

Окончание таблицы 1

Номер пункта, наименование показателя безопасности по ТР ТС 001/2011	Номер пункта, наименование сертификационного показателя по ссылочным ТНПА,
Статья 4, пункт 99. Железнодорожный подвижной состав и его составные части, применяемые при их производстве материалы и вещества должны быть рассчитаны на возможность их безопасной переработки или утилизации по истечении назначенного срока службы	ГОСТ 2.601-2013, пункт 4.13 (четвертое перечисление). В эксплуатационных документах, поставляемых с изделием, должна содержаться следующая информация: правила и условия эффективного и безопасного использования, хранения, транспортирования и утилизации изделия

ГОСТ 2.601-2013 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы» и ГОСТ 9219-88 «Аппараты электрические тяговые. Общие технические требования», используемые для подтверждения соответствия кулачкового переключателя, включены в перечень стандартов, утвержденных Решением Комиссии Таможенного союза от 15.07.2011 № 710. ГОСТ 33798.1-2016 (IEC 60077-1:1999) «Электрооборудование железнодорожного подвижного состава. Часть 1. Общие условия эксплуатации и технические условия и ГОСТ 33436.3-2-2015 (IEC 62236-3-2:2008) «Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Часть 3-1. Железнодорожный подвижной состав. Требования и методы испытаний» используются в качестве иных документов, не включены в действующую редакцию Перечня стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава», и не являются поддерживающими стандартами технического регламента ТР ТС 001/2011. В этом случае заявителю, принимающему декларацию о соответствии, требуется оценить риски использования указанных стандартов и разработать обоснование безопасности технических решений заявленной продукции.

Аналогичным образом могут быть установлены требования безопасности и необходимость разработки обоснования безопасности для всех составных частей железнодорожного подвижного состава, составных частей подсистем и элементов составных частей подсистем инфраструктуры железнодорожного транспорта, подлежащих декларированию соответствия.

Список литературы

- 1 О безопасности железнодорожного подвижного состава. Технический регламент (ТР ТС 001/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля. 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 67 с.
- 2 О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 002/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля. 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 64 с.
- 3 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 003/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля. 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 52 с.

УДК 629.4:669.18.046.54/.55

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Непрерывно растущие и ужесточённые требования к качеству ответственных литых деталей грузовых вагонов вынуждают производителей обеспечивать более высокие механические и эксплуатационные свойства этих отливок, находя новые перспективные методы воздействия на жидкий металл. Развитие технологий по производству отливок высокого качества позволило существенно повлиять на качество получаемых изделий.

Важнейшая задача, формулируемая машиностроителями перед металлургической отраслью, – существенное повышение качества выплавляемой стали. Прежде всего, это относится к конструкционному металлу, который на данный момент не всегда удовлетворяет требованиям потребителей по эксплуатационным характеристикам. Традиционные приемы внепечной обработки металла при

выплавке исходного полупродукта как в дуговых, так и в индукционных печах имеют ряд ограничений по степени рафинирования от таких примесей, как фосфор, сера, кислород, неметаллические включения и других, во многом определяющих качество готовой металлопродукции.

Увеличение грузоперевозок в мире предъявляет повышенные требования к стали, используемой для изготовления железнодорожных деталей, ставит новые задачи в области металлургии, при этом надежность и долговечность являются важнейшими из них. Выполнение этих требований определяет конкурентоспособность изделий на соответствующем сегменте рынка железнодорожного транспорта. В настоящее время на территории СНГ в качестве тележки грузового вагона используют тележку модели 18-100 и ее модификации. Одним из основных компонентов этой конструкции является «рама боковая», т. к. она объединяет в единую систему надрессорную балку, рессорное подвешивание, колесные пары с буксовыми узлами и навесное тормозное оборудование. Боковую раму отливают из стали 20ГЛ согласно ГОСТ 32400-2013.

Одна из проблем боковых рам – излом. По статистическим данным, на железнодорожном транспорте с ростом грузоперевозок резко увеличились проблемы литых деталей тележек модели 18-100 и за последние 15 лет увеличились изломы боковых рам в 3–5 раз. Излом приводит к выводу ее из эксплуатации, соответственно, к экономическим потерям, а главное, при запоздалом обнаружении дефекта может привести и к человеческим жертвам. В последнее время излом боковой рамы возрос, и производители стараются его остановить или хотя бы снизить риск развития данного дефекта.

Анализ статистики излома, изучение его характера и технологии производства боковых рам показали, что детали по механическим свойствам и по химическому составу основных элементов отвечают требованиям, а причины излома, возможно, связаны с вредным влиянием кислорода, фосфора, серы и неметаллических включений, о чем свидетельствуют и результаты ряда исследований.

В 2016 году были внесены изменения ГОСТ 32400-2013 по химическому составу стали марки 20ГЛ по вредным примесям (массовые доли серы и фосфора не должны превышать 0,020 %) и механическим свойствам. Ряд предприятий сталкивается с проблемой, заключающейся в низких значениях ударной вязкости и прочности, характеризующих механические свойства из-за повышенного содержания фосфора и серы.

Как известно, при выплавке стали в индукционных тигельных печах (ИТП) важную роль играют защитные (покровные) свойства шлака. Основное назначение этих шлаков – уменьшение контакта металла с газовой фазой.

Однако роль шлака при плавке стали в ИТП трактуется неоднозначно. Большинство авторов полагают, что удаление фосфора и серы затруднено, если плавку проводить в ИТП. При этом ряд исследователей отмечают нейтральность шлака к процессам рафинирования, что обусловлено низкой реакционной способностью «холодных» шлаков, нагрев которых происходит только в результате теплопередачи в зоне контакта с поверхностью металла, малой величиной поверхности контакта «металл – шлак», охлаждением шлаков футеровкой тигля и меньшей их жидкоподвижностью, чем в других агрегатах, где возможны рафинировочные процессы. При этом часто делают заключение о недостаточной рафинирующей способности шлаков при ИТП и соответственно предъявляют повышенные требования к металлошихте по содержанию таких элементов, как фосфор и сера. Рафинирование металла в ИТП по традиционным технологическим схемам практически отсутствует.

Другие исследователи считают, что шлак может участвовать в процессе рафинирования металла, но при определенных условиях, например, при уменьшении высоты мениска зеркала металла, или подключении дополнительных установок в своде печи (применение дуги постоянного тока, плазматрона и др.), позволяющих повысить активность шлака. Но второй способ весьма затратный.

Для создания и обеспечения термодинамических и кинетических условий опробовано несколько измененных шлаков, которые отличаются от ранее известных и были реализованы в промышленных условиях.

В настоящей работе выполнены теоретические и экспериментальные исследования по поведению серы и фосфора в сталеплавильной ванне, что позволило в опытно-промышленных условиях провести комплексные исследования по рафинированию стали в ИТП с применением шлаков. При этом, подбирая специальные шлаки и уменьшая высоту мениска зеркала ванны, обеспечивали по-

вышенную рафинирующую способность шлака, что позволило удержать его над металлическим расплавом и уменьшить «сползание» к стенке тигля. Определены термодинамические, кинетические и технологические параметры процесса рафинирования металла с использованием шлака в ИТП. Получены количественные зависимости основных технологических параметров рафинирования металла, положенные в основу новой технологической инструкции производства стали, отражающей влияние температуры на процесс дефосфорации и продолжительность выдержки металла под шлаком в ИТП на конечное содержание серы в металле.

Предложена новая концепция технологии плавки в ИТП, которая позволяет обеспечить эффективное рафинирование металла от фосфора, серы и других вредных примесей за счет использования шлака, увеличения его количества, дополнительного перемешивания шлака и металла, увеличения времени их взаимного контакта. Показано, что обеспечить повышенную рафинирующую способность шлака при плавке стали в ИТП можно за счет подбора специальных шлаковых смесей с пониженной температурой плавления, определенного времени выдержки металлического расплава под шлаками при конкретной температуре ванны, получения плоского мениска металла (например, за счет повышения уровня металла за пределы индуктора либо отключением верхних витков индуктора для снижения высоты мениска) с целью сохранения необходимого по времени контакта жидкоподвижного шлака с рафинируемой ванной за счет уменьшения «сползания» шлака к стенке тигля. Это позволило обеспечить степень дефосфорации до 65 % и степень десульфурации до 60 %. При этом показана роль ТШС в сочетании с алюминием и силикокальцием.

Применение предложенной технологии позволило увеличить степень дефосфорации с 10 до 60 % с достижением содержания фосфора менее 0,020–0,017 %, увеличить степень десульфурации с 50 до 90 % с достижением содержания серы менее 0,008–0,004 %, повысить качество готовой продукции и ее механические свойства, улучшить макро- и микроструктуру металла, заменить дорогой чистый лом (0,015 % P, 0,016 % S) на более дешевый (по сравнению с действующей технологией) и увеличить выход годных деталей железнодорожных тележек на 40 %.

Кроме того, при плавке в индукционных тигельных печах (ИТП) важную роль играют защитные (покровные) свойства шлака. Проницаемость шлаков по отношению к компонентам атмосферы: кислороду, азоту и водороду – в значительной мере определяет газонасыщенность металла и развитие процессов окисления. Процессы массопереноса связаны с диффузионной подвижностью примесей, вязкостью шлака, его составом. С учетом специфики конкретных процессов шлаки могут выполнять и некоторые другие функции, например, поддержание заданного теплового режима в печи.

Обычно шлаки в ИТП с основной футеровкой не выполняют таких функций, как окисление, восстановление, десульфурация и дефосфорация. В процессе плавки металла шлаки в печи образуются в результате окисления компонентов шихты и футеровочных материалов тигля. Эти шлаки обычно удаляют в конце расплавления и наводят «свежие» из боя стекла и кварцевого песка для кислых печей и из извести и плавикового шпата для печей с основной футеровкой. Основное назначение этих шлаков защитить жидкий металл от взаимодействия с атмосферой и уменьшить потери энергии, излучаемой поверхностью зеркала металла. Значительные потери энергии через поверхность шлака приводят к низкой текучести и большим перепадам температур по высоте (до 1200 К).

Шлаки как рафинирующий материал в процессе выплавки металла в ИТП до настоящего времени не нашли широкого применения в металлургической практике. Это обусловлено, прежде всего, низкой реакционной способностью шлаков, разогрев которых происходит только за счет теплопередачи в зоне контакта с поверхностью металла, малой величиной поверхности контакта «металл – шлак», охлаждением шлаков футеровкой тигля, на основании чего часто делают заключение о недостаточной рафинирующей способности шлаков в ИТП, и соответственно предъявляют повышенное требование к металлошихте, по содержанию таких элементов, как фосфор и сера. Рафинирование металлов в ИТП по традиционным схемам практически отсутствует.

Электромагнитные усилия и вызванная ими электродинамическая циркуляция металла деформируют поверхность ванны, которая приобретает выпуклый мениск высотой Δh_m . Вследствие этого шлак, покрывающий поверхность металла, стекает к стене тигля, вследствие чего приходится давать больше шлакообразующих смесей.

Шлак, скапливающийся у стены тигля и химически взаимодействующий с футеровкой, разъедает ее на большем протяжении, чем при плоской поверхности металла. Кроме того, при циркуляции

металла происходит увеличение экзогенных частиц шлака и продуктов разрушения футеровки тигля в объеме металла. Электромагнитные силы в металлическом цилиндре, помещенном в цилиндрический индуктор, направлены радиально к оси цилиндра (по направлению потока энергии), причем максимальное давление создается этими силами на оси цилиндра.

Ряд исследователей считает, что шлак при индукционной плавке может участвовать в процессе рафинирования металла, но при определенных условиях. Разработаны некоторые приемы, позволяющие повысить активность шлака при выплавке стали в ИТП и использование в качестве шихты относительно дешевого лома с пониженным содержанием кремния, марганца и повышенным содержанием серы и фосфора.

Проведенные исследования положены в основу измененной технологии производства стали в ИТП, что позволило отнести эти печи из пассивной переплавной установки в активный рафинировочный сталеплавильный агрегат.

На основании комплексных полупромышленных исследований разработаны и освоены рациональная технология производства стали 20ГЛ в ИТП и ковшевая обработка с применением РЗМ, обеспечившие уникальное сочетание служебных свойств деталей железнодорожных тележек. Результаты исследования положены в основу измененной технологии производства стали 20ГЛ в ИТП, что позволило значительно повысить эксплуатационные свойства боковых рам.

Список литературы

- 1 Голубцов, В. А. Модифицирование стали для отливок и слитков / В. А. Голубцов, В. В. Лунев. – Челябинск–Запорожье : ЗНТУ, 2009. – 356 с.
- 2 Лунев, В. В. Сера и фосфор в стали / В. В. Лунев, В. В. Аверин. – М. : Металлургия, 1988. – 256 с.
- 3 Малиночка, Я. Н. Сульфиды в сталях и чугунах / Я. Н. Малиночка, Г. З. Ковальчук. – М. : Металлургия, 1988. – 248 с.
- 4 Турсунов, Н. К. Исследование процесса десульфурации конструкционной стали с использованием твердых шлаковых смесей и РЗМ / Н. К. Турсунов, Э. А. Саноккулов, А. Е. Семин // Черные металлы. – 2016. – № 4. – С. 32–37.
- 5 Турсунов, Н. К. Исследование процессов дефосфорации и десульфурации при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи с дальнейшей обработкой в ковше с использованием РЗМ / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Саноккулов // Черные металлы. – 2017. – № 1. – С. 33–40.
- 6 Егоров, А. В. Электрометаллургия стали и спецэлектрометаллургия. Электроплавильные печи черной металлургии / А. В. Егоров. – М. : МИСиС, 2007. – 428 с.
- 7 Еднерал, Ф. П. Электрометаллургия стали и ферросплавов / Ф. П. Еднерал. – М. : Металлургиздат, 1955. – 510 с.
- 8 Бигеев, А. М. Теория и технология плавки стали / А. М. Бигеев, В. А. Бигеев. – Магнитогорск : МГТУ. – 2000. – 544 с.
- 9 Костяков, В. Н. Плазменно-индукционная плавка / В. Н. Костяков. – Киев : Наукова думка, 1991. – 205 с.

УДК 629.43:69.18

ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СТАЛЯМ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Улучшение эксплуатационных и технологических свойств, промышленных изделий, повышение технического уровня и качества выпускаемой продукции является одной из основных задач науки, техники и современного машиностроения. Непрерывное ужесточение требований к надежности работы элементов конструкций заставляет более подробно анализировать конкретные условия их работы. Большинство станков, машин и деталей в процессе эксплуатации подвергаются циклическим нагрузкам. Поэтому проблема выносливости материалов актуальна для железнодорожной, автомобильной, авиационной, судостроительной, станкостроительной, энергетической и других отраслей промышленности.

Увеличение грузоперевозок в мире предъявляет повышенные требования к стали, используемой, для изготовления железнодорожных деталей и ставит новые задачи в области металлургии, при этом надежность и долговечность являются важнейшими из них. Выполнение этих требований определяет конкурентоспособность изделий на соответствующем сегменте рынка железнодорожно-