

схема увеличивает эффективность энергокомплекса до 80% и более. Использование тригенерационных установок позволяет значительно уменьшить загрязнение окружающей среды, что делает ее неотъемлемой частью «зеленых» технологий и является важным достоинством в мире, где стремятся использовать безопасные для экологии материалы и процессы.

Библиографический список

1. Использование когенерационных установок / М.Е. Киприянов, Э.Н. Низямова, В.С. Решетникова // Сборник статей по материалам LVIII студ. междунар. научно-парк. конф, г.Новосибирск, 14 -16 окт. 2017. с. 108-112.
2. Концепция тригенерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://colden.ru/concept/trigeneratsiya/> (Дата обращения 02.10.2019).
3. Несколько слов о тригенерации в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://studwood.ru/1002081/tovarovedenie/neskolko_slov_trigenerats_ii_rossii (Дата обращения 02.10.2019).
4. Тригенерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/trigeneraciya-ot-bosch> (Дата обращения 02.10.2019).

УДК 669.2

**Токач Ю.Е., канд. техн. наук, доц.,
Рубанов Ю.К., канд. техн. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Проанализировано современное состояние технологии мировой черной металлургии. Рассмотрены перспективные пути решения проблемы переработки вторичных отходов электрометаллургического комплекса.

Ключевые слова: сталеплавильные шлаки, пыли газоочистки, окалина прокатных станов, чистые технологии.

Анализируя современное состояние технологии мировой черной металлургии, и в Российской Федерации в частности, приходим к выводу о её высоком уровне на всех переделах.

Следует отметить, что с каждым годом запасы руды с достаточным содержанием железа и коксующихся углей непрерывно истощаются. И в определенный момент времени технологии, широко применяемые в металлургии сейчас, станут непригодными для переработки низкокачественного сырья. Таким образом, есть большие основания полагать, что доля металлопродукции, производимой из вторичного сырья на мини-заводах, будет возрастать.

Несмотря на современные достижения в области защиты окружающей среды металлургическое производство по-прежнему оказывает значительное экологическое давление на биосферу. Предпринимаемые в последнее время шаги по созданию «чистых» производств и модернизации старых мощностей решает проблему лишь отчасти. Объем вредных выбросов производственных предприятий по-прежнему значительно превышает нормативы.

Накопленные и вновь образующиеся отходы могут быть использованы для выпуска различной продукции, что становится особенно актуальным на фоне наблюдающейся в настоящее время на рынке вторичного сырья негативной тенденции. Объем металлического лома сокращается, а качество снижается. Непрерывно повышается доля автомобильного и бытового лома, загрязненного цветными металлами, органическими и синтетическими веществами, насыпная масса которого не превышает 0,3...0,5 т/м³. Это связано с общим падением выплавки стали в стране в 90-е годы, сокращением объемов промышленного производства, имеющего своими отходами лом, а также переходом на малоотходные технологии. Ситуация усугубляется еще и тем, что часть лома (до 40%), как правило, наиболее высокого качества, заготавливаемого в нашей стране, экспортируется за рубеж. Кроме того, не все отходы могут быть переработаны непосредственно на металлургическом предприятии в силу естественных ограничений, накладываемых условиями протекания технологических процессов.

Одним из направлений переработки промышленных отходов с целью получения качественной металлопродукции является создание технологии получения чистой первородной шихты – железа прямого восстановления (ЖПВ).

В мире ведется непрекращающийся поиск рациональных способов прямого восстановления железа, предназначенного для последующей выплавки стали, прежде всего, чистой по содержанию примесей цветных металлов.

Принцип получения ЖПВ оксидом углерода основан на взаимодействии углерода, вводимых в подготовленный расплав в дисперсном состоянии с оксидами железа. Растворенный в металле углерод является наилучшим восстановителем железа из его оксидов, а сами оксиды, обладая максимальным кислородным потенциалом в расплавленном состоянии, имеют большое сродство к углероду. Находясь в жидком состоянии, углерод металлической ванны и оксида железа реагируют между собой с высокой скоростью, существенно превышающей скорость реакций восстановления в доменных и шахтных печах, где одна из фаз находится в твердом состоянии. Это

позволяет получать высокую производительность процесса восстановления и резко уменьшить размеры агрегата.

На следующей стадии использование жидкого ЖПВ при выплавке стали в ДСП в количестве 30-50% по нашим расчетам снижает затраты электроэнергии с 350-400 до 200-250 кВтч/т стали. В результате меняется тепловой баланс дуговой печи: доля физического и химического тепла в общих энергозатратах на выплавку электростали, равных в среднем 600 кВтч/т металла, повышается и становится большей, чем доля вводимой электроэнергии.

Говоря о создании безотходной металлургической технологии, необходимо отдельно остановиться на путях переработки вторичных отходов. В черной металлургии можно выделить следующие основные виды таких отходов: шлаки сталеплавильного и ферросплавного производств, шламы и пыль газоочистки, окалина прокатных цехов, а также газовые выбросы. Утилизация этих материалов позволит не только значительно снизить экологическую нагрузку и получить дополнительную прибыль за счет реализации продуктов переработки, но и повысить эффективность производства [1, 2]. Рассмотрим перспективные пути решения этой проблемы. С каждым годом все более актуальной становится проблема наиболее полного использования тепла в металлургических процессах. Достигнут значительный прогресс в минимизации потребления электроэнергии от первичных источников за счет внедрения технологий, интенсифицирующих процесс плавки, выбора оптимальных схем загрузки печи, повышения степени автоматизации работы оборудования. Для повышения теплового к.п.д. печей используют различные агрегаты подогрева лома (шахтная печь типа Фукс, Consteel-процесс, подогрев лома в бадах). Недостаток этих процессов – образование вредных соединений (диоксинов, бензпиренов, фуранов, полихлорбензолов и др.) в процессе нагрева лома для плавки.

Однако, несмотря на все эти приемы, значительное количество энергии теряется вместе с печными газами. Так, в отходящих газах дуговой сталеплавильной печи может содержаться 25...30% от подведенного тепла. Эта тепловая энергия может быть рекуперирована и использована для нужд предприятия: горячее водоснабжение, отопление, подача пара в технологические агрегаты.

Переработка сталеплавильных шлаков в будущем должна осуществляться непосредственно за сталеплавильным агрегатом в специальных установках. При этом извлекается металлическая составляющая, которая может быть использована повторно как шихтовой материал, и получается товарный продукт для дорожного

строительства, производства цемента и бетонов, укрепления грунтов и балластировки железнодорожных путей, улучшения кислотного состава сельскохозяйственных почв. Тем самым минимизируются площади под отходы металлургического производства, и не происходит образования шлаковых отвалов, ухудшающих экологическую обстановку (рисунок 1).

Разработанная в «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» установка переработки сталеплавильных шлаков в содружестве с «Уральским институтом металлургии», Уралгипрометом и с участием БГТУ им. В.Г. Шухова обеспечивает переработку сталеплавильных шлаков непосредственно под сталеплавильным агрегатом (рисунок 2). В настоящее время такой агрегат прошел стадию промышленных испытаний на ОАО «Объединенная металлургическая компания - Сталь» в г. Выкса Нижегородской области.

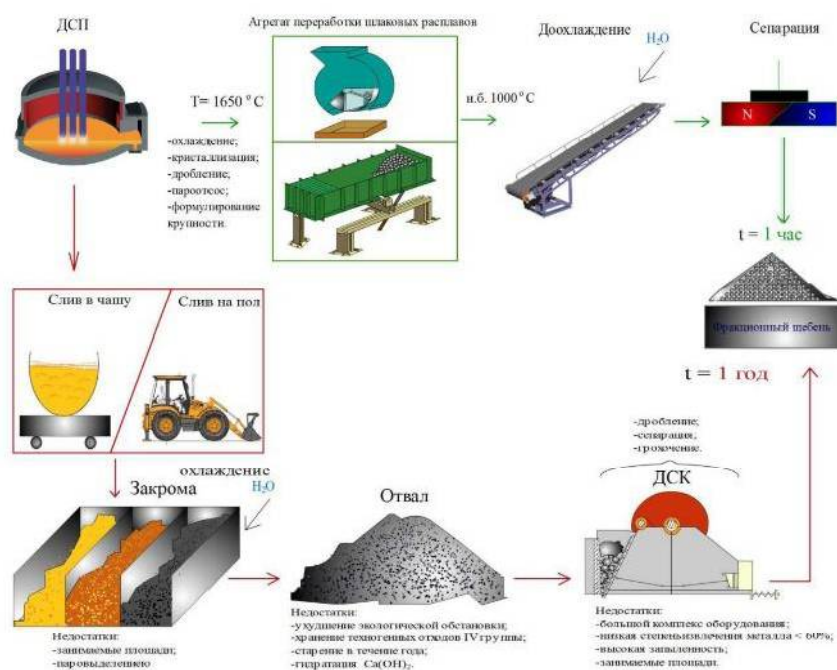


Рис. 1 - Пути переработки сталеплавильных шлаков

В основе создания установок для переработки жидкого шлака лежит идея охлаждения расплава на движущейся металлической поверхности

с использованием пространства, образованного металлическими шарами, находящимися в емкости. При вращении емкости расплавленный шлак, проникая в межшаровое пространство, оказывается окруженным со всех сторон металлом, быстро отдает ему тепло, переходит в пиропластичное состояние, измельчается, а затем в твердом состоянии удаляется из емкости через колосники [3].

В зависимости от того, из какого металлургического агрегата скачивается шлак (электропечи, конвертеры и т.д.) устройство барабанного типа с шаровой насадкой имеет различные геометрические параметры и различные конструктивные исполнения устройства доохлаждения.

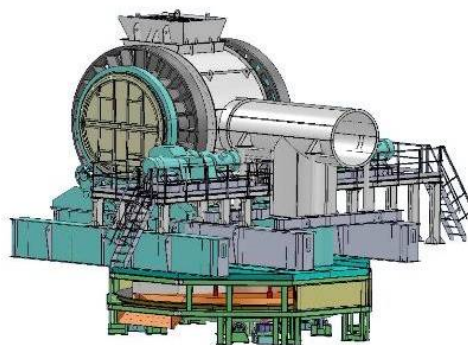


Рис.2 - Колосниковый барабан с шаровой насадкой

Образующиеся пыли представляют собой превосходное вторичное сырье, так как помимо железа содержат такие ценные компоненты как цинк, свинец, кадмий и другие. Разработка и использование высокоэффективных и экономичных схем переработки пылей и шламов сталеплавильного производства позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, а так же получить качественные продукты, такие как: железосодержащий продукт, концентраты цветных металлов, шлаки пригодные для использования в строительстве дорог. На рисунке 3 представлена схема перспективного технологического процесса переработки пылей газоочистки.

Важное место среди металлургических отходов занимает окалина прокатных станов, которой образуется в России до 2% от массы стального проката, или примерно 600 тыс. т. в год. Мелкодисперсная (менее 0,075 мм) калина попадает во вторичные отстойники с

влажностью до 20% и содержанием отработанных масел и смазочно-охлаждающих эмульсий до 30 %. В шламоборниках накопилось миллионы тонн окалины, содержащие до 70% железа. Она оказывает наиболее вредное воздействие на окружающую среду (III и IV классы опасности). Таким образом, необходимость утилизации шламов замасленной окалины обусловлена экологической опасностью и желанием вовлечь в оборот собственные богатые железом сырьевые ресурсы.

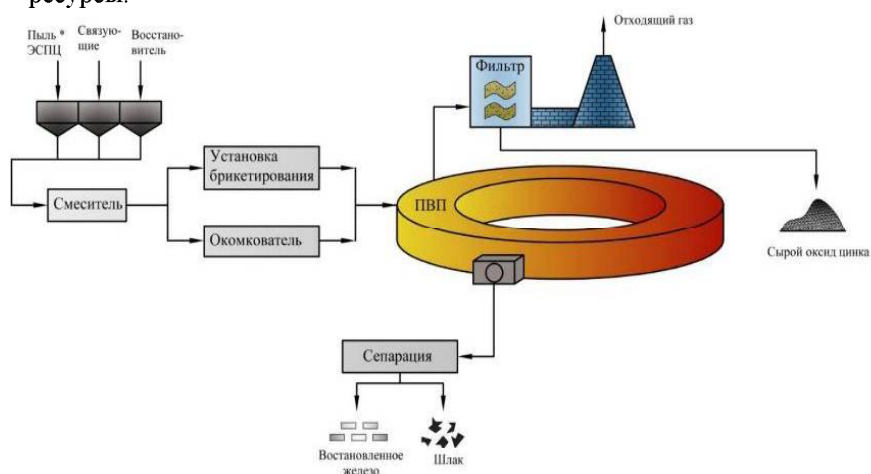


Рис. 3 - Схема извлечения цинка из пылей газоочистки

В настоящее время в лабораторных условиях создан вариант технологии, заключающийся в кратковременной (минуты) обработке отходов управляемым магнитным полем с получением продуктов: технически чистой воды; масляных веществ, используемых в качестве топлива; окалины с содержанием масла менее 1%; и др. Полученная мелкодисперсная окалина в дальнейшем может быть, например, восстановлена водородом в индукционном плазмотроне до порошка железа.

Исходя из вышеизложенного можно констатировать следующие факты:

- шлаки сталеплавильного и ферросплавного производств, шламы, пыль газоочистки и окалина прокатных цехов – основные твердые техногенные отходы черной металлургии, переработка которых приобретает первостепенное значение;
- приоритетной задачей по энергосбережению является использование отходящих газов сталеплавильных агрегатов и

ферросплавных печей для производства электроэнергии;

Предприятие по производству металлопродукции из металлосодержащих материалов и отходов по предлагаемой концепции будет иметь высокую социально-экономическую эффективность и позволит решить следующие задачи:

- снизить энерго- и материалоёмкость производства сортового проката;
- повысить комплексность и глубину переработки сырья, сократить отходы производства;
- обеспечить гибкость производства, сократить производственный цикл;
- закрепить конкурентные позиции отечественных товаропроизводителей инновационной продукции и высоких технологий на внутреннем и внешнем рынках;
- привести к замещению импортной продукции и переходу на этой основе в стадию стабильного роста инновационно активного промышленного производства.

Библиографический список

1. Шакуров, А.Г. Охлаждение и кристаллизация шлакового расплава в межпаровом пространстве /Шакуров А. Г., Школьник Я. Ш., Паршин В. М., Чертов А. Д., Журавлев В. В. // Сталь. – 2012. - №5. – С. 19-23.
2. Хеннинг Шлипхаке, Эффективная утилизация вторичного тепла сталеплавильных печей /Хеннинг Шлипхаке, Карстен Борн, Ральф Грандерат, Франческо Мемоли, Джим Симмонс //Инженерные решения. – 2012. - №1 (01). – С. 32-35.
3. Пат 2497764 Российская Федерация. МПК С04В 5/00. Устройство для переработки жидких шлаков / В.М. Паршин, Ю.К. Рубанов, Е.И. Евтушенко, Ю.Е. Токач, А.Г. Шакуров; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2012109023; заявл. 11.03.2012; опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31.

УДК658.567.1

**Черкашин Д.А., студ.,
Тихомирова Т.И., доц., канд. техн. наук,
(БГТУ им.В.Г.Шухова, г.Белгород, Россия)**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CO₂ КОТЕЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ

В данной статье показано, что одним из эффективных способов решения экологических проблем, в частности загрязнение окружающей среды, является утилизация из котельных выбросов CO₂.

Ключевые слова :выброс CO₂, использование дымовых газов, меры по снижению выбросов, подкормка растений, повышение КПД.