

О реальности «зеленых» технологий в металлургическом производстве

Студенты группы 10405119 Раков И.Г., Дайлид Е.С., группы 10405120 Форнель А.Д.

Научные руководители: Немененок Б.М., Трибушевский Л.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для металлургического производства характерно образование больших объемов техногенных отходов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. При этом загрязнение атмосферы пылегазовыми выбросами от агрегатов металлургического производства вызывает изменение климата и является глобальной экологической проблемой [1].

Разработка «зеленых» технологий в металлургическом производстве сводится к исключению выбросов оксидов углерода в атмосферу и минимизации отходов подлежащих захоронению.

Преобладающий в мире способ производства стали включает выплавку чугуна в доменных печах с последующим его переделом в сталь в кислородных конвертерах. Значительно меньшие объемы стали получают на основе твердого губчатого железа, известного как железо прямого восстановления (Direct Reduced Iron, DRI), с последующей его переработкой в электродуговой печи (ЭДП). При этом способе в качестве металлошхты используется железная руда, восстанавливаемая монооксидом углерода и водородом [2].

Отходящие газы коксовых батарей, доменных печей и кислородных конвертеров, работающих на металлургических комбинатах полного цикла, эффективно используются на различных стадиях производства и при получении электроэнергии для собственных нужд.

Многолетний опыт производства собственной электроэнергии на промышленных предприятиях Российской Федерации (ОАО ММК, ОАО НОСТА, СПАК «Тулачермет», АОА «Северсталь», ОАО НЛМК и др.) огромен. Например, на крупнейшем металлургическом комбинате ОАО ММК уже десятки лет вырабатывается более 80 % электроэнергии, используемой у них в производстве [3]. При этом неизбежно регенерируются выбросы CO_2 .

За последние десятилетия структурные изменения в производстве стали, модернизация и инновации в энергетике технологии и машиностроении, наглядным примером которых служит сталелитейная отрасль Германии, привели к резкому снижению удельного потребления энергии из первичных источников и удельных выбросов углекислого газа. Только за период с 1990 года расход энергии из первичных источников сократился на 13 %, а количество выбросов CO_2 – 12,4 млн. т/год, что эквивалентно выбросам 4,9 млн автомобилей среднего класса.

Сталь является важнейшим материалом современного общества и по мере роста населения в мире и развития урбанизации ожидается дальнейший рост ее производства. Если основной схеме получения стали не будет найдена альтернативная замена, то выбросы CO_2 от металлургической промышленности к 2025 году увеличатся на 25 %. [4].

Если сравнивать объемы выбросов CO_2 в доменно-конвертерном производстве стали с вариантом «установка прямого восстановления железа – электродуговая печь» с шахтной печью и подачей горячего DRI в ЭДП, принимая углеродную нагрузку электроэнергии равной 200 г/(кВт · ч), то второй вариант дает выигрыш порядка 35 %. Выбросы CO_2 при производстве DRI связаны с углеродом, содержащимся в природном газе. В случае замены водородом природного газа при производстве DRI, и использовании экологически чистой электроэнергии, можно было бы производить сталь без выбросов CO_2 [5]. В связи с этим тема сокращения объемов выбросов CO_2 и использования водорода в качестве восстановителя приобретает все большее значение из-за стремления к декарбонизации. Согласно «Дорожной карте по климату» Еврокомиссии, к 2050 году выбросы CO_2 должны снизиться более чем на 80 % по сравнению с 1990 годом.

Значительное снижение выбросов CO_2 в атмосферу ожидается от реализации проекта пилотного завода HYBRIT для производства стали без использования природного топлива [4].

Внедрение новой технологии позволит уменьшить общие выбросы CO₂ в Швеции на 10 % и в Финляндии – на 7 %.

Технология HYBRIT предполагает использование водорода, который вырабатывают с помощью электричества, получаемого на энергетических установках, не использующих природное топливо, а в качестве отходов производства образуется чистая вода.

Выбросы CO₂ на 1 т литой стальной заготовки на предприятиях черной металлургии Швеции с учетом расхода материалов и электроэнергии в настоящее время составляют 1600 кг, а в случае перехода на технологию HYBRIT этот показатель снижается до 25 кг, где 20 кг CO₂ образуется при обжиге известняка [4].

По мнению президентов шведских компаний SSAB AB, LKAB и Vattenfall электрификация металлургической промышленности и использование водорода, не причиняющего ущерб климату, сыграют решающую роль в обществе будущего, основанном на отсутствии выбросов и отказа от использования природного топлива.

Следует отметить, что полный отказ от углеродсодержащих восстановителей требует привлечения серьезных инвестиций, что в ряде случаев ставит под сомнение возможность реализации таких технологий. Поэтому более реалистичным вариантом ослабления негативного влияния металлургического производства на окружающую среду следует считать мероприятия по экономному использованию природного газа и более эффективному вовлечению отходящих газов в производство новых видов продукции.

Сжигание 1 м³ метана при коэффициенте избытка воздуха равном единице сопровождается образованием 1 м³ CO₂, 2 м³ H₂O и 7,524 м³ азота. При этом доля CO₂ в продуктах сгорания составляет 9,5 %; H₂O – 19,0 % и азота – 71,5 % [6]. Поэтому любые технологии, направленные на экономное использование природного газа, обеспечивают получение не только экономического, но и экологического эффекта за счет сокращения выбросов CO₂.

Было бы ошибкой полагать и заявлять, что CO₂ является отходом. Это весьма ценное сырье для производства новых видов продукции. Отходящие газы металлургического комбината в среднем содержат 43 % N₂, 25 % CO, 21 % CO₂, 8 % H₂ и небольшое количество метана [5]. Они могут использоваться для выработки тепла и электроэнергии, что в настоящее время уже является обычной практикой. При этом неизбежно образуется CO₂, попадающий в атмосферу. Однако отходящие газы можно использовать в качестве сырья для нужд металлургической, химической и энергетической отраслей. При этом требуется дополнительное количество водорода, получаемого путем электролиза воды. Необходимая электроэнергия должна быть экологически чистой. В противном случае «углеродный след» полученного водорода окажется столь велик, что нельзя будет говорить ни о каком сокращении CO₂ [5].

Наряду с выработкой тепла и электроэнергии из отходящих газов, сопровождаемой выделением CO₂, можно получать метанол, синтетический спирт, удобрения и полимеры с помощью процесса Carbon2Chem, где выбросы CO₂ отсутствуют [5].

Газы металлургического производства представляют собой смеси, которые необходимо очищать и подвергать дальнейшему разложению с использованием катализаторов. Известна технология CCUS, обеспечивающая улавливание, утилизацию и хранение диоксида углерода.

Группа ArcelorMittal совместно с компанией Lanzatech успешно продемонстрировала возможность ферментации доменного газа при помощи микробов с получением этанола. Из объема 100 тыс. м³ (при нормальных условиях) в час из доменного газа (из которого вымывается CO₂), содержащего монооксид углерода, микробы и воду, получается 8 т/ч этанола, что эквивалентно 80 млн л/год. Доменный газ не нуждается в очистке и микробы способны к выживанию в его атмосфере. Недостатком биотехнологии являются расходы на водоподготовку поскольку микробы обитают в воде при температуре 37 °C [5].

«Зеленые» технологии металлургического производства предполагают также исключение образования отходов подлежащих захоронению. В Германии, например, была разработана концепция NoWASTE согласно которой за пределы предприятия можно вывозить только ре-

ально ценные материалы и, таким образом, использовать как можно меньше места для захоронения отходов в виде металлургических шлаков. Придерживаясь данной концепции, в настоящее время большая часть шлаков внепечной обработки используется в качестве шлакообразующих добавок в ЭДП [5]. При этом не требуются площади для их захоронения, улучшатся экологическая ситуация из-за исключения распространения на большую территорию экотоксичных материалов, экономится первичное сырье в виде извести и бокситов.

Список использованных источников

1. Белый, О. А. Экология промышленного производства / О. А. Белый, Б. М. Немененок. – Минск: БНТУ, 2016. – 345 с.
2. Кудрин, В. А. Теория и технология производства стали / В. А. Кудрин. – М.: Мир, 2003. – 528 с.
3. Подгородецкий, Г.С. Современные направления развития и повышения энерго-экологической эффективности черной металлургии / Г.С. Подгородецкий, Л. А. Шульц // Экология и промышленность России, 2016. – Т.20. – №4. – С. 46-52.
4. HYBRIT: металлургическое производство без использования природного топлива в Швеции // Металлургическое производство и технология, 2018. – №2. – С. 8-11.
5. Люнген, Х. Б. Гибкие решения в сталелитейной отрасли для сокращения выбросов CO₂ и повышения эффективности производства / Х. Б. Люнген, М. Шпрехер // Черные металлы, 2017, ноябрь. – С. 64-71.
6. Кривандин, В. А. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей / В. А. Кривандин, Ю. П. Филимонов. – М.: Металлургия, 1986. – Т.1. – 479 с.