремумов на концентрационных зависимостях вязкости с сохранением их немонотонного характера.

Кроме примесных элементов заметное влияние на вязкость и поверхностное натяжение жидкой стали оказывают содержащиеся в ней продукты раскисления. Наиболее заметно снижают ее жидкотекучесть не смачиваемые жидкой сталью кристаллические оксиды и нитриды [7]. В ряду оксидов сильнее осталь-

ных повышают вязкость стали включения MgO. Далее в порядке ослабления влияния на вязкость стали следуют оксиды ZrO_2 , Al_2O_3 и SiO_2 . Твердофазные окисные глобулярные НВ снижают вязкость железа в меньшей степени.

Находящиеся в стали твердофазные НВ с размерами порядка (1–50) мкм представляют грубодисперсную гетерогенную систему. Присутствие в жидкости взвешенных частиц другой фазы усложняет процесс течения. Если формально его по-прежнему описывать законом Ньютона, то эффективная вязкость дисперсии оказывается больше вязкости чистой дисперсионной среды η_0 . Эффективную вязкость суспензии η , малую долю φ объема которой занимают недеформируемые частицы, можно вычислить на основании известной в гидродинамике формулы Эйнштейна: $\eta = \eta_0 (1 + \alpha \cdot \varphi)$, где α – коэффициент, определяемый формой частиц дисперсной фазы. Для сферических частиц $\alpha = 2,5$, для частиц другой формы $\alpha > 2,5$. Заметное (на 1–2 порядка) расхождение фактической вязкости металлического расплава с рассчитанной по формуле Эйнштейна указывает на то, что твердофазные дисперсии оксидов образуют в жидкой стали структурные микрокомплексы. Поэтому механизм влияния твердофазных оксидов на вязкость жидкой стали также связывается с их влиянием на структурную микронеоднородность металлического расплава.

Влияние процесса раскисления стали на ее поверхностное натяжение и вязкость обусловлено проявлением суммарных эффектов от снижения содержания в стали растворенного кислорода, присутствия в ней остаточного содержания элемента-раскислителя и продуктов раскисления. Согласно известным исследованиям, непосредственно после введения в сталь раскислителей наблюдается резкое повышение вязкости, обусловленное снижением содержания растворенного в стали кислорода и ростом содержания в стали первичных продуктов раскисления [8]. По мере удаления НВ вязкость стали достаточно быстро снижается и, в зависимости от вида раскислителя, может быть выше или ниже исходного уровня. Так, при раскислении стали алюминием она становится на (40–60) % ниже исходной, а при раскислении кремнием и марганцем – несколько выше исходной.

Таким образом, характер изменения поверхностного натяжения и вязкости стали при ее раскислении определяется активностью используемого раскислителя, содержанием растворенных в ней кислорода и раскислителя, а также составом, морфологией и скоростью удаления образующихся при раскислении НВ. С учетом возможного взаимодействия указанных факторов результат совместного их влияния на жидкотекучесть при раскислении, модифицировании и продувке плавки аргоном также может иметь неад-

дитивный характер. Например, содержание в стали растворенного кислорода, помимо непосредственного влияния на вязкость и поверхностное натяжение, может оказывать на эти величины и косвенное влияние, связанное с зависимостью от него состава и агрегатного состояния оксидных включений. При этом следует также учитывать влияние и других факторов, например состава футеровки, покровного шлака в сталеразливочных ковшах и других факторов, определяющих равновесное содержание растворенного в стали кислорода.

Выводы

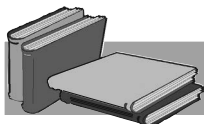
Для фактических условий разливки на сортовых МНЛЗ открытой струей поверхностное натяжение стали, входящее в критерий Вебера, является более сильным фактором влияния на скорость разливки по сравнению с ее вязкостью, входящей в критерий Рейнольдса.

Влияние сторонних элементов в железе, в особенности для области их низких содержаний, определяется величиной их электроотрицательности. Наиболее сильное влияние на поверхностное натяжение и вязкость стали оказывают в порядке ее убывания кислород, сера, углерод, фосфор.

В характерном для разливки стали на сортовых МНЛЗ открытой струей диапазоне содержаний $[O] = (0-0,004) \%$ с ростом содержания растворенного кислорода одновременно и сильно снижаются как поверхностное натяжение, так и вязкость железа, что обеспечивает повышение ее жидкотекучести и улучшение разливаемости. С учетом ограничения (для исключения образования сотовых пузырей в заготовке) содержания в разливаемой стали растворенного кислорода, контроль и точное регулирование степени ее окисленности при разливке стали на сортовых МНЛЗ открытой струей является важным условием стабилизации скорости разливки и качества заготовок.

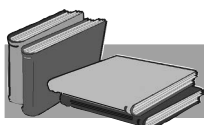
Сера, являясь в стали сильным поверхностно активным и снижающим в области низких содержаний ($< 0,1 \%$) вязкость элементом, а также усиливая поверхностную активность кислорода, с ростом содержания в стали в пределах, оговоренных требованиями стандарта или спецификацией заказчика, будет способствовать улучшению ее разливаемости.

Поскольку на поверхностное натяжение и вязкость стали заметное влияние оказывают также состав и содержание в ней твердофазных продуктов раскисления, то это необходимо учитывать в технологии внепечной обработки плавок (окончательное раскисление, модифицирование, «мягкая» продувка).



ЛИТЕРАТУРА

1. Непрерывная разливка сортовой заготовки / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, А. Л. Подкорытов и др. – Донецк: Цифровая типография, 2012. – 417 с.
2. Пальмерс А., Дауби П., Рюссе П., Анселин Ф. Параметры, влияющие на чистоту стали в непрерывнолитых заготовках // В сб. научн. тр. «Чистая сталь». – М.: Metallurgiya, 1987. – С. 109–128.
3. Song-Mook Cho, Brian G. Thomas, Sung-Kwang Kim et al. Effect of nozzle clogging on surface flow and vortex formation // Iron and Steel Technology. 2012. July. – P. 85–95.
4. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.
5. Жидкая сталь / Б. А. Баум, Г. А. Хасин, Г. В. Тягунов и др. – М.: Metallurgiya, 1984. – 208 с.
6. Арсентьев П. П., Коледов Л. А. Металлические расплавы и их свойства. – М.: Metallurgiya, 1976. – 376 с.
7. Качество поверхности металлопродукции из конструкционной стали / Ю. А. Шульте, Э. И. Цивирко, А. Н. Улитенко и др. – К.: Техника, 1990. – 176 с.
8. Арсентьев П. П. Изменение вязкости жидкого железа в процессах раскисления и вторичного окисления // В сб. «Проблемы стального слитка». – М.: Metallurgiya. – 1978. – № 7. – С. 28–35.



REFERENCES

1. Smirnov, A.N., Kuberskii, S.V., Podkorytov, A.L. et al. (2012). Npreryvnaia razlivka sortovoi zagotovki [Continuous casting of billets]. Donetsk: Tsifrovaia tipografiia, 417 p. [in Russian].
2. Pal'mers, A., Daubi, P., Riusse, P., Anselin, F. (1987). Parametry, vliiaushchie na chistotu stali v nepreryvnolitykh zagotvokakh [Parameters influencing the purity of steel in continuously cast billets]. Chistaia stal', Moscow: Metallurgiiia, pp. 109–128 [in Russian].
3. Song-Mook, Cho, Brian, G. Thomas, Sung-Kwang, Kim et al. (2012). Effect of nozzle clogging on surface flow and vortex formation. Iron and Steel Technology, pp. 85–95 [in English].
4. Shterenlikht, D.V. (1984). Gidravlika [Hydraulics]. Moscow: Energoatomizdat, 640 p. [in Russian].
5. Baum, B.A., Khasin, G.A., Tiagunov, G.V. et al. (1984). Zhidkaia stal' [Liquid steel]. Moscow: Metallurgiiia, 208 p. [in Russian].
6. Arsent'ev, P.P., Koledov, L.A. (1976). Metallicheskie rasplavy i ikh svoistva [Metallic melts and their properties]. Moscow: Metallurgiiia, 376 p. [in Russian].
7. Shul'te, Yu.A., Tsvirko, E.I., Ulitenko, A.N. et al. (1990). Kachestvo poverkhnosti metalloproduksii iz konstruktsionnoi stali [Surface quality of steel products from structural steel]. Kyiv: Tekhnika, 176 p. [in Russian].
8. Arsent'ev, P.P. (1978). Izmenenie viazkosti zhidkogo zheleza v protsessakh raskisleniia i vtorichnogo okisleniia [The change in the viscosity of liquid iron in the processes of deoxidation and secondary oxidation]. Problemy stal'nogo slitka, Moscow: Metallurgiiia, no. 7, pp. 28–35 [in Russian].

Анотація

С. М. Писарський¹, інженер МБЛЗ; **О. М. Смірнов**², д-р техн. наук, проф., пров. наук. співр., e-mail: stalevoz@i.ua; **Д. О. Лавренко**¹, ст. майстер МБЛЗ; **Д. В. Рябий**³, аспірант

¹Standart Metallurgical Company, Лагос, Нігерія

²Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

³Донбаський державний технічний університет, Лисичанськ

Оцінка технологічних можливостей стабілізації швидкості розливання відкритим струменем на сучасній сортовій МБЛЗ. Повідомлення 1

Погіршення розливання сталі на сортових МБЛЗ відкритим струменем обумовлено як утворенням відкладень в стаканах-дозаторах промківша, так і зниженням її рідкоплинності. Показано, що для фактичних умов поверхневий натяг сталі є більш сильним фактором впливу на швидкість розливання у порівнянні з її в'язкістю. Визначено, що максимальний вплив на поверхневий натяг і в'язкість сталі надають у порядку зменшення електронегативності такі домішкові хімічні елементи, як кисень, сірка, вуглець, фосфор, а також твердофазні продукти розкислення.

Ключові слова

Сортова МБЛЗ, розливання, рідкоплинність, поверхневий натяг, в'язкість, продукти розкислення, стабілізація швидкості, якість заготовок.

Summary

S. N. Pisarskii¹, Engineer of CCM; **A. N. Smirnov**², Doctor of Engineering Sciences, Prof., Leading Researcher, e-mail: stalevoz@i.ua; **D. A. Lavrenko**¹, Senior master of CCM; **D. V. Riabyi**³, Postgraduate student

¹Standart Metallurgical Company, Lagos, Nigeria

²PTIMA NAS of Ukraine, Kyiv

³Donbass State Technical University, Lisichansk

Estimation of technological possibilities of the speed stabilization of casting by open jet on modern billet CCM. Report 1

Deterioration of the steel castability on CCM by open jet is caused both by the formation of deposits in the tundish nozzles, and by the decrease in its fluidity. It is shown that, for actual conditions, the surface tension of the steel has a stronger influence factor on the casting speed in comparison with its viscosity. It is determined that such impurity chemical elements as oxygen, sulfur, carbon, phosphorus, as well as solid-phase products of deoxidation, have the greatest influence on the surface tension and viscosity of the steel according to the range of theirs electronegativity decreasing.

Keywords

Billet CCM, castability, fluidity, surface tension, viscosity, deoxidation products, speed stabilization, billets quality.

Поступила 19.03.18