

УДК 669.2

Потапов Б.Б., Пинчук В.А., Шелудько И.Б.

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОМБИНИРОВАНИЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАМОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

При переработке скопившихся возле многих металлургических заводов больших запасов (по несколько миллионов тон) замавленной окалины в смеси со шламами процессы жидкофазного восстановления (ПЖВ) обеспечивают себестоимость чугуна значительно более низкую, чем при выплавке чугуна в доменной печи [1,2]. Потенциальные преимущества таких процессов – весьма значительны. Процессы жидкофазного восстановления не требуют коксующихся углей и окискованного железорудного сырья, могут перерабатывать любые технологические отходы, в том числе с высоким содержанием цинка, свинца, щелочей и других вредных примесей. Они значительно проще в управлении, чем доменные печи. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ сокращаются в 5–10 раз, по сравнению с коксо-агло-доменной технологией.

Продвижение и реализация процессов жидкофазного восстановления сдерживается следующими причинами. В связи с высоким уровнем температур в объеме реактора возникают серьезные затруднения с сжиганием газа над ванной из-за диссоциации трехатомных компонентов. Температура газов из реактора, в зависимости от степени их дожига над ванной, составляет 1500–1800 °С, а в их составе содержание горючих компонентов соответствует теплоте сгорания 2,2–7,5 МДж/м³. Химически связанное тепло газов составляет 70–40 % общего содержания в них тепловой энергии [3].

Все это создает предпосылки создания энерготехнологического комплекса, обеспечивающего за счет утилизации химической и физической энергии высокотемпературных продуктов из реактора высокие энергетические и экономические показатели процесса.

Разработана система энергетической утилизации химического и теплового потенциала газов из реактора ПЖВ. Достоинством предложенного решения является комплексный подход и высокая эффективность преобразования энергии. Схематическое изображение комплекса представлено на рис. 1.

Условно схему блока энергетического использования потенциала газов из реактора можно разбить на следующие функциональные модули: утилизация физического тепла газа и шлака; очистка газа от зольного уноса; газотурбинный цикл; паротурбинный цикл. Каждый функциональный модуль характеризуется определенным набором технологических параметров.

Газотурбинная установка состоит из компрессора, камеры сгорания и турбины. Газовая турбина работает на смеси продуктов сгорания газа и воздуха. Компрессорная группа обеспечивает общую степень сжатия 6:1 и сжимает количество воздуха, необходимое как для сжигания генераторного газа в камере сгорания, так и для расхолаживания продуктов сгорания перед газовой турбиной. Камера сгорания конструируется компактной в расчете на большую теплонапряженность. Генератор электроэнергии связан тем же валом, что и турбина с компрессорами. Турбина передает мощность на вал, где приблизительно половина мощности используется для привода компрессоров, а остальная часть – электрогенератора. Для повышения эффективности схемы энергия, полученная от уходящих газов турбины, используется для получения перегретого пара в котле-утилизаторе.

Газ, покидає реактор з температурою 1700 °С. Процес охолодження газу здійснюється в охладителі газу, що дозволяє повернути в цикл певну частину фізического тепла газів. В процесі охолодження газу в охладителі здійснюється значительний відвід теплоти (до 85 %), яка передається питательній воді паротурбинного циклу для отримання перегретого пара. Парова турбіна, що використовується в цьому циклі, зазвичай є конденсаційною без регенеративного підігріву питательної води. В схемі нецелесообразно використовувати парову турбіну з проміжним перегрівом пара. В парогазовому циклі, підігрів повітря до компресора нецелесообразен, а після компресора неможливо, і повітрянагрівач в охладителі генераторного газу відсутній. Таким чином, відводиме тепло від газу йде на генерацію пара. На частину парового потоку приходиться до 50 % потужності вироблюваної парогазової установки. Роплава шлаку, що отримується в технологічному процесі, охолоджується на водоохладжуємих валках, використовуючи свою теплоту, затверджує, а потім дробиться на дробильних валках і використовується як будівельний матеріал, а не викидається в шлакові відвали тим самим, забруднюючи навколишнє середовище.

В реакторі ПЖВ (1) здійснюється технологічний процес з утворенням чугуна, газу і расплава шлаку (рис. 1). Високотемпературний газ поступає в охладитель газу (2). Після нього газ йде на очищення. Спочатку очищується від крупнодисперсних частинок шлаку в циклоні (3) а потім доочищується в металлотканевому фільтрі (4). Очищений газ стискається в турбокомпресорі (5) і разом зі стиснутим повітрям з компресора повітря (6) підводиться в камеру згорання (7). Продукти згорання поступають в газову турбіну (8) для вироблення електроенергії. Оброблені продукти згорання з газової турбіни охолоджуються в котле-утилізаторі (10). Далі димові гази проходять через дымосос (11) і викидаються в атмосферу.

Образуючийся рідкий шлак стікає в копільник расплава, звідти поступає на водоохладжуємих валки (12), затверджує, а потім дробиться на дробильних валках. Перегретий пар, що утворюється в охладителі, йде в парову турбіну (13) для вироблення електроенергії. З турбіни оброблений пар конденсується в конденсаторі (15) і йде насосом (16) в деаэраціонатор (17) разом з підігрівачою водою з блоку хімічної очистки води (18), що компенсує втрати води і пари в системі. Другий потік високотемпературного газу з реактора направляється для сушки (19) і підігріву сировини (20) для технологічного процесу. Загальний тепловий баланс комплексу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Загальний тепловий баланс комплексу продуктивністю 40 т/ч

Статті балансу приходу	ГДж/ч	%	Статті балансу расхода	ГДж/ч	%
Хімічна теплота газу	161,4	9,5	Теплота на парову турбіну	98,64	24,1
Фізическа теплота газу	202,3	49,5	Теплота на газову турбіну	66,6	16,3
Фізическа теплота шлаку	42,1	10,3	Теплота на привод компресорів	49,3	12,1
Фізическа теплота повітря	3,2	0,7	Втрати теплоти зі шлаком	26,1	6,4
			Втрати теплоти з відходящими газами	39,6	9,7
			Втрати в охладителі газу	12,77	3,1
			Втрати в газотурбинному блоці	4,7	1,1
			Втрати в паротурбинному блоці	111,29	27,2
Ітого	409	100	ітого	409	100

Проведенная оценка эффективности предложенной схемы показала, что КПД брутто представленной системы составляет до 55 %, а КПД нетто 40 %. При производительности реактора ПЖВ 40т/ч и пропускании через блок энергетического использования энергии 70000 м³/ч газообразных продуктов процесса мощность парогазового цикла составит 46 МВт. При полной утилизации физического и химического потенциала газов из реактора в комплексе энергетического использования (утилизируется энергия 130000 м³/ч газов) выработка электрической энергии составит 84,3 МВт.

Литература

1. Процесс Ромелт / Под ред. В.А. Роменца. – М.: МИСИС. Издательский дом «Руда и металл», 2005.– 400 с.
2. Вильдинов С.К., Валавин В.С., Роменец В.А. Перспективы применения технологии Ромелт для переработки красных шламов // Сталь.– 1998.– № 7.– С. 73–78.
3. Похвистнев Ю.В, Томилин И.А. Термодинамический анализ дожигаания СО и Н₂О в металлургических агрегатах // Известия Вузов Черная металлургия.– 1989.– №11.– С. 80–10.

УДК 669.2

Потапов Б.Б., Пінчук В.О., Шелудько І.Б.

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНЕ КОМБІНУВАННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ШЛАМІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА І ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ

Представлено енерготехнологічний комплекс по переробці шламів металургійного виробництва. Основу установки складає реактор, у якому реалізується процес жидкофазного відновлення сировини з одержанням залозистого розплаву. Утилізація хімічного і теплового потенціалу газів з реактора здійснюється в паротурбінному і газотурбінному циклах. Представлено оцінку енергетичної ефективності розробки.