

Рисунок 1 – Изменение показателей работы ИТП в зависимости от мощности, выделяемой в металле

Для лучшего использования мощности, выделяемой в металле, выбирают мощность правее точки А т.е. $\Delta M_T/M_T < \Delta P_M/P_M$. Поэтому для ИТП ЛМЗ вместимостью 6 т с производительностью 40 тыс. т/год целесообразно выбрать мощность $P_M = 2,5$ МВт.

Список литературы

1. **Турсунов, Н. К.** Оптимизация футеровки индукционных печей при выплавке стали марки 20ГЛ. Обзор / Н. К. Турсунов, Т. М. Турсунов, Т. Т. Уразбаев // *Universum: технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 2–2 (95). – С. 13–19.
2. **Kayumjonovich, T. N.** Influence of coating formation conditions in chlorine-containing media on the corrosion properties of titanium / T. N. Kayumjonovich, A. S. Pirmukhamedovich, U. T. Teleubaevich // *Web of Scientist : International Scientific Research Journal*. – 2022. – Vol. 3, no. 5. – P. 1692–1701.
3. **Турсунов, Н. К.** Методика расчета комплексного раскисления стали марки 20ГЛ с алюминием и кальцием / Н. К. Турсунов, Т. Т. Уразбаев, Т. М. Турсунов, // *Universum: технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 2–2 (95). – С. 20–25.
4. **Тоиров, О. Т.** Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // *Universum: технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022.– № 4–2 (97). – С. 65–68.

УДК 620.178.16

ПРОЦЕСС УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ СТАЛИ В ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Н. К. ТУРСУНОВ, Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ, О. Т. ТОИРОВ, Л. К. КУЧКОРОВ
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В процессе производства стали роль шлака является одним из определяющих факторов. Удаление из металла фосфора основано на переводе его из состава металла в шлак. Изменяя состав, количество и температуру шлака, можно влиять на процесс дефосфорации металла. Получение шлака необходимого состава, обладающего соответствующими физико-химическими свойствами, является одной из важных задач при выплавке стали.

Процесс удаления фосфора в дуговых сталеплавильных печах происходит в конце периода расплавления и при обезуглероживании расплава, а в конвертере этот процесс начинается сразу после начала продувки, что объясняется быстрым началом формирования окислительного шлака. В индукционных тигельных печах (ИТП) это не является основной задачей, так как эти печи предназначены для расплавления и нагрева металла.

Обычно шлаки в ИТП не выполняют таких функций, как окисление и дефосфорация. В процессе плавки металла в печи образуются шлаки в результате окисления компонентов шихты и футеровочных материалов тигля. Эти шлаки обычно удаляют в конце плавки и добавляют твердые шлакообразующие смеси из боя стекла и кварцевого песка для кислых печей, из свежееобожженной

известии и плавикового шпата для печей с основной футеровкой. Основной функцией этих шлаков защита жидкого металла от взаимодействия с атмосферой и уменьшить потери энергии, излучаемой поверхностью зеркала металла.

Шлаки как рафинирующая фаза в процессе плавки металла в ИТП до настоящего времени не нашли широкого применения в металлургической практике. Это обусловлено малой реакционной способностью шлаков, разогрев которых происходит только в зоне контакта с поверхностью металла и охлаждением шлаков футеровкой тигля. В ИТП предъявляют повышенное требование к металлошихте, по содержанию фосфора.

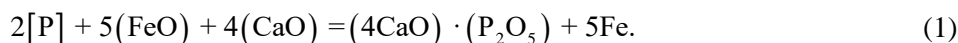
О назначении шлака образующегося в ИТП существуют разные мнения: одни авторы считают, что роль шлака в ИТП нейтральна к процессам рафинирования [1]; другие считают, что шлак может участвовать в процессе рафинирования [2–6].

При создании определенных условий возможно эффективное использование шлаков для дефосфорации металла.

По сравнению с вышеприведенными методами нами предлагается технология, отличающаяся применением твердых шлаковых смесей (ТШС) для снижения содержания фосфора в металле.

Вредное влияние фосфора наблюдается в зернограничной хрупкости, которое снижает ударную вязкость, но в разных марках сталей фосфор себя проявляет по-разному. В низкоуглеродистой стали происходит охрупчивание в зоне сварки, при хладноломкости из-за сегрегации излом зернограничный, а не по объему зерна. В агрессивных средах фосфор усиливает водородную хрупкость. Фосфор, содержащийся в стали, упрочняет ее и повышает сопротивление атмосферной коррозии. Однако, чаще всего, он оказывает отрицательное влияние на качество стали. В связи с этим требования по содержанию фосфора в качественных сталях постоянно повышаются. В настоящее время считают, что фосфор оказывает отрицательное влияние при содержании более 0,005 % [6].

При плавке металла процесс дефосфорации наиболее благоприятен в период расплавления шихты, характеризующийся низкой температурой металла. Снижение содержания фосфора в металле можно добиться путем его окисления и перевода в шлак. Компонентом шлака для понижения активности продуктов реакции и образующим с пентаоксидом фосфора P_2O_5 прочные фосфаты является известь CaO . Поэтому удаление фосфора в стали в печах проводят с высоким содержанием извести в шлаке. Уравнение реакции удаления фосфора из металла имеет следующий вид:



Экспериментальные данные о равновесии реакции, полученные Уинклером и Чипманом

$$\lg K = \lg \frac{X_{(4CaO)} \cdot (P_2O_5)}{[P]^2 \cdot f_{[P]}^2 \cdot X_{(FeO)}^5 \cdot X_{(CaO)}^4} = \frac{40067}{T} - 15,06, \quad (2)$$

где $X_{(CaO)}$ представляет мольную долю «свободной» CaO (не связанную в соединения с кислотными оксидами): $X_{(CaO)} = X_{(CaO)} - 2X_{(SiO_2)} - 4X_{(P_2O_5)} - 2X_{(Al_2O_3)}$.

Анализ влияния температуры на константу равновесия реакции показывает, что с увеличением температуры реакции константа уменьшается, т.е. процесс дефосфорации протекает хуже (значение энтальпии реакции $\Delta H = 76600$ Дж/моль, реакция идет с выделением тепла).

Удаление фосфора в металле по упрощенной реакции окисления описывается следующим уравнением



Выражение логарифма константы равновесия имеет вид:

$$\lg K = \lg \frac{x_{PO_{2,5}} \cdot \gamma_{PO_{2,5}}}{x_{FeO}^{2,5} \cdot \gamma_{FeO}^{2,5} \cdot [P] \cdot f_P}. \quad (4)$$

Важнейшим параметром дефосфорации является коэффициент распределения фосфора L_P между шлаком и металлом. Чем больше коэффициент распределения, тем большее количество фосфора перейдет в шлак. После преобразования выражения (4) можно получить формулу для равновесного значения коэффициента распределения фосфора между металлом и шлаком:

$$L_p = \frac{31 \cdot K \cdot f_p \cdot x_{\text{FeO}}^{2,5} \cdot \gamma_{\text{FeO}}^{2,5} \cdot \sum n}{\gamma_{\text{PO}_{2,5}}} \quad (5)$$

Из приведенных реакций (1) и (3) видно, что для повышения полноты протекания процесса дефосфорации необходимо иметь повышенное содержание оксидов железа и кальция в шлаке. Рекомендуемое отношение (CaO)/(FeO) около 2–4 (рисунок 1).

Проведено исследование процесса рафинирования стали от фосфора с использованием твердых шлаковых смесей в ИТП вместимостью 6 т.

Для ускорения процесса окисления после расплавления каждой порции шихты в печь загружали металлический лом с твердыми шлаковыми смесями, состоящий из железорудного концентрата, извести и плавикового шпата.

При соблюдении условий, подбора состава специальных шлаков придание им активности при взаимодействии с металлической ванной, например, уменьшение высоты мениска, можно добиться существенной дефосфорации стали. Данный технологический прием широко используется в промышленных условиях.

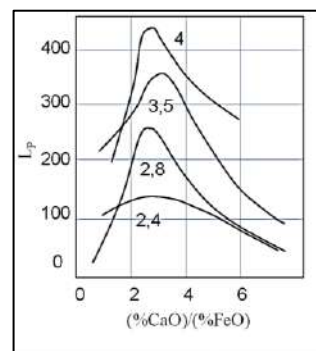


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента распределения L_p от основности и (%FeO) (Цифры у кривых – основность шлака $B = (\%CaO)/(\%SiO_2)$)

Список литературы

- 1 Тоиров, О. Т. Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // *Universonum : технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 4–2 (97). – С. 65–68.
- 2 Кучкоров, Л. А. Исследование стержневых смесей для повышения газопроницаемости / Л. А. Кучкоров, Н. К. Турсунов, О. Т. Тоиров // *Oriental renaissance : Innovative, educational, natural and social sciences*. – 2021. – Vol. 1, no. 8. – P. 831–836.
- 3 Турсунов, Н. К. Исследование процессов дефосфорации и десульфурации при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи с дальнейшей обработкой в ковше с использованием редкоземельных металлов / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Санокулов // *Черные металлы*. – 2017. – № 1. – С. 33–40.
- 4 Турсунов, Н. К. Теоретический и экспериментальный анализ процесса перевода индукционной тигельной печи из разряда переплавной установки в активный рафинирующий сталеплавильный агрегат / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, А. А. Саидирахимов // *Физико-химические основы металлургических процессов : тез. докл. Междунар. науч. конф., посвященной 115-летию со дня рождения академика А. М. Самарина, Москва, 14–15 нояб. 2017 г.* – М. : ИМЕТ РАН, 2017. – С. 62.
- 5 Турсунов, Н. К. Исследование в лабораторных условиях и индукционной тигельной печи вместимостью 6 тонн режимов рафинирования стали 20ГЛ с целью повышения ее качества / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Санокулов // *Тяжелое машиностроение*. – 2017. – № 1–2. – С. 47–54.
- 6 Using of exothermic inserts in the large steel castings production of a particularly / О. Т. Toirov [et al.] // *Web of Scientist : International Scientific Research Journal*. – 2022. – Vol. 3, no. 1. – P. 250–256.

УДК:628.218

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ В МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

А. В. УРИЦКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Системы канализации в настоящий момент представляют собой неотъемлемый элемент благоустройства современных населенных пунктов, а техническое совершенствование с повышением эффективности функционирования таких систем и снижением негативного воздействия на окружающую среду является актуальной задачей.

Транспортирование сточных вод может осуществляться самотечным или принудительным способом, благодаря созданию избыточного давления или вакуума, приводящего к движению сточные воды с расчетными скоростями.

При самотечной системе канализации отведение сточных вод осуществляется по безнапорным трубопроводам. В малых населенных пунктах создание таких сетей предполагает подключение каждого здания отдельным трубопроводом к сборному уличному трубопроводу. Последние объединяются в коллектор для транспортирования сточных вод на очистные сооружения [2].

Самотечная система канализации считается традиционной и используется чаще других систем, отличается минимальными затратами на подключение и простотой последующей эксплуатации.