

смазывающими свойствами при высоких температурах. В качестве разделяющего компонента в составе эмульсий в последнее время используют кремнийорганические жидкости ПМС300, ПМС400, обладающие более высокой термической устойчивостью, чем нефтяные масла, растительные и животные жиры. Но по смазывающей способности кремнийорганические соединения уступают как нефтяным маслам, так и жирам. В результате водоэмульсионные смазки с использованием в составе только кремнийорганического полимера обладают сравнительно невысокой смазывающей способностью.

Кроме того эмульсии, полученные с использованием в составе только ПМС и поверхностно активного вещества (ПАВ) обладают сравнительно невысокой седиментационной устойчивостью.

Поэтому с целью улучшения смазывающих свойств разделительных покрытий, повышения их седиментационной устойчивости в состав дополнительно вводим компоненты, обладающие хорошими смазывающими свойствами при повышенных температурах. В качестве таких компонентов использовали олеиновую кислоту, масло растительное, отходы переработки растительных масел – соапсток.

Использование последнего позволило улучшить смазывающие свойства разделительного покрытия, а также существенно повысить его седиментационную устойчивость.

Таким образом, представляется возможным, за счет использования одного материала решать две задачи: улучшить смазывающие свойства разделительного покрытия, а также повысить его седиментационную устойчивость.

УДК 669.187.25

### **Вопросы энергосбережения и экологии при выплавке стали в дуговых электрических печах**

Студенты гр.104110 Джураев Т.Х., Литвинов М.О.  
Научный руководитель – Неменёнок Б.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Мировое производство стали с 1970 г. по 2011 г. возросло на 923 млн.т и составило 1518 млн.т. Из них 69,6 % приходится на конвертерную сталь, 29,2 % на электросталь, и 1,2 % составляет мартеновская сталь. Процесс выплавки стали в электродуговых печах является наиболее универсальным.

В зависимости от ёмкости печей используются 2 технологии выплавки стали. На печах ёмкостью до 80 т технология плавки включает период расплавления, окисления и восстановления металла.

Электрический режим печей, работающих по данной технологии, основывается на том, что по потреблению электроэнергии процесс плавки делится на два этапа: первый включает период расплавления, в течении которого расходуется ~ 2/3 общего количества электроэнергии (430 – 480 кВт · ч/т), второй – окислительный и восстановительный периоды, когда после расплавления металла потребность в подводимой мощности резко снижается. Во время окислительного периода подводимая мощность должна обеспечить нагрев металла до температуры выпуска и компенсацию теплопотерь, а в восстановительный период преимущественно поддержание температуры металла на необходимом уровне и компенсацию теплопотерь. Соответственно в период плавления работают на высших ступенях напряжения трансформатора и относительно длинных дугах, что обеспечивает высокую подводимую мощность и хорошую излучательную способность дуг, в окислительный период – на средних ступенях напряжения и в восстановительный период на

низших ступенях и укороченных дугах, что снижает подводимую мощность и уменьшает излучение на футеровку печи.

Главная особенность организации работы современных крупнотоннажных дуговых сталеплавильных печей (ДСП) сводится к переходу на двухстадийную технологию производства: а) быстрое расплавление в печи металлошихты, окисление углерода и фосфора, удаление окислительного шлака; б) окончательное рафинирование (десульфурация, раскисление) и доводка вне печи методами внепечной обработки.

Значительную часть периода плавления, когда излучение дуг поглощается стальным ломом, экранирующим стены печи, работают на высших ступенях напряжения и длинных дугах (при относительно небольших токах), что обеспечивает хорошую излучательную способность мощных дуг при высоких значениях  $\cos \varphi$  ( $\sim 0,9$ ). После формирования жидкой ванны, чтобы уменьшить облучение стен печи переходят на работу с короткими, при больших токах и напряжении, высокомоощными дугами. Такие дуги в значительной мере заглублены в ванну, что увеличивает передачу тепла жидкому металлу, но из-за больших токов сильно снижается  $\cos \varphi$  (до  $0,7 - 0,9$ ). Чтобы повысить экономичность электрического режима разработана технология работы с «пенистыми» шлаками: во время плавления и окислительного периода на шлак загружают порции мелкого кокса, это вызывает вспенивание шлака пузырями  $\text{CO}$ , образующимися при окислении углерода кокса. Электрические дуги оказываются погруженными во вспененный шлак, что позволяет несколько увеличить длину дуги, уменьшив силу тока. При этом  $\cos \varphi$  возрастает до  $0,8 - 0,85$ . По такому режиму работают большинство высокомоощных печей.

В целях экономии электроэнергии и повышения производительности ДСП широко используются различные варианты предварительного подогрева шихты, в том числе и за счёт тепла отходящих газов. За счёт высокотемпературного нагрева лома технологическими газами и использования больших количеств топлива расход электроэнергии может быть снижен до  $180 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$ , расход электродов до менее  $1,2 \text{ кг/т}$ . При этом по сравнению с обычной ДСП затраты первичной энергии на выплавку стали могут быть уменьшены в  $1,5 - 1,6$  раза, что способствует не только повышению экономической эффективности процесса, но и улучшению экологии. Существует несколько конструкций ДСП с предварительным подогревом шихты: печи Consteel с непрерывной загрузкой металлошихты; шахтные ДСП с удерживающими пальцами и непрерывной подачей металлошихты; оптимизированная печь EoF (Бразилия); ДСП с криволинейным шахтным подогревателем лома (Япония); кольцевая шахтная ДСП (Contiars, Mannesmann Demag).

В 2010 году в мире насчитывалось 36 установок Consteel с суммарной мощностью более 30 млн. т жидкой стали в год. За 20 лет существования данной технологии ни одна установка не была демонтирована или заменена другой технологией.

Вместе с тем, следует отметить, что при подогреве лома, обычно загрязнённого маслом, органическими и галогеносодержащими соединениями неизбежно образование особенно вредных соединений, в том числе диоксинов и фуранов. Например, лом от измельчённых корпусов автомобилей содержит до 2 % по массе (или до 20 кг/т) горючих составляющих. Кроме диоксинов и фуранов, важнейшими горючими вредными выбросами, связанными с загрязнением лома, являются: сажа,  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$  – бензапирен,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  – фенол,  $\text{HCHO}$  – формальдегид,  $\text{HCN}$  – цианистый водород.

Признание и быстрое распространение электросталеплавильных установок системы Consteel в США, Европе и Азии в начале 21 века были обусловлены прежде всего непрерывной загрузкой скрапа, позволявшей улучшить энергоэкологические показатели ДСП, снизить дестабилизацию электрических сетей, уменьшить уровень шума. Однако такая схема позволяет нагреть металл до  $300 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$ , а в большинстве случаев только до  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  и не решает проблем нейтрализации горючих компонентов неорганизованных выбросов, подавления образования диоксинов и фуранов. Поэтому технологии предварительного нагрева металлошихты целесообразно использовать для чистого металлического лома, свободного от краски, масел, полимерных покрытий.