

Интенсификация электроплавки чёрных металлов с применением предварительного подогрева шихты

Студент Новик А.А.
Научный руководитель Ровин С.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Интенсификация технологических процессов – наиболее эффективное направление в ресурсосбережении и повышении экономической эффективности плавки.

Подогрев шихты для электропечей – средство универсальное, он актуален как для крупных металлургических печей, в том числе сверхмощных, несмотря на их высокую удельную мощность и интенсивность процесса плавки, так и для небольших по емкости плавильных агрегатов литейных цехов. Подогрев шихты эффективен не только для электродуговой плавки чугуна и стали, но также и для индукционных тигельных печей, применяемых для выплавки черных и цветных сплавов. Экономия электроэнергии при использовании подогрева шихты определяется не только количеством тепла (величиной энтальпии), вносимого в печь с горячей шихтой, но и соотношением коэффициентов теплоиспользования, т.е. КПД [1].

Существующие системы подогрева шихты можно объединить в следующие группы:

- Системы подогрева шихты в бадьях - Bucket Scrap Preheating Systems (Daido, NKK, Krupp, SMS-Demag, Siemens-VAI, Danarc, Danieli);
- Вращающиеся нагревательные печи – Rotary Kiln Preheater (Fuel Arc Furnace, BBS-Brusa);
- Шахтные печи – с одной или сдвоенной шахтой с удерживающими пальцами – Shaft Furnaces – Single, Double and Finger Shafts (Siemens-VAI);
- Шахтнодуговые печи – EcoArc Shaft Furnace (NKK);
- Шахтные печи с толкателями – Shaft Furnace with pusher (ИИ);
- Шахтно-дуговые с перемещаемым подогревателем – COSS (Continuous Optimized Shaft System) Shaft Furnace (Fuchs);
- Подогреватели непрерывного действия (подогрев шихты на конвейере) – Continuous Scrap Preheating System (Tenova Consteel Process, Danieli ESC System);
- Сдвоенные (двухкорпусные) печи – Twin Shell Furnace;
- Бадьевые высококорпусные печи – Single Bucket High Shell Furnace.

Анализ показывает, что в электрометаллургии черных металлов усилия были направлены в основном на создание комбинированных комплексных агрегатов, включающих помимо собственно ДСП сопряженную с ней установку, в которой за счет тепла отходящих газов шихта подогревается до максимально возможных температур [2].

Наиболее удачной по компактности, технологичности и эффективности зарекомендовала себя последняя разработка фирмы “Fuchs Systemtechnik AG”: дуговая печь с устройством для подогрева шихты “COSS” и боковой загрузкой. Шихта загружается в “COSS”, где нагревается до 650-850°C печными газами, поступающими с температурой 750-1600°C. Загрузка горячей шихты в печи осуществляется 3-5 раз в час порциями по 20-25т. Процесс плавки идет непрерывно с периодическими выпусками жидкого металла по 100-120 т.

Однако, в системах такого типа имеется ряд существенных недостатков. В слое нагреваемой шихты газы, отходящие из ДСП, дополнительно насыщаются продуктами испарения и деструкции органических соединений, аэрозолями и частичками синтетических материалов (масла, краски, пластмасса и т.п.). Высокодисперсные органические вещества и сажистый углерод, осаждаясь на фильтрах и накапливаясь в слое уловленной аспирационной пыли, способны к интенсивному окислению и разогреву, что может привести к возгоранию в газоходах и тканевых фильтрах. Эта проблема характерна для всех подобных систем, работающих на печных газах, и требует установки дополнительного оборудования для дожигания газов на

выходе из слоя шихтовых материалов, с последующим охлаждением и/или разбавлением перед входом в фильтр.

В установках ВПШ, где нагрев осуществляется отходящими газами, проходящими по тоннелям (камерам) над шихтой (“Consteel” и др.), дожигание СО и органики осуществляется непосредственно по тракту движения шихты в свободном пространстве над ее поверхностью. Выделяющееся тепло служит дополнительным источником энергии. Подобные установки обеспечивают высокую температуру нагрева, но имеют большие габариты (протяженность), значительные тепловые потери и, соответственно, более низкий, чем шахтные печи, КПД. Во вновь строящихся цехах это не вызывает особых сложностей, но при реконструкции действующих цехов и замене традиционных агрегатов это требует тщательной проектной проработки, значительных инвестиций, а зачастую вообще невозможно.

Альтернативой, особенно для действующих производств и литейных цехов машиностроительных предприятий, где используют печи относительно небольшой ёмкости (до 10-15 тонн), является подогрев шихты в завалочных бадьях. При этом могут рассматриваться варианты нагрева как за счет тепла отходящих газов, так и за счет использования дополнительного топлива – преимущественно природного газа. Кажущаяся простота решения задачи экономии электроэнергии и утилизации ВЭР с минимальными капзатратами при подогреве шихты непосредственно в завалочных бадьях стимулировала активную разработку таких систем во второй половине прошлого века. Уже в 50-тых годах несколько фирм в Японии и Европе начали использование установок предварительного подогрева шихты в бадьях. За 70-80-е гг. только в Японии было создано более 50 таких установок.

Однако нагрев в загрузочных бадьях имеет наряду с привлекательной простотой очевидный недостаток: невозможно нагреть шихту, не нагревая в то же время корпус бадьи. При этом температура нагрева самой бадьи, как правило, даже выше, чем шихты, так как сопротивление вдоль корпуса бадьи для потока газов меньше, чем сквозь слой материалов в центральной части слоя, соответственно больше скорость и конвективный теплообмен. Нагревать бадью – грузонесущее оборудование выше 350°C опасно. Отсюда ограничение по температуре нагрева шихты и недостаточная эффективность подогрева.

В начале 2000-х годов учеными ГГТУ им. П.О.Сухого (г. Гомель) и УП “Технолит” (БНТУ, г. Минск) было найдено простое решение, позволяющее осуществить высокотемпературный подогрев шихты в малозатратной установке, легко адаптирующейся к действующему плавильному оборудованию. Сущность технического решения заключается в применении специальной бадьи – термоса. При этом получить такую бадью можно простой доработкой традиционных загрузочных бадей. Для этого в обычную загрузочную бадью (корзину) из конструкционной стали концентрически устанавливается вставка: обечайка из такого же “черного” металла толщиной 6-8 мм с зазором между ней и корпусом бадьи 50-70 мм. Эта вставка позволяет разделить функции, выполняемые бадьей: грузонесущую – выполняет корпус, а роль ограждающей тепловой стенки (экрана) играет вставка, не испытывающая серьезных механических нагрузок. В установке, использующей бадью-термосы, по практическим данным термический КПД составляет в среднем за цикл нагрева не менее 75%, при удельных затратах газа на нагрев шихты до 600-650°C около 12-14 м³/тэкономия электроэнергии составляет до 140-160 кВт·ч/т [3].

Список использованных источников

1. Ткаченко С.С., Кривицкий В.С. Станкостроение и модернизация литейного производства. // Черные металлы. – 2010. – №10 – С. 24-29.
2. Михайловский В.Н., П. В. Ковалев. Электрометаллургия и производство ферросплавов. Методика определения технических показателей плавки в дуговой шахтной электро-сталеплавильной печи. – СПб.: Политехнический ун-т, 2011 – 140 с.
3. Ровин Л.Е., Ровин С.Л. Сокращение расхода электроэнергии при плавке чугуна и стали. // Литье и металлургия. – 2013. – №3. – С.18-31.