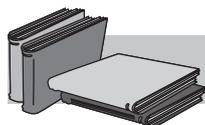


-0,014 % (участок сталковш–промокш–кристаллизатор), а кислорода – повышается почти вдвое [6]. При этом содержание $[Al]_{окс}$ может увеличиваться на 0,002-0,003 % [1]. Глинозем, как рассмотрено выше, также способствовал нарастающему огнеупорного тракта.

В связи с этим следует отметить, что на каждой МНЛЗ интенсивность вторичного окисления зависит от состояния огнеупорной металлопроводки и поэтому непредсказуема. Необходимо принимать меры по его устранению и (или) предметно исследовать и учитывать изменения в содержании алюминия и кислорода в металле.

Вывод

Таким образом, для стабильной разливки металла на МНЛЗ должны соблюдаться ряд условий, при этом одними из основных являются следующие: соотношение $Ca / Al_{окс}$ должно находиться в пределах 0,8-1,6; содержание $[Al]_{окс}$ в стали должно находиться на низком уровне (не более 0,002-0,003 %) в течение всей серии разливки. Для этого должен проводиться комплекс технологических операций во время выплавки, выпуска, внепечной обработки и разливки стали. Одними из таких мероприятий могут быть отсечка шлака, предварительное раскисление металла карбидом кальция, диффузионное раскисление в период внепечной обработки, предотвращение вторичного окисления металла и др.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дюдкин Д. А., Кисиленко В. В. Современная технология производства стали. – М.: Теплотехник, 2007. – 528 с.
2. Кусано Е., Каваути Ю., Кадзусима М. и др. Технология обработки специальных сталей кальцием // Новости черной металлургии за рубежом. 1996. – № 1. – С. 64-66.
3. Дюдкин Д. А. Особенности комплексного воздействия кальция на свойства жидкой и твердой стали // Сталь. – 1999. – № 1. – С. 20-25.
4. Карья Я., Невали Х., Хицуен У. и др. Характеристика износа огнеупоров при разливке сталей, раскисленных кальцием // Металлургический завод и технология. – 1994. – С. 24-28.
5. Дюдкин Д. А., Кисиленко В. В., Акулов В. В. и др. Совершенствование технологии непрерывной разливки низкокремнистых марок стали // Бюл. науч.-техн. и эконо. информации. – 2007. – Вып. 8. – С. 35-37.
6. Смирнов А. Н., Пилюшенко В. Л., Минаев А. А. и др. Процессы непрерывной разливки. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с.

УДК 621.74.047

Г. И. Касьян, С. Н. Писарский, В. И. Сирченко (ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»»)

Опыт освоения и совершенствования технологии производства сортовых заготовок круглого сечения на МНЛЗ ЭСПЦ ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»»

На «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»» накоплен опыт производства непрерывнолитой круглой заготовки, в том числе выплавки, внепечной обработки и разливки на сортовой МНЛЗ. Это позволяет рассматривать используемую технологию как базовую для внедрения на строящихся в Украине металлургических комплексах.

Сортовая шестиручьева радиальная МНЛЗ (R = 8 м) фирмы «DANIELI» для скоростной разливки является комбинированной и позволяет отливать квадратные и круглые заготовки низко-, средне- и высокоуглеродистого марочного сортамента. Специфической особенностью МНЛЗ завода «Истил (Украина)» является производство товарной заготовки широкого размерного и марочного сортамента с частой сменой (перевалкой) отливаемых профилей, сопровождающейся

Изложены основные принципы технологии производства сортовых заготовок круглого сечения на МНЛЗ электросталеплавильного цеха ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»». Показаны основные пути совершенствования процесса с целью повышения его эффективности и качества продукции

заменой кристаллизаторов и коллекторов зоны вторичного охлаждения. Освоено производство следующих профилей – кв. 100 (разливка только открытой струей), 120, 125, 130, 150 мм, круг Ø 120, 150, 160, 180 мм. Имеется также оборудование для производства профиля Ø 130 мм.

Всего за период 2001-2007 гг. эксплуатации МНЛЗ произведено 99300 т круглой заготовки из 30 марок стали, в том числе St 10, St 15, St 20, 10, 20, St HE, St 52, Grade B, Grade J, 20X, 5LX42 «B», 25Г2 «B», 32Г2, 35Г2Ф «B», 36Г2С «B», 35, 40X и другие с массовой долей алюминия от 0,015 до 0,035 % в круглые заготовки Ø 120, 150, 160, 180 мм для производства труб. При этом доля вакууми-

рованного металла составила 27 % от произведенного. По итогам 2007 г. заказы на круглую заготовку составили 1,7 % общего объема производства.

Выплавка стали производится в ДСП-2 «Данарк» емкостью 120 т. После обработки плавков на установке «печь-ковш» массовая доля серы и фосфора в металле составляет: $S \leq 0,010$ (0,004-0,009 %), $P \leq 0,015$ (0,008-0,014 %). Разливка плавков на МНЛЗ из сталеразливочного ковша емкостью 120 т осуществляется через 24-тонный дельтавидный промежуточный ковш. Футеровка промковша состоит из изоляционного слоя легковесного бетона, арматурного слоя высокоглиноземистого бетона, андалузитовых тиксотропных масс и рабочего слоя из магнезиальных торкретмасс. Стойкость бетонной футеровки промковша – до 150 серий плавков. Тележка промковша оборудована гидравлическими механизмами подъема-опускания.

Круглая заготовка разливается на МНЛЗ только закрытой струей с использованием в промковше высокостойких стопоров-моноблоков для дросселирования струи и с полной защитой металла от вторичного окисления на участке «стальковш-промковш» при использовании защитной трубы, погружного стакана, специальных уплотнителей стыков, шлакообразующих смесей в промковше и кристаллизаторе. Защитная труба, стопор-моноблок, стакан-дозатор и погружной стакан изготовлены из корундоуглеродистых материалов. Седловая часть стаканов-дозаторов и наконечник стопора – периклазоуглеродистые, зона контакта погружного стакана со шлакообразующей смесью (ШОС) в кристаллизаторе – циркониевая. Для увеличения стойкости погружного стакана и, соответственно, увеличения серийности до 5 пл./серии применяется двухкратное (по ходу серии) увеличение заглубления погружного стакана. Фактическая серийность при этом составляет 4-5 пл./серии. Серийность при разливке вакуумированных плавков по организационным причинам (для синхронизации работы ДСП, «печи-ковша», вакууматора и МНЛЗ без простоев ДСП) ограничена 3 пл./серии.

В табл. 1 приведены данные по температурно-скоростному режиму разлики круглых заготовок.

МНЛЗ имеет многоуровневую АСУ ТП. Важнейшими для обеспечения стабильности процесса литья и качества заготовок являются: система поддержания уровня металла в кристаллизаторе, включающая управление скоростью вытягивания заготовки тянуще-правильным агрегатом (ТПА) для разлики открытой струей и положением стопора промковша с электромеханическим приводом, имеющим максимальный ход 100 мм и скорость перемещения 40 мм/с; система управления расходом воды на вторичное охлаждение в зависимости от скорости по секторам ЗВО; система автостарта ручьев и др.

На МНЛЗ используются гильзовые кристаллизато-

ры с многоконусными гильзами и возможностью их свободной деформации в продольном направлении. Использование гильз с неоптимальной конусностью ухудшает теплоотвод заготовки в кристаллизаторе, что приводит к увеличению количества трещин и прорывов. Конструкция гильзы и ее толщина (9,0-12,5 мм) выбраны из условий обеспечения постоянного зазора между заготовкой и гильзой по ее высоте, а также предотвращения тепловых деформаций поперечного сечения гильзы. Толщина водяного зазора – 3,25 мм, скорость протока – 12-15 м/с. Кристаллизаторы снабжены поддерживающими роликами Ø 100 мм с эксцентриками для точной их выставки по шаблону относительно стенок гильзы и трехрядной системой форсуночного охлаждения. Кристаллизаторы для литья круглых заготовок короче, чем для квадратных заготовок (780 против 1000 мм), что связано с особенностями формирования круглого профиля.

Частота качания кристаллизатора с электромеханическим приводом – 80-252 кач./мин. Существующие механизмы качания обеспечивают стабильную разливку и качество заготовок. Вместе с тем, их замена на столы качания с гидроприводом позволила бы получить ряд технологических и эксплуатационных преимуществ, в первую очередь, оптимизировать параметры качания в широком диапазоне рабочих скоростей разлики, сократить потери рабочего времени на перенастройку амплитуд при смене отливаемых профилей.

Для управления процессом затвердевания и качеством макроструктуры используется электромагнитное перемешивание в кристаллизаторе с частотой 3-6 Гц и токами 150-600 А. Положение верха индуктора относительно уровня металла в кристаллизаторе – 60-120 мм.

Зона вторичного охлаждения имеет 4 сектора. Первый сектор закреплен на кристаллизаторе. Подводящие трубопроводы и коллектора ЗВО выполнены из нержавеющей стали. Рабочее давление в системе – до 10 бар. Расход воды на вторичное охлаждение устанавливается с учетом содержания углерода в стали и составляет 1,0-1,4 л/кг. Фактические расходы воды при освоении производства были скорректированы и по секторам 1, 2, рекомендованных выше фирмой «DANIELI» для снижения трещинообразования и аварийных прорывов под кристаллизатором.

ТПА спроектирована для скоростной разлики и правки заготовки с жидкой сердцевиной и осуществляет двухточечную правку заготовок с уровнем деформации ниже критического.

В связи с ростом спроса на мировом рынке металлов на круглую непрерывнолитую заготовку для производства труб проводится совершенствование технологии разлики круглых заготовок Ø 120, 150, 180 мм и освоение разлики новых профилей. Так, в 2007 г. успешно освоено производство заготовок Ø 160 мм.

Требования, предъявляемые к геометрическим размерам и качеству поверхности непрерывнолитых круглых заготовок представлены в табл. 2.

При отливке круглых заготовок на каждой плавке производится отбор проб от заготовок для сдаточных испытаний металла. Оценивается качество макроструктуры по СОУ МПП 77.040-191:2007 (взамен ОСТ

Таблица 1

Данные по температурно-скоростному режиму разлики круглых заготовок

| Профиль заготовки, мм | Ø 120 | Ø 130* | Ø 150 | Ø 160 | Ø 180 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| $V_{\text{раб}}$ для закр. струи, м/мин | 3,1-3,4 | 2,6-2,9 | 2,2-2,5 | 2,0-2,3 | 1,6-1,8 |
| Перегрев над температурой «ликвидус», °С | 25-40 | | | | |

* Имеется оборудование, но профиль не освоен из-за отсутствия заказов

Таблица 2

Качественные показатели непрерывнолитой круглой заготовки

| | | | |
|---|--|-------------|---------------|
| Диаметр заготовки, мм | 120 | 150, 160 | 180 |
| Длина заготовки, мм | 6000-12000 | | |
| Допускаемые отклонения по геометрическим размерам | | | |
| По длине | +50 / -100 мм | | |
| По диаметру, мм | +2,0 / -3,0 | +3,0 / -4,0 | +3,0 / -4,0 |
| Овальность | 3,0 % | 3,5 % | не более 7 мм |
| Кривизна | максимум 5 мм на метр длины, исключая торцевые участки длиной 150 мм | | |
| Косина реза | не более 7 мм | | |
| Качество поверхности | поставка заготовок производится в состоянии отливки, без обработки поверхности; на поверхности литых заготовок нет поясов, следов от прорывов, трещин, видимых без применения увеличительных приборов | | |
| Состояние торцов | на торцах заготовок допускаются натёки окисленного металла, образующиеся при газовой резке на МНЛЗ; на торцах заготовок после огневого реза на МНЛЗ не допускаются видимые, без применения увеличительных приборов, следы усадочной раковины | | |

14-1-235-91 с 2008 г.), содержание неметаллических включений по ГОСТ 1778 метод Ш6 по среднему баллу максимум на перекованном профиле Ø 30 мм. По требованиям заказчиков оцениваются механические свойства непрерывнолитого металла на перекованном профиле Ø 30 мм в соответствии с ГОСТ 1050-88 и требованиями спецификаций (табл. 3).

Из представленных данных видно, что качество непрерывнолитой круглой заготовки отвечает требованиям нормативно-технической документации и спецификаций заказчика на поставку готовой продукции.

Непрерывнолитая круглая заготовка отгружалась на трубные заводы Украины, Румынии, Чехии, Индии для производства бурильных, насосно-компрессорных и обсадных труб. При участии «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»» совместно с Государственным трубным институтом и трубными заводами Украины и Румынии разработаны термомеханические процессы прокатки труб непосредственно из литого, недеформированного металла, минуя промежуточные стадии прокатки. Качественные характеристики готовых труб, прокатанных из непрерывнолитых заготовок, соответствуют требованиям потребителя. Имеющийся опыт производства круглых непрерывнолитых заготовок позволяет также наметить пути совершенствования технологии производства

Таблица 3

Механические свойства круглой заготовки*

| Требования НД | Предел текучести, МПа | Предел прочности, МПа | Относительное удлинение, % | Относительное сужение, % | Ударная вязкость КСЧ ⁺²⁰ , Дж/см ² |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|--|
| Ø 150 мм | | | | | |
| Норма (по спецификации) | min 215 | min 360 | min 35 | факультативно | факультативно |
| St 10 | 270-325 | 390-440 | 35-39 | 68-74 | 324-358 |
| Норма (ГОСТ 1050-88) | min 245 | min 410 | min 25 | min 55 | - |
| Сталь 20 | 310-340 | 450-490 | 26-33 | 57-66 | 144-216 |
| Ø 180 мм | | | | | |
| Норма (ГОСТ 1050-88) | min 205 | min 330 | min 31 | min 55 | - |
| Сталь 10 | 260-320 | 405-435 | 33-44 | 66-76 | 306-361 |
| Норма (ГОСТ 1050-88) | min 245 | min 410 | min 25 | min 55 | - |
| Сталь 20 | 305-360 | 460-520 | 25-33 | 55-64 | 169-236 |

* Образцы подвергались нормализации при температуре 920 ± 20 °С; испытания на растяжение проводились по ГОСТ 1497; испытания на ударный изгиб – по ГОСТ 9454 при температуре +20 °С, на образцах с круглым надрезом

оптимизация усилий прижатия тянущих и правильных роликов имеют первостепенное значение для исключения как проскальзывания заготовок в ТПА, так и локального смятия или сдавливания профиля заготовки. Выполненные исследования позволили выбрать оптимальный (с точки зрения стабильности усилия прижатия и динамических характеристик) режим работы гидропривода прижатия роликов ТПА.

Для снижения отсортировки по геометрии профиля и длине заготовок, а также улучшения качества макроструктуры заготовок, необходимо иметь эффективное устройство центрирования заготовок перед ТПА. При этом размер сегментной проточки на роликах ТПА должен иметь оптимальный размер.

Наличие отклонений в работе вторичного охлаждения, приводящих к недостаточному охлаждению поверхности заготовок, а также избыточная деформация заготовок в ТПА, в том числе при смещении заготовок от оси сегментных проточек роликов, является причиной появления таких дефектов макроструктуры, как ликвационные полосы и трещины в осевой зоне.

С целью обеспечения стабильного производства круглой заготовки на существующей сортовой МНЛЗ, гарантированного выполнения растущих требований заказчиков по качеству макроструктуры, содержанию

неметаллических включений в заготовке, уровню механических свойств металлопродукции, а также требований технических условий и зарубежных стандартов, намечен и выполняется комплекс мероприятий по указанным направлениям, в том числе: оснащение всех ручьев устройствами центрирования заготовок по технологической оси с расположением перед ТПА; модернизация 2-4-го секторов ЗВО с установкой коллекторов с «шахматным» расположением форсунок и интегрированием 4-го сектора в существующую систему автоматического регулирования расходов воды на ВО; оптимизация режимов вторичного охлаждения; оптимизация режимов работы ТПА и др.

Эффективность проводимых мероприятий подтверждается снижением поверхностных трещин при производстве непрерывнолитой круглой заготовки с 5-10 (2001-2005 гг.) до уровня < 1,0 % (2007 г.).

Вывод

Таким образом, имеющаяся на ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»» производственная база, технологические возможности и накопленный опыт освоения и совершенствования технологии позволяют обеспечить стабильное производство качественной непрерывнолитой круглой заготовки для производства труб.

УДК 621.746

Б. П. Крикунов, Р. А. Аношин, Н. Н. Астахов, Д. В. Колесников (ЗАО «Донецксталь-МЗ»)

О причинах затягивания стаканов-дозаторов при разливке углеродистых марок стали на слябовой УНРС в условиях филиала «Металлургический комплекс» ЗАО «Донецксталь-МЗ»

Обработка металлического расплава на агрегате «печь-ковш» предусматривает ряд стандартных технологических операций: наведение рафинирующего шлака, десульфурация и доведение до требуемого химического состава, нагрев до заданной температуры, микролегирование стали и модифицирование неметаллических включений. Результатом технологически правильной обработки металла на агрегате «печь-ковш», является безаварийная разливка стали на установках непрерывной разливки стали и получение качественного слитка. На протяжении многих лет одной из важнейших проблем в непрерывной разливке стали на сортовых и слябовых МНЛЗ является борьба с отложениями неметаллических включений (затягивание) на стенках внутреннего канала стакана-дозатора, представленных тугоплавкими комплексными

На основании многочисленных исследований проанализированы причины затягивания стаканов-дозаторов при разливке углеродистых марок стали и предложены некоторые пути решения данной проблемы для условий филиала «Металлургический комплекс» ЗАО «Донецксталь-МЗ»

оксидами продуктов окисления элементов, растворимых в жидком металле.

В последнее время на ряде металлургических предприятий при разливке стали, раскисленной алюминием, сложилась тенденция, когда используемая технология модифицирования неметаллических включений не соответствует физико-химическому состоянию металла перед обработкой и не учитываются факторы, вызывающие изменение этого состояния. Впоследствии в этом случае ухудшается разливаемость стали.

Анализ публикаций связанных с решением проблемы затягивания показывает, что авторы, в