

В. Г. Герасименко¹, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотрудник

Е. В. Синегин², канд. техн. наук, доцент, e-mail: kaf.stal@metal.nmetau.edu.ua

Л. С. Молчанов¹, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник

В. Я. Перерва², канд. техн. наук, доцент

А. С. Лантух², аспирант

¹Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, Днепр, Украина

²Национальная металлургическая академия Украины, Днепр, Украина

Особенности введения в эксплуатацию футеровки сталеразливочных ковшей

В статье приведены обобщения технологического опыта высокотемпературной эксплуатации футеровки сталеразливочных ковшей на металлургических предприятиях. Разработаны рекомендации по усовершенствованию режимов разогрева и эксплуатации сталеразливочных ковшей.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, футеровка, нагрев, влага.

Актуальность. Внепечная обработка стали значительно повышает роль сталеразливочных ковшей при производстве металлопродукции. Ковш, ранее предназначавшийся только для транспортировки металла, становится оборудованием, в котором осуществляются финишные металлургические операции (внепечное рафинирование, легирование и раскисление). Ввиду этого алюмосиликатную и кислую футеровку ковша заменяют глиноземистой или основной. Ввиду теплофизических особенностей эксплуатации, применять ковши, футерованные такими огнеупорами, можно только при постоянно поддерживаемых высоких температурах [1, 3, 4]. Поэтому, также значительно претерпевает изменения тепловой режим эксплуатации футеровки ковшей, за счет воздействия высоких температур и длительного пребывания стали в ковше происходит снижение их срока службы, повышаются тепловые потери и снижается температура расплава. Компенсация потерь тепла в процессе внепечной обработки стали является проблемой для современного производства стали. В мировой металлургической практике существуют следующие направления минимизации тепловых потерь стали в ковше [2, 4, 6]:

- высокотемпературный нагрев оптимально подготовленной футеровки ковша;
- дополнительная теплоизоляция футеровки сталеразливочного ковша;
- применение теплоизоляционных крышек на заполненном и пустом сталеразливочных ковшах в условиях производственного цикла;
- минимизация времени простоя ковша.

Цель указанных выше мероприятий состоит в замедлении скорости снижения температуры стали в ковше, что позволяет снизить температуры выпуска стали из основного плавильного агрегата.

Состояние вопроса. Сохранение теплоты, аккумулярованной футеровкой во время нагрева на стен-

де и пребывания стали в сталеразливочном ковше, достигается при использовании съемной футерованной крышки и ускоренной оборачиваемости ковша. Футерованная крышка должна находиться на ковше во время нагрева футеровки, при ожидании выпуска плавки из агрегата и в процессе разлива металла, а также при установке сталеразливочного стакана и замене шиберных затворов. Кроме того, при высокотемпературной эксплуатации футеровки сталеразливочных ковшей между ее арматурным слоем и металлическим кожухом специально располагают слой теплоизоляционного материала, предотвращающий нагрев корпуса ковша в процессе эксплуатации до температуры более 270 °С [2, 5]. По данным [8, 9], промышленная эксплуатация сталеразливочных ковшей, оснащенных футерованными крышками, позволяет снизить температуру стали на выпуске на 10–30 °С, значительно сократить длительность плавки, уменьшить износ печных огнеупоров на 15 %, увеличить стойкость футеровки ковша в 4 раза, стабилизировать температуру металла в процессе разлива, повысить выход годных заготовок на 0,3–0,6 %.

Современное оборудование для нагрева футеровки сталеразливочных ковшей различной емкости должно обеспечивать удаление влаги из футеровки при температурах до 600–700 °С (операция сушки) и ее нагрев до 1200 °С. При этом температура нагрева является условной величиной и может быть определена, например, как температура рабочей поверхности футеровки в выбранном месте днища и стенок ковша, обеспечивающая достижение достаточного прогрева рабочего слоя футеровки по всей толщине. В настоящее время сушка футеровки сталеразливочных ковшей получила широкое распространение на металлургических предприятиях для подготовки ковшей различного типа. Существуют следующие способы данной операции [4, 13, 14, 15]:

– конвективный нагрев – теплота необходимая для испарения влаги поступает от горячих газов;

– лучистый или радиационный нагрев – теплота передается тепловым инфракрасным излучением (электротены, факел горелки и др.).

Наибольший тепловой коэффициент полезного действия (КПД) имеют установки, оборудованные электротенами, однако стоимость 1 кВт электроэнергии превышает стоимость 1 кВт природного газа более чем в 2 раза. Поэтому установки данного типа применяют при отсутствии газового топлива [10, 11]. Вследствие этого, более широкое применение получили установки, работающие на природном газе и горючих газах металлургического производства. При их работе теплопередача осуществляется как конвекцией горячих потоков дыма, так и излучением ярко светящегося факела. Эффективность передачи тепла излучением выше, что характеризуется возможностью нагрева футеровок со скоростью до 100 °С/час, но при этом указанная технологическая операция сопровождается значительными тепловыми потерями, вследствие относительно больших расходов газа и температуры отходящих газов. При конвективном теплообмене максимальная скорость нагрева футеровки составляет 50–60 °С/час.

Исходя из вышеизложенного, рекомендуется вести нагрев «холодного» ковша с комбинированным применением способов передачи тепла. На начальном этапе, до температуры 700–800 °С, нагрев целесообразно производить конвективным способом пониженными температурами факела. После предварительного нагрева с преобладанием передачи тепла излучением – при повышенных расходах газа. При этом общий поток влаги, возникающий в материале футеровки, формируется в соответствии с тремя механизмами [12, 16, 17]:

– перемещение влаги от мест с большей влажностью к местам с меньшей (градиент влажности) в объеме материала футеровки в виде жидкости и пара;

– перемещение влаги в объеме материала футеровки в виде жидкости из мест с высокой температурой к местам с низкой, то есть в направлении распространения тепла (градиента температур) и направлено обратно градиенту влажности;

– при температурах выше 100 °С влага внутри материала футеровки переходит в парообразное состояние и перемещается в его объеме в виде пара, вследствие чего возникает градиент давления и соответствующий перенос массы.

При низкотемпературной конвективной сушке футеровки сталеразливочных ковшей градиент влажности преобладает над градиентом температур. А с повышением температуры более 400 °С поток влаги в материале меняет свое направление на противоположное, то есть поток перенаправляется во внутренние слои футеровки, в направлении металлического кожуха. С целью обеспечения беспрепятственного выхода паров воды, кожух сталеразливочного ковша должен быть снабжен выпарными отверстиями.

Исходя из физико-химических особенностей, процесс удаления влаги из футеровки сталеразливочного

ковша, протекающий вследствие высокотемпературной сушки, можно условно разделить на 4 этапа [18]:

– предварительный нагрев до температуры сушки футеровки;

– удаление физической влаги из огнеупорных материалов;

– удаление химической влаги из огнеупорных материалов;

– разогрев футеровки до температуры приема металла и удаление кристаллической влаги.

Предварительный нагрев поверхности футеровки производится до температуры, не превышающей температуры кипения воды, во избежание расслоения футеровки в местах вскипания влаги. Скорость нагрева на данном этапе не регламентируется, а продолжительность нагрева определяется исходя из условия установления тепловой сбалансированности агрегата (прогрев металлоконструкций, крышки и других технологических элементов сталеразливочного ковша).

Физическая влага поступает в огнеупорный материал из окружающей атмосферы и в период изготовления футеровки (вода является одним из компонентов связующего раствора при применении штучных огнеупорных изделий и основной увлажняющей составляющей сухих огнеупорных масс при подготовке огнеупорных бетонов). Она присутствует в огнеупорном материале в виде жидкости. Удаление физической влаги осуществляется конвективным способом с рабочей поверхности футеровки ковша. Начальная температура в ковше в данный период составляет 100–120 °С, то есть равна температуре футеровки после предварительного нагрева с учетом разности между температурой футеровки и рабочей среды (20–30 °С). По мере осуществления операции сушки футеровки количество удаленной влаги уменьшается и, следовательно, возрастает температура отходящих газов со скоростью 1,5–2,5 °С/час, что обуславливает продолжительность данного периода до полного удаления физической влаги [8]. Окончание периода можно определить по повышению температуры внутренней поверхности рабочего слоя свыше 100 °С.

При дальнейшем нагреве футеровки происходит разложение гидратных соединений, содержащихся в огнеупорном материале ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$). Реакция протекает в диапазоне температур 300–400 °С. В указанном температурном диапазоне образовавшаяся влага существует в парообразном состоянии и при интенсификации теплоотвода возможно разрушение или расслаивание футеровки парами воды. Скорость сушки на данном этапе соответствует 5–7 °С/час. Тепло, необходимое для удаления влаги, в данный период возможно подводить как конвективным, так и радиационным способом. Но конвекция более предпочтительна с экономической точки зрения, что связано с более низкими потерями теплоты с отходящими газами [19].

После достижения футеровкой температуры 400 °С и удаления основной массы влаги из огнеупорного материала, нагрев осуществляется со скоростью, допустимой для данного типа огнеупора

30–50 °С/час, до температуры приема металла 1200 °С. Выделение кристаллической влаги начинается при достижении температуры 800 °С по мере спекания кристаллов материала. Подвод энергии в данный период осуществляется, в основном, излучением, с повышенными расходами топлива.

На основании вышеизложенного, рекомендуемый график сушки футеровки сталеразливочного ковша с рабочей футеровкой, выполненной из штучных огнеупоров и тиксотропных масс на основе Al_2O_3 , изображен на рис. 1 и рис. 2. В случае использования для футеровки рабочего слоя штучных огнеупоров на основе Al_2O_3 или MgO разогрев ковша ведется со скоростью ≈ 50 °С/час и ограничивается допустимой интенсивностью нагрева данного огнеупора. Физическая влага присутствует в незначительном количестве, а химически связанная и кристаллическая влага отсутствуют полностью, так как материал прошел предварительную тепловую обработку [20].

В процессе эксплуатации сталеразливочные ковши проходят два типа термоподготовки – первичную и технологическую:

– первичная тепловая обработка ковша выполняется после ремонта рабочего слоя, или полной замены футеровки;

– технологическая тепловая обработка сталеразливочного ковша заключается в исключении возможности охлаждения футеровки до уровня температур начала ее разрушения, связанной с термохимическими преобразованиями, протекающими на всех этапах технологической цепочки.

На рис. 3 приведена структурная схема оснащения цеха для тепловой обработки футеровки сталеразливочных ковшей [19].

В качестве источника энергии для нагрева футеровки ковшей используется газообразное или жидкое топливо, а также электроэнергия. Положение ковша в процессе нагрева футеровки топливными горелками может быть вертикальным (днищем вниз/вверх или горизонтальным) (рис. 4). В современных производственных условиях наиболее широкое применение получили вертикальные стенды для разогрева с положением ковша днищем вниз. На стендах разогрева сталеразливочных ковшей применяются различные способы подъема и перемещения крышки: наклонный, вертикальный, комбинированный (подъем с разворотом). Нагрев сталеразливочных ковшей по технологии днищем вверх применяют редко (в основном, для агрегатов небольшой емкости) [1, 3, 5]. При горизонтальном положении ковша нагреватели отличаются друг от друга, главным образом, способом перемещения ковша и крышки: подвижным может быть как ковш, так и крышка.

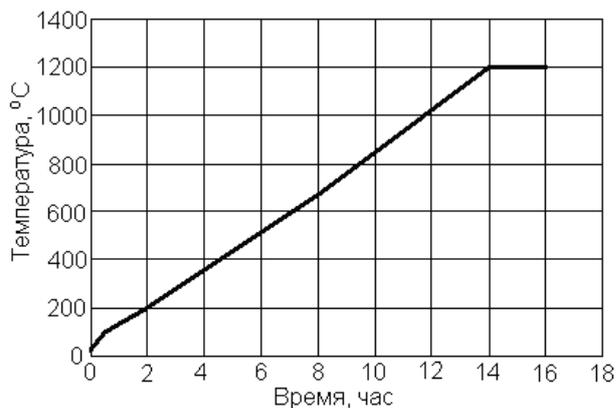


Рис. 1. Температурный график сушки рабочей футеровки сталеразливочного ковша, выполненной из штучных огнеупоров

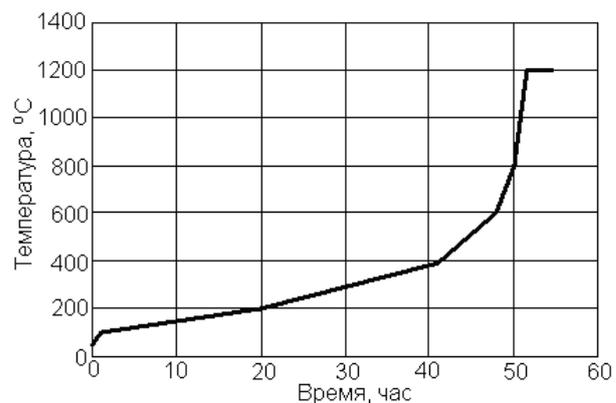


Рис. 2. Температурный график сушки рабочей футеровки сталеразливочного ковша, выполненной из тиксотропных масс

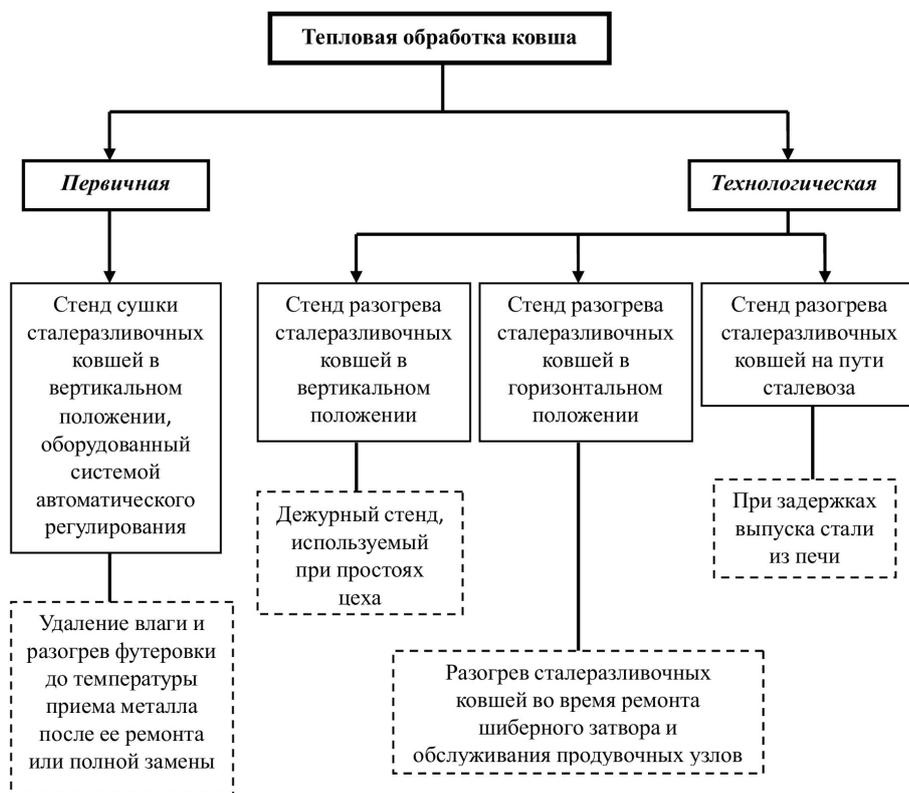


Рис. 3. Оснащенность цеха установками тепловой обработки сталеразливочных ковшей на различных участках производства

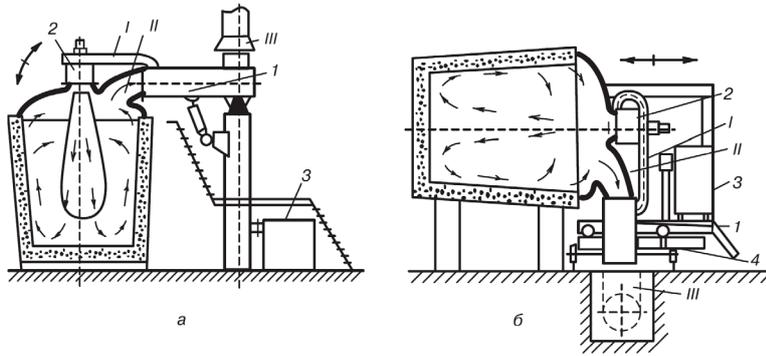


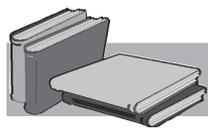
Рис. 4. Схема оборудования для нагрева футеровки ковшей в вертикальном (а) и горизонтальном (б) положении [2]: 1 – радиационный рекуператор; 2 – горелка; 3 – устройство для управления вентиляторами и дополнительным оборудованием; 4 – тележка; I – подача нагретого воздуха к горелке; II – отвод дымовых газов; III – вытяжка

Для достижения высокой температуры футеровки при нагреве необходимо, чтобы рабочее пространство ковша, в котором происходит теплообмен, было не только закрыто крышкой, но и надежно уплотнено. В современном нагревательном оборудовании

теровки сталеразливочных ковшей. Определены рациональные способы и схемы высокотемпературного разогрева с целью эффективного удаления влаги.

Выводы

В статье проанализированы сведения об особенностях нагрева фу-

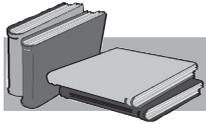


ЛИТЕРАТУРА

1. Технология производства стали в современных конвертерных цехах / С. В. Колпаков, Р. В. Старов, В. В., Смоктий и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 464 с.
2. Бойченко Б. М., Охотский В. Б., Харлашин П. С. Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкция агрегатов, рециркуляция материалов и экология. – Днепропетровск: РВА «Днепр-ВАЛ», 2006. – 454 с.
3. Гладких В. А., Гасик М. И., Овчарук А. Н., Пройдак Ю. С. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов. – Днепропетровск: Системные технологии, 2004. – 736 с.
4. Дюдкин Д. А., Кисленко В. В., Павлюченков И. П., Болотов В. Ю. Ковш-печь – современный агрегат для получения стали. – Донецк: НордПресс, 2008. – 473 с.
5. Величко А. Г. Внепечная обработка стали. – Днепропетровск: Системные технологии, 2005. – 199 с.
6. Вихлищук В. А., Харахулах В. С., Бродский С. С. Ковшевая доводка стали. – Днепропетровск: Системные технологии, 2000. – 190 с.
7. Шкиромонтов А. П., Курогин О. В., Тимофеев А. А., Долбилов С. В. Развитие процессов внепечной обработки стали: обзор по системе Инфорсталь // Институт «Черметинформация». – 1989. – Вып. 18 (351). – 41 с.
8. Очагов И. Г. Огнеупоры для агрегатов комплексной обработки стали за рубежом // Институт «Черметинформация». – 1991. – Вып. 2 (220). – 20 с.
9. Дюдкин Д. А., Бать С. Ю., Гринберг С. Б., Маринцев С. Н. Производство стали на агрегате ковш-печь. – Донецк: ООО «Юго-Восток ЛТД», 2003. – 300 с.
10. Уточкин Ю. Н., Павлов А. В., Менделеев В. А. Применение шлаковых смесей для комплексного глубокого рафинирования металлических расплавов при внепечной обработке // Труды первого конгресса сталеплавильщиков (г. Москва, 12–16 октября 1992 г.). – М.: Черметинформация, 1993. – С. 204–207.
11. Кац Я. Л. Состояние и перспективы развития внепечной обработки стали в России // *Металлург.* – 2006. – № 2. – С. 49–55.
12. Современное состояние и тенденции развития ковшевой металлургии / Фандрих Р., Кляйтм Б., Либмг Х., Пипер Т. и др. // *Черные металлы.* – 2011. – № 12. – С. 40–42.
13. Вимер Г. Э. Обзор технологий и агрегатов ковшевой металлургии // *Черные металлы.* – 1998. – № 11–12. – С. 26–29.
14. Протасов А. В. Актуальные проблемы создания агрегатов ковшевой обработки жидкой стали. Часть I. Обработка при атмосферном давлении // *Сталь.* – 2010. – № 10. – С. 22–28.
15. Протасов А. В. Актуальные проблемы создания агрегатов ковшевой обработки жидкой стали. Часть II. Процессы в условиях вакуума // *Сталь.* – 2010. – № 12. – С. 20–25.
16. Дюдкин Д. А., Гринберг С. Б., Мирнцев С. Н. Сопоставление технологий внепечной обработки металла на агрегатах комплексной обработки стали установках «ковш-печь» // *Металл и литье Украины.* – 2003. – № 1–2. – С. 48–51.
17. Вихлищук В. А., Стороженко А. С., Шкиромонтов А. П., Вяткин Ю. Ф. Высокотемпературный нагрев футеровок сталеразливочных ковшей // *Черная металлургия. Бюллетень института «Черметинформация».* – 1992. – № 9. – С. 13–21.
18. Рябов В. В. Внепечная обработка металла на Новолипецком металлургическом комбинате // *Сталь.* – 1995. – № 4. – С. 20–24.

19. Одинцов В. А., Вихлищук В. А., Багрий А. И. Эффективность высокотемпературной эксплуатации футеровки стале-разливочных ковшей // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1999. – № 1. – С. 16–18.
20. Вихлищук В. А. Проблемы внепечной обработки стали // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. – 1998. – Вып. 2. – С. 158–191.

Поступила 23.06.2018



REFERENCES

- Kolpakov, S.V., Starov, R.V., Smoktii, V.V. et al. (1991). The steelmaking technology in modern BOF shops [*Tehnologiya proizvodstva stali v sovremennykh konvertornykh tsekhakh*]. Moscow: Mashinostroenie, 464 p. [in Russian].
- Boichenko, B.M., Okhotskii, V.B., Kharlashin, P.S. (2006). Converter steelmaking: theory, technology, steel quality, unit design, materials recycling and ecology [*Konvertornoe proizvodstvo stali: teoriia, tekhnologiya, kachestvo stali, konstrukttsiia agregatov, retsirkulatsiia materialov i ekologiya*]. Dnepropetrovsk: RVA "Dnepr-VAL", 454 p. [in Russian].
- Gladkikh, V.A., Gasik, M.I., Ovcharuk, A.N., Proidak, Yu.S. (2004). Designing and equipment of electric steelmaking and ferroalloy shops [*Proektirovanie i oborudovanie elektrostaleplavil'nykh i ferrosplavnykh tsekhov*]. Dnepropetrovsk: Sistemnye tekhnologii, 736 p. [in Russian].
- Diudkin, D.A., Kisenko, V.V., Pavliuchenkov, I.P., Bolotov, V.Yu. (2008). Ladle-furnace – the modern unit for steel production [*Kovsh-pech – sovremenniy agregat dlia poluchenii stali*]. Donetsk: NordPress, 473 p. [in Russian].
- Velichko, A.G. (2005). Ladle treatment of steel [*Vnepechnaia obrabotka stali*]. Dnepropetrovsk: Sistemnye tekhnologii, 199 p. [in Russian].
- Vikhleshchuk, V.A., Kharakhulakh, V.S., Brodskii, S.S. (2000). Ladle steel finishing [*Kovshevaia dovodka stali*]. Dnepropetrovsk: Sistemnye tekhnologii, 190 p. [in Russian].
- Shkirmontov, A.P., Kurogin, O.V., Timofeev, A.A., Dolbilov, S.V. (1989). Development of processes of secondary steel processing: a review of the system Inforsteel [*Razvitie protsessov vnepechnoi obrabotki stali: obzor po sisteme Inforstal*]. Institut "Chermetinformatsiia", Vol. 18 (351), 41 p. [in Russian].
- Ochagov, I.G. (1991). Refractories for aggregates of complex processing of steel abroad [*Ogneupory dlia agregatov kompleksnoi obrabotki stali za rubezhom*]. Institut "Chermetinformatsiia", Vol. 2 (220), 20 p. [in Russian].
- Diudkin, D.A., Bat', S.Yu., Grinberg, S.B., Marintsev, S.N. (2003). Steel production in the ladle-furnace unit [*Proizvodstvo stali na agregate kovsh-pech*]. Donetsk: OOO "Yugo-Vostok LTD", 300 p. [in Russian].
- Utochkin, Yu.N., Pavlov, A.V., Mendeleev, V.A. (1993). Application of slag mixtures for complex deep refining of metallic melts during out-of-furnace processing [*Primenenie shlakovykh smesei dlia kompleksnogo glubokogo rafinirovaniia metallicheskiikh rasplavov pri vnepechnoi obrabotke*]. Trudy pervogo kongressa staleplavilshchikov (12–16 oktiabria 1992 g.). – Proceedings of the 1st Congress of Steelmakers, Moscow: Chermetinformatsiia, pp. 204–207 [in Russian].
- Kats, Ya.L. (2006). State and prospects of development of secondary metallurgy in Russia [*Sostoianie i perspektivy razvitiia vnepechnoi obrabotki stali v Rossii*]. Metallurg – Metallurgist, no. 2, pp. 49 – 55 [in Russian].
- Fandrikh, R., Kliamt, B., Libmg, Kh., Piper, T. et al. (2011). Current state and tendencies of development of secondary metallurgy [*Sovremennoe sostoianie i tendentsii razvitiia kovshevoi metallurgii*]. Chernye metally – Ferrous metals, no. 12, pp. 40–42 [in Russian].
- Vimer, G.E. (1998). Overview of technologies and aggregates of ladle metallurgy [*Obzor tekhnologii i agregatov kovshevoi metallurgii*]. Chernye metally – Ferrous metals, no. 11–12, pp. 26 – 29 [in Russian].
- Protasov, A.V. (2010). Actual problems of creating units for secondary metallurgy. 1st Part. Treatment under atmospheric pressure [*Aktual'nye problemy sozdaniia agregatov kovshevoi obrabotki zhidkoi stali. Chast' I. Obrabotka pri atmosfernom davlenii*]. Stal' – Steel, no. 10, pp. 22–28 [in Russian].
- Protasov, A.V. (2010). Actual problems of creating units for secondary metallurgy. 2nd Part. Processes in vacuum [*Aktual'nye problemy sozdaniia agregatov kovshevoi obrabotki zhidkoi stali. Chast' II. Protsessy v usloviakh vakuuma*]. Stal' – Steel, no. 12, pp. 20–25 [in Russian].
- Diudkin, D.A., Grinberg, S.B., Mirtsev, S.N. (2003). Comparison of technologies for ladle processing in aggregates of complex steel processing ladle-furnace units [*Sopostavlenie tekhnologii vnepechnoi obrabotki metalla na agregatakh kompleksnoi obrabotki stali ustanovkakh "kovsh-pech"*]. Metall i lit'e Ukrainy, no. 1–2, pp. 48–51 [in Russian].
- Vikhlivshchuk, V.A., Storozhenko, A.S., Shkiromontov, A.P., Viatkin, Yu.F. (1992). High temperature heating of linings of teeming ladles [*Vysokotemperaturnyi nagrev futerovok stalerazlivochnykh kovshei*]. Chernaia metallurgiya. Biulleten instituta "Chermetinformatsiia", no. 9, pp. 13–21 [in Russian].
- Riabov, V.V. (1995). Secondary metallurgy at the Novolipetsk Metallurgical Plant [*Vnepechnaia obrabotka metalla na Novolipetskom metallurgicheskom kombinat*]. Stal' – Steel, no. 4, pp. 20–24 [in Russian].
- Odintsov, V.A., Vikhlivshchuk, V.A., Bagrii, A.I. (1999). Efficiency of high-temperature operation of lining of teeming ladles [*Effektivnost' vysokotemperaturnoi ekspluatatsii futerovki stalerazlivochnykh kovshei*]. Metallurgicheskaia i gornorudnaia promyshlennost' – Metallurgical and mining industry, no. 1, pp. 16–18 [in Russian].
- Vikhlivshchuk, V.A. (1998). Problems of out-of-furnace treatment of steel [*Problemy vnepechnoi obrabotki stali*]. Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoi metallurgii – Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy, no. 2, pp. 158–191 [in Russian].

Received 23.06.2018

Анотація

В. Г. Герасименко¹, канд. техн. наук, доц., ст. наук. співробітник;
Є. В. Синегін², канд. техн. наук, доцент, e-mail: kaf.stal@metal.nmetau.edu.ua;
Л. С. Молчанов¹, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник;
В. Я. Перерва², канд. техн. наук, доцент; **О. С. Лантух**², аспірант

¹Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, Дніпро, Україна

²Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Особенности впровадження у виробництво футерівки сталерозливних ковшів

У статті наведено узагальнення технологічного досвіду високотемпературної експлуатації футерівки сталерозливних ковшів на металургійних підприємствах. Розроблено рекомендації з удосконалення режимів розігріву та експлуатації сталерозливних ковшів.

Ключові слова

Сталерозливний ківш, футерівка, нагрів, волога.

Summary

V. G. Gerasimenko¹, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Senior Researcher; **Ye. V. Synehin**², Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: kaf.stal@metal.nmetau.edu.ua;
L. S. Molchanov¹, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher;
V. Ya. Pererva², Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor;
A. S. Lantukh², Postgraduate student

¹Z. I. Nekrasov Institute of Ferrous Metallurgy of the NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine

²National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine

Features of application of the lining of teeming ladles

The article summarizes the technological experience of high-temperature operation of the lining of teeming ladles at metallurgical plants. In the course of generalization of technological information, the recommendations have been developed to improve the regimes of heating and operation of teeming ladles.

Keywords

Teeming ladle, lining, heating, moisture.