

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для металлургических комбинатов

Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)¹ как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы организаций Всемирного банка или более, применение настоящего Руководства осуществляется в соответствии с принятыми в этих странах стандартами и политикой. Такие Руководства по ОСЗТ для различных отраслей промышленности следует применять в сочетании с **Общим руководством по ОСЗТ** – документом, в котором пользователи могут найти указания по общим вопросам ОСЗТ, потенциально применимым ко всем отраслям промышленности. При осуществлении комплексных проектов может возникнуть необходимость в использовании нескольких Руководств, касающихся различных отраслей промышленности. С полным перечнем Руководств для отраслей промышленности можно ознакомиться по адресу:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

В Руководствах по ОСЗТ приводятся такие уровни и параметры эффективности, которые, как правило, считаются достижимыми на вновь введенных в эксплуатацию объектах при современном уровне технологии и приемлемых затратах. Применение положений Руководств по ОСЗТ к уже существующим объектам может потребовать разработки особых целевых показателей для каждого объекта и соответствующего графика их достижения. Применение Руководства по ОСЗТ следует увязывать с факторами опасности и риска, определенными для каждого проекта на основе результатов экологической оценки, в ходе которой принимаются во внимание конкретные для каждого объекта переменные, такие как особенности страны реализации проекта, ассимилирующая способность окружающей среды и прочие факторы, связанные с намечаемой деятельностью. Порядок применения конкретных технических рекомендаций следует разрабатывать на основе экспертного мнения квалифицированных и опытных специалистов. Если нормативные акты в стране реализации проекта предусматривают уровни и параметры, отличные от содержащихся в Руководствах по ОСЗТ, то при реализации проекта надлежит в каждом случае руководствоваться более жестким из имеющихся вариантов. Если в силу особых условий реализации конкретного проекта целесообразно применение менее жестких уровней или

¹ Определяется как применение профессиональных навыков и проявление старательности, благоразумия и предусмотрительности, чего следует с достаточным на то основанием ожидать от квалифицированного и опытного специалиста, занятого аналогичным видом деятельности в таких же или сходных условиях в любом регионе мира. При оценке применяемых в ходе реализации проекта способов предупреждения и предотвращения загрязнения окружающей среды квалифицированный и опытный специалист может выявить обстоятельства, такие, например, как различные уровни экологической деградации и ассимилирующей способности окружающей среды, а также различные уровни финансовой и технической осуществимости.

параметров, нежели те, что представлены в настоящем Руководстве по ОСЗТ, в рамках экологической оценки по конкретному объекту надлежит представить подробное и исчерпывающее обоснование любых предлагаемых альтернатив. Такое обоснование должно продемонстрировать, что выбор любого из альтернативных уровней результативности обеспечит охрану здоровья населения и окружающей среды.

Применение

Руководство по ОСЗТ для металлургических комбинатов содержит информацию, касающуюся производства чугуна, нераскисленной и низколегированной стали из железной руды и сплавов на железной основе. Руководство применимо к производству доменного кокса; первичного чугуна и стали в доменных и конвертерных печах (ДП и КП); вторичной переработке металлолома в электродуговых печах (ЭДП); производству полуфабрикатов; а также к процессам горячей и холодной прокатки. Оно не охватывает такие области, как добыча сырья и дальнейшая переработка полуфабрикатов в готовую продукцию. Инструкции в отношении печей для обжига известняка, которые могут быть установлены на металлургических комбинатах, приводятся в Руководстве по ОСЗТ для производства цемента и извести. Данный документ включает следующие разделы.

Раздел 1.0	– Воздействие отраслевой деятельности и управление им
Раздел 2.0	– Показатели и мониторинг эффективности
Раздел 3.0	– Справочная литература и дополнительные источники информации
Приложение А	– Общее описание видов производственной деятельности

1.0 Воздействие отраслевой деятельности и управление им

В данном разделе приведен обзор проблем ОСЗТ, связанных с производством стали и возникающих на стадии эксплуатации, наряду с рекомендациями по решению этих проблем. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ, общих для большинства крупных промышленных предприятий на стадии строительства и вывода из эксплуатации, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.1 Окружающая среда

Проблемы охраны окружающей среды, связанные с производством стали, включают в первую очередь следующее:

- Выбросы в атмосферу
- Твердые отходы
- Сточные воды
- Шум

Выбросы в атмосферу

В дополнение к связанным с производством выбросам в атмосферу, которые обсуждаются ниже, выбрасывать в атмосферу загрязнители могут электростанции для собственных нужд, работающие на побочном газе (например, на коксовом, доменном и конвертерном газе). Инструкции по снижению выбросов в атмосферу из небольших установок сгорания с тепловой мощностью до 50 МВт, включая руководство для выбросов отработанных газов, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Инструкции для установок с тепловой мощностью производства электроэнергии более 50 МВт приведены в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**.

Твердые частицы

Твердые частицы (ТЧ) могут образовываться на каждой стадии технологического процесса и содержать различные концентрации минеральных оксидов, металлов (например, мышьяка, кадмия, ртути, свинца, никеля, хрома, цинка и марганца) и оксидов металлов. Их источниками могут служить установки плавления и рафинирования (ДП, КП, ЭДП) и нагревательные печи (в зависимости от вида используемого топлива); механические операции (например, зачистка и шлифование) и погрузка/разгрузка материалов (например, сырья, добавок, направляемых на повторное использование и в отходы материалов и побочных продуктов). Дополнительными источниками выбросов в атмосферу твердых частиц (ТЧ) могут служить складирование, передача по конвейеру, загрузка, коксование и выдача угля, а также тушение кокса.

Тепловые процессы. Выбросы в атмосферу твердых частиц могут возникать в результате тепловых процессов, включая коксование, спекание, окатывание и прямое восстановление.

Установки с коксовыми печами служат дополнительным источником выброса в атмосферу значительных объемов пыли. Непрерывный выброс в атмосферу твердых частиц может стать результатом процесса обогрева с нижним подводом газа через трубу горения. Периодические и неорганизованные выбросы могут происходить из многих источников, включая заслонки печи и поддувала, задвижки и загрузочные люки. Выбросы могут также происходить при выдаче, тушении и сортировке кокса (периодические выбросы) и при переработке коксового газа.

Рекомендуемые меры для предотвращения и снижения выбросов твердых частиц из коксовых установок включают²:

- установка вытяжных зонтов на коксовые батареи;
- ремонт и очистка всех источников неорганизованных выбросов, связанных с коксовой печью (например, топки печи, заслонок печи, поддувала печи, задвижек и загрузочных люков, а также стояков уплотнения опоки), совершенно необходимы для обеспечения безвредной и безопасной эксплуатации;
- надлежащее операционное управление для обеспечения стабильности операций, чтобы избежать, например, сырого выбивания;
- принятие мер для обеспечения "бездымной" загрузки;
- введение системы сухого тушения кокса;
- установка батареи неизвлекаемого кокса;
- уменьшение загрузки кокса в доменную печь, включая вдувание пылеугольного топлива.

Агломерационные установки могут создавать самое значительное количество выбросов твердых частиц на металлургических комбинатах. Выбросы в атмосферу с агломерационной установки происходят в первую очередь в связи с операциями погрузки/разгрузки материалов, которые создают взвешенные в воздухе твердые частицы, и с реакцией горения на агломерационной ленте³.

Рекомендуемые меры по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу твердых частиц с агломерационных установок включают следующее:

² EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

³ По размеру зерен ТЧ из агломерационной ленты перед очисткой бывают двух типов: грубые ТЧ (с размером частиц около 100 мкм) и тонкие ТЧ (0,1–1 мкм). EC BREF (2001) по производству чугуна и стали.

- Обеспечение частичной или полной рециркуляции отходящих газов агломерационной установки в соответствии с качеством и производительностью системы агломерации.
- Использование импульсных систем электростатических пылеуловителей (ESP), ESP с рукавными фильтрами или обеспечение предварительного пылеудаления (с помощью ESP или циклонов) в дополнение к мокрым скрубберам высокого давления для очистки отработанных газов от пыли. Присутствие тонкой пыли, состоящей преимущественно из хлоридов щелочных металлов и свинца, может снизить эффективность ESP.

Окатывание железной руды (вместо агломерации) может приводить к выбросам в атмосферу пыли и твердых частиц в результате дробления сырья, из зоны обжига на ленте отвердевания и в связи с операциями сортировки и погрузки/разгрузки. Рекомендуемые меры по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу твердых частиц с установки окатывания аналогичны приведенным выше мерам в отношении процесса агломерации.

Операции плавки. Выбросы в атмосферу твердых частиц из доменной печи (ДП) включают выбросы из литейного цеха (в основном частицы оксида железа и графит) и с очистки доменных газов, выходящих из вершины печи. Меры по предотвращению и снижению выбросов твердых частиц из доменной печи включают использование систем пылеудаления, в том числе скрубберов и ESP, до вторичного использования отходящего газа.

При прямом восстановлении (прямое восстановление – это альтернативный способ производства общепотребительной стали, который может существенно снизить суммарные объемы выбросов пыли и других

загрязняющих веществ) образование пыли носит такой же характер, но ее получается меньше, чем при эксплуатации доменной печи.

Выброс в атмосферу твердых частиц из КП связан с предварительной обработкой горячего металла (включая транспортировку горячего металла, сероочистку и удаление шлака), операциями загрузки, продувкой кислородом для снижения содержания углерода и окисления примесей и операциями вскрытия летки.

Рекомендуемые меры по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу твердых частиц из КП включают следующее:

- использование средств первичного улавливания отходящих конвертерных газов, включая скрубберы Вентури, с применением методик полного сжигания или без них⁴;
- использование средств вторичного улавливания для поглощения газов, отходящих из КП;
- герметизация линий разлива металла с установленными вытяжными вентиляторами.

Электродуговые печи (ЭДП) образуют твердые частицы в процессе плавки, продувки кислородом и обезуглероживания (выбросы в атмосферу первичных отходящих газов), а также загрузки и вскрытия летки (выбросы в атмосферу вторичных отходящих газов).

Рекомендуемые меры по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу твердых частиц из ЭДП включают:

⁴ Скрубберы Вентури позволяют получить концентрацию твердых частиц 5–10 мг/Нм³, хотя возможны концентрации и до 50 мг/Нм³. Это соответствует нагрузкам выбросов в атмосферу твердых частиц в 1 г/т жидкой стали (ЖС). При использовании полного сжигания выброс твердых частиц в атмосферу после обработки остается в пределах от 25 до 100 мг/Нм³, что соответствует нагрузкам выбросов в атмосферу твердых частиц до 180 г/т ЖС. EC BREF (2001) по производству чугуна и стали.

- Быстрое охлаждение газов, затем прохождение рукавных фильтров. В рукавные фильтры можно поместить поглотитель (например, известь или уголь) для дополнительного удаления летучих компонентов.
- Использование прямой экстракции отходящих газов, герметизации вытяжных зонтов и очистки.

На участке литья (литье слитков и непрерывное литье) твердые частицы и металлы образуются при транспортировке расплава стали в форму и при резке продукта на заданную длину с помощью кислородно-топливных горелок при непрерывной разливке. Фильтры и другое очистное оборудование должны быть снабжены вытяжкой, особенно при литье и прокатке, а также в отделочном цехе, если это требуется.

Пылеуловительные тканевые фильтры и ESP более эффективно удаляют частицы, а мокрый скруббер позволяет улавливать и водорастворимые вещества (например, диоксид серы [SO₂] и хлориды). Рукавные фильтры обычно устанавливают для снижения выбросов в атмосферу в плавильном цехе. Часто перед ними ставят циклоны, которые выполняют роль искрогасителей⁵.

Механические операции. Зачистка и шлифовка могут создавать выбросы твердых частиц в атмосферу. Фильтры, которые выбирают в зависимости от конкретных операций, необходимо обеспечивать вытяжкой.

Работа с сырьем. Для снижения неорганизованных выбросов твердых частиц в атмосферу при работе с материалами рекомендуется использовать следующие меры профилактики и контроля:

⁵ Применение ESP и/или циклонов для предварительной обработки, а также рукавных фильтров обычно позволяет добиться уровня выбросов в атмосферу от 10 до 20 мг/Нм³.

- хранение штабелей под крышей или с покрытием или, когда нельзя избежать хранения штабелей под открытым небом, использование системы распыления воды (не морской воды, см. ниже раздел "Хлориды"), веществ для подавления пыли, использование ветрозащитных экранов и других методов ограждения штабелей;
- разработка простой, линейной планировки операций погрузки/разгрузки материалов для снижения потребности в многоэтапной погрузке/разгрузке;
- максимальное использование закрытых бункеров для хранения насыпных порошков;
- ограждение передаточных конвейеров и снабжение их пылеуловителями;
- очистка возвратных лент конвейеров в системе ленточных конвейеров для удаления рыхлой пыли;
- проведение регламентного технического обслуживания установки и поддержание чистоты и порядка для сведения к минимуму небольших утечек и разливов;
- правильное проведение операций загрузки и разгрузки.

Особую проблему представляют неорганизованные выбросы в атмосферу каменноугольной пыли. Рекомендации по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу каменноугольной пыли при погрузке/разгрузке, хранении и подготовке угля включают следующее:

- сведение к минимуму высоты падения угля на штабель;
- использование систем распыления воды и полимерных покрытий для снижения пылевыведения от неорганизованных источников пыли при хранении угля (например, в штабеле);
- использование рукавных фильтров и другого оборудования для удаления частиц каменноугольной

пыли, образующихся в процессе операций измельчения и грохочения;

- установка на тепловых сушилках центробежных пылесборников (циклонов) с последующими высокоэффективными водными скрубберами Вентури;
- установка на пневматическом оборудовании очистки угля центробежных пылесборников (циклонов) с последующими тканевыми фильтрами;
- использование закрытых конвейеров в сочетании с оборудованием вытяжки и фильтрования для предотвращения выбросов в атмосферу пыли в точках погрузки/разгрузки конвейеров;
- рационализация системы транспортировки для сведения к минимуму образования и перемещения пыли на площадке.

Оксиды азота

Выбросы оксидов азота (NO_x) вызваны высокой температурой печи и окислением азота. Выбросы в атмосферу NO_x связаны, помимо прочего, с операциями агломерации⁶; работой установки окатывания; сгоранием топлива в коксовой печи, включая сгорание вторичного коксового газа; работой воздухоподогревателей для дутья и подогревательных печей в процессе ДП; использованием отработанных газов или высокой температуры воздуха для сжигания в печах повторного нагрева и отжига; а также с травлением смесью кислот.

Общие рекомендуемые методы для предотвращения и снижения формирования NO_x рассмотрены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Конкретные рекомендуемые методы для предотвращения и снижения выбросов в атмосферу NO_x при производстве стали включают следующее:

⁶ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

- применение рециркуляции отходящих газов;
- использование батарей коксовых печей с многоступенчатой системой подачи воздуха;
- применение подавленного сжигания в КП.

Диоксид серы

Выбросы в атмосферу диоксида серы (SO_2) связаны главным образом со сжиганием соединений серы, содержащихся в сырье агломерации, и в первую очередь в коксовой мелочи⁷. Выбросы в атмосферу SO_2 могут также возникать в процессе затвердения при окатывании и при обогреве коксовой печи⁸. Уровень выбросов в атмосферу SO_2 в отходящих газах от печей подогрева и отпуска зависит от содержания серы в используемом топливе.

Общие рекомендуемые методы предотвращения и снижения выбросов в атмосферу SO_2 описаны в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Конкретные рекомендуемые методы для предотвращения и снижения выбросов SO_2 включают следующее:

- выбор используемого сырья с низким содержанием серы;
- сведение к минимуму содержания серы в топливе;
- добавление поглотителей, таких как гашеная известь $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, оксид кальция (CaO) или летучая зола с высоким содержанием CaO , впрыскиваемых на выходе отработанных газов перед фильтрованием;
- установка систем мокрых скрубберов для очистки газа в специальных системах сбора и удаления пыли;

⁷ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

⁸ Уровень выбросов в атмосферу SO_2 связан с содержанием серы в топливе (обогащенный доменный газ или коксовый газ), а содержание серы в коксовом газе зависит от качества сероочистки на установке переработки коксового газа.

- впрыскивание во мокрый скруббер шламовой смеси, содержащей карбонат кальция (CaCO_3), CaO или Ca(OH)_2 ⁹;
- использование, при необходимости, сухого скруббера¹⁰.

Монооксид углерода

К источникам монооксида углерода (CO) относятся отработанные газы с ленты агломерации, коксовой печи, КП, ДП и ЭДП. CO образуется при окислении кокса в процессах плавки и восстановления и при окислении графитовых электродов, а также углерода в ванне металла на стадиях плавки и рафинирования в ЭДП. Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и борьбы с ним с целью сокращения выбросов CO в атмосферу включают следующее:

- полное удаление отходящих газов коксовой печи, ДП и КП;
- возврат газов, содержащих CO, в технологический процесс;
- использование метода вспенивания частиц шлака в процессе ЭДП.

Хлориды и фториды

Хлориды и фториды присутствуют в руде и могут образовывать фтористоводородную кислоту (HF), хлористоводородную кислоту (HCl) и хлориды щелочных металлов в процессах агломерации и окатывания. HF и HCl могут образовываться в отходящих газах процесса ЭДП в зависимости от качества загружаемого металлолома.

⁹ Этот метод обычно позволяет добиться эффективности удаления SO_2 до 90%. Его использование позволяет одновременно снизить выбросы в атмосферу хлористого водорода (HCl), фтористого водорода (HF), аммиака (NH_3) и металлов.

¹⁰ Это более дорогой и поэтому реже используемый метод, чем мокрый скруббер.

Выбросы в атмосферу хлористого водорода из линий травления (с использованием HCl) требуют использования системы восстановления HCl. Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и борьбы с ним включают следующее:

- использование методики сухого пылеудаления или мокрых скрубберов, которые также обычно устанавливают для борьбы с выбросами в атмосферу, соответственно, твердых частиц и оксида серы;
- снижение количества попадающего вместе с сырьем хлора за счет отбора подходящего сырья;
- недопущение распыления морской воды;
- если необходимо исключить попадание хлора в систему, то обогащенные хлором тонкие фракции отфильтрованной пыли не следует использовать вторично в качестве сырья для агломерации (хотя обычно целесообразно возвращать в технологический процесс все содержащие железо технологические остатки).

ЛОС и органические ПАУ

Летучие органические соединения (ЛОС) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) могут сбрасываться в атмосферу на разных стадиях производства стали, в том числе в составе отходящих газов процессов агломерации и окатывания в связи с попаданием масла в сырье для агломерации или окатышей (главным образом за счет добавления вторичной окалины); из коксовых печей, установок тушения и цехов улавливания химических продуктов, а также из ЭДП, особенно при добавлении угля в качестве "гнезда" в корзину для металлолома. ПАУ могут также присутствовать в подаваемом в ЭДП металлоломе, но могут образовываться и при работе ЭДП¹¹. Выбросы

¹¹ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

углеводородов и масляного тумана могут также происходить при работе стана холодной прокатки (стана "тандем").

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и снижения выбросов ЛОС в атмосферу включают следующие меры, интегрированные в технологический процесс:

- предварительная обработка вторичной окалины методом промывки под давлением для снижения содержания масла;
- оптимизация рабочих операций, особенно сжигания и регулирования температуры;
- сведение к минимуму попадания масла с пылью и вторичной окалиной при помощи методов рационализации на прокатном стане;
- использование передовых систем сбора выбросов и туманоудаления (например, рукавных фильтров с покрытием);
- рециркуляция отходящих газов;
- обработка поглощенных отходящих газов дожиганием, с помощью химической газоочистки или биологической фильтрации.

Диоксины и фураны

Агломерационные установки могут быть источником выбросов в атмосферу значительного количества полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов (диоксинов и фуранов или ПХДД/ПХДФ). ПХДД/ПХДФ могут образовываться, когда в металлургическом процессе одновременно присутствуют хлоридные ионы, хлорированные соединения, органический углерод, катализаторы, кислород при определенном уровне температуры. Кроме того, высокое содержание масла во вторичной окалине может увеличивать выбросы

ПХДД/ПХДФ в атмосферу. Еще одним возможным источником выбросов ПХДД/ПХДФ являются отходящие газы ЭДП. Возможное присутствие полихлорированных бифенилов (ПХБ), поливинилхлорида и других органических веществ в подаваемом металлоломе (дробленый металлолом, полученный в основном из старого оборудования) может стать источником выбросов в связи с высокой вероятностью образования ПХДД/ПХДФ¹².

Рекомендуемые методы предотвращения выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ и борьбы с ними включают следующее:

- рециркуляция отработанных газов может снизить выбросы в атмосферу загрязняющих веществ и уменьшить количество газа, для которого требуется очистка в месте выброса;
- агломерирование тонкого подаваемого материала (например, пыли);
- на установках агломерации следует свести к минимуму подачу хлоридов в слой, использовать добавки, такие как обожженная известь, и контролировать содержание масла во вторичной окалине (<1%);
- не подавать на рециркуляцию в качестве сырья для агломерации обогащенную хлором тонкую фракцию отфильтрованной пыли;
- использовать для плавки чистый металлолом;
- использовать дожигание отходящих газов ЭДП с обеспечением температуры выше 1200°C и максимальным временем выдерживания при этой температуре. Процесс следует заканчивать быстрым охлаждением для сведения к минимуму времени пребывания в интервале температур повторного образования диоксинов;

¹² Там же.

- использование кислородного дутья для обеспечения полного сгорания;
- введение порошковых добавок (например, активированного угля) в поток газа для поглощения диоксинов до удаления пыли фильтрованием (с последующим удалением как вредных отходов);
- установка тканевых фильтров с системой каталитического окисления.

Металлы

В парах отходящих газов термических процессов могут присутствовать тяжелые металлы. Количество выбрасываемых в атмосферу металлов зависит от конкретного типа процесса и от состава сырья (железная руда и металлолом). Частицы с агломерационной установки, ДП, КП и ЭДП могут содержать цинк (который обладает самым высоким коэффициентом выбросов при работе ЭДП, особенно при использовании металлолома из оцинкованной стали); кадмий, свинец, никель, ртуть, марганец и хром¹³.

С выбросами в атмосферу частиц металла необходимо бороться с помощью высокоэффективной техники удаления пыли, которую используют для описанного выше подавления снижения выброса твердых частиц. С выбросами в атмосферу газообразного металла обычно борются с помощью охлаждения газов с последующим фильтрованием через рукавные фильтры.

Парниковые газы (ПГ)

Производство стали требует больших затрат энергии и приводит к значительным выбросам диоксида углерода (CO₂). Выброс в атмосферу ПГ с металлургических комбинатов главным образом происходит за счет сжигания

минерального топлива, например угля для получения энергии (тепла), восстановления руды, производства электроэнергии и при использовании известки в качестве сырья. Среднее значение объемов выбросов диоксида углерода в отрасли оценивают в 0,4 т углерода/т нерафинированной стали. В дополнение к приведенным ниже конкретным данным для отрасли рекомендации по эффективному использованию энергии и борьбы с парниковыми газами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Рекомендуемые методы предотвращения выбросов в атмосферу диоксида углерода (CO₂) и борьбы с ними включают следующее:

- сведение к минимуму потребления энергии и увеличение энергоэффективности с помощью первичных мер, которые включают, помимо прочего:
 - необходимую теплоизоляцию поверхности для снижения рассеяния тепла;
 - регулирование соотношения воздуха и топлива для уменьшения расхода газа;
 - установку систем рекуперации тепла;
 - подачу отработанных газов в теплообменник для рекуперации тепловой энергии газа и использования их в качестве газов сгорания для получения горячей воды и воздуха и/или пара и электроэнергии;
- применение передовых методов сжигания, таких как кислородное дутье, предварительный нагрев вдуваемого воздуха и автоматическое регулирование параметров сжигания;
- предварительный нагрев чистого металлолома;
- снижение расхода топлива для нагрева и термической обработки посредством использования возвратного

¹³ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel; EC BREF (2001) on the Ferrous Metals Processing Industry.

газа и/или введения надлежащего регулирования сжигания;

- выбор топлива с низким отношением содержания углерода к теплотворной способности, такого как природный газ (СН₄). Выбросы в атмосферу СО₂ за счет сжигания СН₄ составляют около 60% объема выбросов от каменного угля или нефтяного кокса;
- рекуперация там, где возможно, энергии, использование всех технологических газов (например, коксового газа, доменного газа, конвертерного газа) и установка турбины рекуперации давления газа на колошнике в доменной печи;
- оптимизация схем промежуточного хранения, чтобы обеспечить максимальную долю горячей загрузки, прямой загрузки или прямой прокатки, что позволяет снизить потребность в нагреве;
- использование технологий литья по форме, близкой к окончательной, и литья тонких слябов, если это экономически выгодно.

Твердые отходы и побочные продукты

Большинство остающихся отходов в металлургической отрасли используются повторно для извлечения дополнительной выгоды от различных побочных продуктов, шлака, окалины и пыли. Отходы могут включать шлак от ДП; пыль и шлам с очистки доменного газа; тонкую пыль с очистки конвертерного газа; некоторую часть конвертерного шлака; осадок с высоким содержанием хлоридов щелочных металлов и хлоридов тяжелых металлов с последней стадии электростатического осаждения и от очистки отходящих газов, поступающих с ленты агломерации.

Со смолой и другими органическими веществами (например, бензолом, толуолом, ксилолом), выделенными из коксового газа на установке его очистки, необходимо

обращаться так, чтобы исключить утечки и случайные разливы в соответствии с руководящими указаниями по хранению вредных материалов, приведенными в **Общем руководстве по ОСЗТ**, и повторно использовать для получения кокса¹⁴ либо продавать для использования в других отраслях. Дополнительные указания по обращению с твердыми и вредными отходами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Шлак

Остатки шлака можно продавать как побочный продукт (например, доменный шлак или конвертерный шлак для применения в гражданском строительстве, дорожном строительстве и в производстве цемента). Печи ЭДП производят значительные количества шлака. Если повторное использование шлака из ЭДП оказывается экономически или технически невыгодным, его следует размещать, вместе с пылью с очистки отходящих газов, на полигонах, спроектированных с учетом свойств шлака и пыли. При размещении отвалов шлака необходимо также учитывать местные геологические условия.

Металлические отходы

Металлические отходы и побочные продукты с процессов прокатки и отделки (например, зачищенную окалину и абразивный шлам, пыль от зачистки, окалину с прокатного стана, осадок от очистки воды и вторичной окалины, шлифовальный шлам, а также масло и смазочно-охлаждающие жидкости) следует повторно использовать в технологическом процессе. Некоторые побочные продукты (например, масляную загрязненную СОЖ, вторичную окалину и шлифовальный шлам с установки очистки воды) необходимо обработать перед повторным использованием

¹⁴ Вредные технологические отходы, содержащие органические вещества, следует повторно использовать в коксовых печах.

в технологическом процессе в соответствии с требованиями технологического процесса и для уменьшения содержания нефтепродуктов. Металлы из отфильтрованной пыли, шлака и металлических отходов следует извлекать и использовать повторно в качестве сырья для агломерации.

Кислоты

Шлам регенерации кислот травления можно возвращать в технологические установки производства стали (ЭДП и домны) или обрабатывать для получения оксида железа. Оксид железа, полученный путем регенерации хлористоводородной кислотой, может использоваться в ряде отраслей в качестве высококачественного сырья (например, для производства ферромагнитных материалов, железного порошка или строительных материалов, пигментов, стекла и керамики)¹⁵.

Переработка шлама

Шлам от очистки сточных вод может содержать тяжелые металлы (например, хром, свинец, цинк и никель), а также масла и смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Часть шлама от очистки сточных вод можно использовать повторно на предприятии или размещать на специальных полигонах. Повторное использование шлама может потребовать его предварительной обработки, которая обычно состоит в прессовании, сушке и гранулировании.

Отходы при выводе из эксплуатации

Отходы при выводе из эксплуатации предприятий по производству стали могут включать теплоизоляционные материалы, содержащие асбест, а также загрязненную почву и подземные воды с участков хранения угля в штабелях, коксовых печей и установок очистки коксового газа. Руководящие указания по обращению с отходами,

организации вывода из эксплуатации и очистке загрязненных земельных участков приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Сточные воды

Образующиеся в данной отрасли стоки включают, как правило, воду для охлаждения, ливневые стоки, воду для промывки и различные виды технологических стоков. Охлаждающую воду обычно используют повторно в технологическом процессе. Вода для промывки может содержать взвешенные твердые вещества, (в том числе, поступающую за счёт смыва пыли), смазочные материалы и другие загрязняющие вещества в зависимости от типа технологического процесса.

Рекомендуемые меры для предотвращения образования стоков охлаждающей и промывочной воды включают следующее:

- подготовка общего для всего предприятия плана повторного использования воды, чтобы добиться максимальной эффективности ее использования. Обычно удается возвращать более 95% воды в технологический процесс;
- по возможности, следует использовать сухие методы удаления пыли с технологического оборудования и из помещений, а промывочную воду следует собирать и очищать перед ее сбросом или повторным использованием;
- следует организовать сбор разливов и утечек загрязнённой воды (например, с помощью защитных колодцев и дренажных систем).

¹⁵ EC BREF (2001) on the Ferrous Metals Processing Industry.

Сточные воды технологического процесса

Источниками технологических стоков являются батареи коксовых печей, процессы прокатки и травильные установки.

Батарея коксовых печей: Источниками образования стоков в батарее коксовых печей являются: сброс из сепараторов смолы и воды (который формируется из паров воды, образующихся в процессе коксования, и конденсатов воды, используемой в холодильниках и для очистки коксового газа); вода из системы мокрой окислительной сероочистки; и вода замкнутой системы охлаждения.

Стоки с сепаратора смолы и воды содержат аммиак в высокой концентрации. Эти стоки следует очищать с помощью отгонки аммиака. Получающийся при этом поток содержит различные органические (например, фенолы) и неорганические (например, остаточный аммиак и цианиды) вещества. Обработка стоков коксовой батареи должна включать специальную биологическую очистку от фенолов.

В некоторых случаях в ходе операции быстрого охлаждения влажного кокса возникают периодические сбросы избытка воды. Избыток охлаждающей воды необходимо собирать и использовать в следующей операции охлаждения.

Стоки с мокрого процесса окислительной сероочистки могут содержать взвешенные твердые вещества (включая тяжелые металлы), ПАУ, соединения серы, а также фториды и хлориды, в зависимости от используемой системы пылеулавливания. Эти стоки могут оказывать вредное влияние на установки биологической очистки сточных вод. Вода для непрямого охлаждения газа рециркулирует и не влияет на количество сточных вод. При прямом охлаждении газа охлаждающую воду следует

использовать как промывной раствор и в конечном счете сбрасывать через отпарной аппарат¹⁶.

Процесс прокатки. Стоки с удаления окалина содержат взвешенные твердые вещества и эмульгированное масло наряду с грубой окалиной. Очистка стоков происходит в бассейне-отстойнике, в котором твердые вещества, в основном оксиды железа, осаждаются на дно бассейна, а всплывающий на поверхность маслосодержащий слой удаляют посредством гребкового механизма и отводят в систему канализации. Перед повторным использованием охлаждающую воду с процесса прокатки необходимо собирать и очищать.

Травильные установки. Травильные установки создают три потока технологических стоков, включая промывные воды, отработанные растворы ванн травления и прочие сточные воды (например, вода из поглотителя паров системы вентиляции травильного резервуара и промывные воды, образующиеся при очистке оборудования). Самые большие объемы сточных вод образуются в результате промывки, а наиболее значительные количества загрязняющих веществ возникают при непрерывной или периодической замене растворов в травильных ваннах¹⁷.

Рекомендуемые методы сокращения сбросов при работе травильных установок включают:

- внедрение установки регенерации и повторное использование кислоты;
- снижение объема стоков и сведение к минимуму массы загрязнителей в стоках с помощью оптимизации процесса травления;

¹⁶ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

¹⁷ EC BREF (2001) on the Ferrous Metals Processing Industry.

- использование ступенчатого противотока и в некоторых случаях – повторного использования стоков промывной воды кислотного травления на установке регенерации кислоты.

Очистка технологических сточных вод

Методы очистки производственных сточных вод в данной отрасли включают разделение стоков в зависимости от источников их образования и предварительную обработку потоков сточных вод для i) снижения содержания аммиака с помощью отгонки воздухом, ii) снижения содержания токсичных органических веществ, например фенолов, с помощью биологической очистки и iii) снижения содержания тяжелых металлов с помощью химического осаждения, коагуляции, флокуляции и т. п. Типовые стадии очистки сточных вод включают водомасляные сепараторы или флотацию диспергированным воздухом для отделения нефтепродуктов и всплывающих твердых веществ, фильтрование для отделения фильтруемых взвешенных твердых веществ, усреднение потоков и нагрузок по поступающим загрязнителям, осаждение взвешенных твердых веществ в осветлителях, обезвоживание отходов очистки стоков и их последующее размещение на специальных полигонах опасных отходов. Могут потребоваться дополнительные технические меры для i) повышения эффективности очистки по металлам за счёт использования метода фильтрования через мембрану или других физико-химических способов очистки, ii) удаления неразлагаемых органических веществ с помощью активированного угля или усиленного химического окисления и iv) снижения токсичности стоков с помощью соответствующих технологий (таких, как обратный осмос, ионный обмен, сорбция на активированном угле и т. п.) Методы очистки сточных вод обычно включают коагуляцию, флокуляцию в сочетании с осаждением известью либо

гидроксидом натрия, нейтрализацию (изменение pH), осаждение, фильтрацию в сочетании с флотацией и удалением нефтепродуктов, а также сорбцию на активированном угле¹⁸. Дополнительные указания по методам обращения со сточными водами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Способы использования либо отведения промышленных сточных вод и примеры подходов к их очистке рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Данные способы и передовые методы очистки сточных вод позволяют предприятиям достигать нормативных значений сбросов сточных вод, указанных в соответствующей таблице Раздела 2 настоящего отраслевого документа.

Прочие виды сточных вод и потребление воды

Указания по обращению с незагрязненными сточными водами со вспомогательных операций, незагрязненными ливневыми стоками и хозяйственно-бытовыми сточными водами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Загрязненные стоки следует направлять в систему очистки технологических сточных вод. Загрязненные ливневые стоки могут образовываться на участках хранения угля, кокса и других материалов¹⁹. Грунт вокруг участков хранения угля под открытым небом может подвергаться воздействию продуктов выщелачивания с высокой кислотностью, которые содержат полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и тяжелые металлы. Специальные рекомендации для данной отрасли включают:

- хранение металлолома и других материалов (например, кокса и угля) в помещении, под навесом

¹⁸ EU IPPC BREF Document on BAT in the Ferrous Metals Processing Industry.

¹⁹ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

- и/или на обвалованных участках для ограничения загрязнения ливневых стоков и сбора сточных вод;
- мощение технологических участков, разделение загрязненных и незагрязненных поверхностных стоков и осуществление плана борьбы с разливами. Направление поверхностных стоков с территории производственных участков на установку очистки сточных вод;
- создание системы сбора стоков от выщелачивания угля и расположение участков хранения угля так, чтобы не допускать воздействия этих стоков на грунт и водные ресурсы. Для отделения загрязненных ливневых стоков, с целью их предварительной и основной очистки, штабели угля должны храниться на участках с покрытием.

Рекомендации по снижению потребления воды, особенно при ограниченных природных водных ресурсах, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Шум

На металлургических комбинатах могут существовать разнообразные источники шума, такие как погрузка/разгрузка металлолома и продукции; работа вентиляторов для отработанных газов или газов побочных продуктов; вентиляторов охлаждения в технологическом процессе и вытяжек; вообще работа ротационного оборудования; системы пылеудаления; загрузка печей; процесс плавки в ЭДП; топливные горелки; операции резки; процесс подачи катанки; а также системы транспортировки и вентиляции. Рекомендуемые методы снижения, предотвращения и борьбы с шумом включают:

- огораживание производственных зданий и/или изолирование конструкций;

- обеспечение покрытием и ограждение участков хранилища и погрузки/разгрузки металлолома, а также листа и слябов;
- ограждение вентиляторов, изолирование вентиляционных труб и применение заслонок;
- использование метода вспененного шлака в ЭДП;
- ограничение погрузки/разгрузки и транспортировки металлолома в ночное время, если это требуется.

Меры борьбы с шумом должны обеспечить уровень шума в окружающей среде, указанный в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.2 Охрана и гигиена труда

Проблемы гигиены труда и техники безопасности на этапах строительства, эксплуатации, технического обслуживания и вывода из эксплуатации металлургических комбинатов аналогичны проблемам, возникающим на других крупных промышленных предприятиях, и их предотвращение и решение рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Кроме того, для металлургического производства характерны приведенные ниже проблемы охраны и гигиены труда.

- Источники физической опасности
- Нагрев и горячие жидкости
- Радиоактивное излучение
- Источники опасности для органов дыхания
- Источники химической опасности
- Опасность поражения электрическим током
- Шум
- Опасность попадания под завал
- Пожары и взрывы

Источники физической опасности

Рекомендации для предотвращения и борьбы с общими источниками физической опасности приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Ниже обсуждаются источники физической опасности, характерные для данной отрасли.

Потенциальными источниками физической опасности на металлургических комбинатах являются работы с крупным и тяжелым сырьем и продуктами (например, загрузка домны и ЭДП, хранение и транспортировка биллетов и толстых слябов, перемещение крупных ковшей, содержащих расплавы чугуна и стали); тяжелый механический транспорт (например, вагоны, грузовые автомобили и вилочные погрузчики); операции шлифовки и резки (например, контакт с кусками металла, выброшенными механическими металлорежущими инструментами); процессы прокатки (например, столкновение и раздавливание на высокой скорости материалов прокатки и оборудования) и высотные работы (например, на платформах, трапах и лестницах).

Тяжелые грузы, шлифовка и резка, прокатка

Подъем и перемещение тяжелых грузов на высоте с использованием гидравлических платформ и подъемных кранов представляют существенный источник производственной опасности на металлургических предприятиях. Рекомендуемые меры для профилактики и борьбы с возможным травматизмом рабочих включают следующее:

- размещение четких указателей во всех коридорах транспортировки и на рабочих участках;
- надлежащее проектирование и расположение сооружений, позволяющее избежать пересечения разных операций и технологических потоков;
- применение специальных процедур погрузки/разгрузки и подъема грузов, включая:

- описание поднимаемого груза (габаритные размеры, вес, положение центра тяжести);
- технические характеристики подъемного крана (максимальный поднимаемый груз, габаритные размеры);
- обучение персонала работе на грузоподъемном оборудовании и вождению транспортных механизмов;
- участок работы стационарного грузоподъемного оборудования (например, подъемных кранов, высоких платформ) не должен проходить над рабочими участками и участками сборки;
- погрузка/разгрузка материалов и продукции должна проводиться под надзором внутри ограниченных зон;
- проведение периодического технического обслуживания и ремонта грузоподъемного, электрического и транспортного оборудования.

Профилактика и снижение травматизма, связанного с операциями шлифования и резки, а также с использованием металлолома, включает следующее:

- расположение механического инструмента на безопасном расстоянии от других рабочих участков и переходов;
- проведение периодических проверок и ремонта механического инструмента, особенно защитных экранов и предохранительных устройств и оборудования;
- обучение персонала правильному применению механического инструмента и использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Предотвращение и контроль опасных факторов, связанных с операциями и процессами прокатки, включает следующее:

- установка сеток и щитов вокруг клетей в тех местах, где прокатываемый материал может случайно сойти с направляющих прокатного стана;
- установка вдоль передаточной плиты ограждений с заблокированными воротами, которые открываются только тогда, когда установка не используется.

Нагрев и горячие жидкости

Высокие температуры и прямое инфракрасное (ИК) излучение относятся к типичным источникам опасности на металлургических комбинатах. Высокие температуры вызывают усталость и обезвоживание. Прямое инфракрасное излучение также создает риск для зрения. Контакт с горячим металлом или горячей водой может происходить на участке охлаждения разбрызгиванием при непрерывной разливке в результате разбрызгивания расплавленного металла и при касании горячих поверхностей. Рекомендуемые меры предотвращения и защиты от воздействия нагрева и горячих жидкостей и материалов включают следующее:

- экранирование поверхностей, где возможны близкий контакт с горячим оборудованием или разбрызгивание горячего материала (например, на коксовых батареях, ДП, КП, ЭДП, при непрерывной разливке, на подогревательных печах для прокатного стана и ковшах);
- организация защитных буферных зон для разделения участков, на которых производятся операции с горячими материалами и предметами (например, с билетами, толстыми слябами и ковшами) или осуществляется их временное хранение. Перильное ограждение этих участков должно иметь заблокированные ворота для предотвращения доступа на участок во время работы;

- использование соответствующих СИЗ (например, теплоизолирующих перчаток и обуви, очков для защиты от ИК и ультрафиолетового излучения и одежды для защиты от теплового излучения и брызг расплава стали);
- установка охлаждающей вентиляции для предотвращения экстремальных температурных условий;
- обеспечение ротации персонала, обеспечивающее регулярные перерывы в работе, доступ к охлаждаемому участку для отдыха и к питьевой воде.

Радиоактивное излучение

Оборудование металлургического комбината и продукция в процессе работы обычно проверяются с помощью гамма-излучения, что позволяет определить состав стали и отсутствие поломок. Для снижения риска воздействия на рабочих используют следующие методы:

- проверка с помощью гамма-излучения должна проводиться на ограниченных, контролируемых участках с использованием экранированного коллиматора. На участке проверки запрещаются любые другие работы;
- весь поступающий металлолом необходимо проверять на радиоактивность перед его использованием в качестве сырья;
- если участок проверки находится вблизи границы установки, следует рассмотреть возможность использования ультразвуковой дефектоскопии (УД) вместо применения гамма-излучения;
- необходимо регулярно проводить техническое обслуживание и ремонт проверочного оборудования, включая защитные экраны.

Источники опасности для органов дыхания

Теплоизоляционные материалы

На старых установках широко использовали асбест и другие минеральные волокна, которые являются источниками опасности, поскольку при их вдыхании в организм попадают канцерогенные вещества. Рекомендуемые меры борьбы включают следующее:

- аттестованные специалисты должны провести обследование всего предприятия и составить план борьбы с содержащими асбест материалами;
- поврежденный или крошащийся материал необходимо отремонтировать или удалить, мониторинг других материалов и контроль над ними можно осуществлять на месте. Любые операции с теплоизоляционными материалами, в которых может содержаться асбест или другие вредные материалы, должны выполнять имеющие соответствующую подготовку и аттестованные подрядчики и персонал с применением принятых во всем мире процедур их ремонта и удаления теплоизоляционных материалов;
- на новых установках и при модернизации старых следует избегать использования асбеста;
- под узел, который собираются теплоизолировать (например, трубу или емкость), и под запас подготовленного к работе теплоизоляционного материала помещают пленку полиэтилена низкой плотности, чтобы предотвратить загрязнение поверхности волокнами.

Пыль и газы

Образующаяся на металлургических комбинатах пыль содержит железный и металлический порошок, который чаще всего присутствует в ДП, КП, ЭДП, цехах непрерывной разливки, установках окатывания и агломерации; а также

минеральную пыль, которая возникает в основном при хранении сырья, в ДП и на коксовой батарее.

В первом случае на рабочих может воздействовать пыль оксида железа и кремнезема, которая может быть загрязнена тяжелыми металлами, включая хром (Cr), никель (Ni), свинец (Pb), марганец (Mn), цинк (Zn) и ртуть (Hg). Самые большие количества пыли возникают в процессе плавки и разливки (например, в ДП, КП, при непрерывной разливке), где пыль, образующаяся при высокотемпературных операциях, тоньше и легче вдыхается, чем та, что образуется в процессе прокатки. На складе сырья, в доменном цехе и на коксовой батарее на рабочих воздействует минеральная пыль, в которой могут содержаться тяжелые металлы. Кроме того, при вскрытии летки ДП выделяется графит.

В процессе плавки и разливки при проведении высокотемпературных операций для рабочих возникает опасность вдыхания газа, который может содержать тяжелые металлы. На ДП, КП и коксовой батарее рабочие могут вдыхать монооксид углерода. Дополнительно на коксовой батарее возникает опасность вдыхания оксидов серы и летучих органических соединений (ЛОС). На установке рафинирования коксового газа присутствие аммиака, ароматических углеводородов, нафталина и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) может составлять дополнительную опасность для органов дыхания.

Рекомендации по предотвращению воздействия газа и пыли включают следующее:

- разделение и изоляция источников пыли и газа;
- проектирование вентиляции помещений с максимальной циркуляцией воздуха. Выходящий

воздух необходимо фильтровать до сброса в атмосферу;

- у существенных точечных источников выбросов пыли и газа необходимо установить вытяжную вентиляцию, особенно в верхней части ДП, у КП или ЭДП;
- обеспечение герметичной кабины с кондиционированием отфильтрованного воздуха, если на загрязненном участке требуется оператор;
- предоставление отдельных помещений для приема пищи, в которых можно помыться перед едой;
- предоставление помещений, где можно отделить рабочую одежду от обычной, а также помыться и принять душ после работы;
- проведение обязательной регулярной диспансеризации.

Методы устранения опасностей для органов дыхания следует применять в случаях, когда не удастся избежать воздействия другими способами, например, при операциях загрузки коксовых печей, ручных операциях, таких как шлифование, или при использовании незакрытых механических инструментов, а также при некоторых операциях технического обслуживания и ремонта. Рекомендации по защите органов дыхания включают следующее:

- использование респираторов с фильтром при работе в условиях сильного запыления (например, при зачистке) использование респираторов с фильтром;
- для легкой металлической пыли и газов следует использовать респираторы с подачей свежего воздуха. Можно использовать также закрывающую все лицо газовую маску с электрической вентиляцией (либо шлем с повышенным давлением);

- при воздействии монооксида углерода (СО) необходимо установить оборудование с датчиками, чтобы предупреждать персонал в диспетчерской и на оборудовании. В случае ликвидации последствий аварийных ситуаций на участках с высоким уровнем СО рабочие должны иметь портативные датчики СО и респираторы с подачей свежего воздуха.

Источники химической опасности

В дополнение к рассмотренной выше опасности для органов дыхания рабочие металлургических комбинатов могут подвергаться опасности контакта с химическими веществами и попадания их в пищеварительную систему, особенно на коксовой батарее и установке рафинирования коксового газа, где присутствуют нафталин, тяжелые масла и ароматические углеводороды. Рекомендованные меры для предотвращения контакта с химическими веществами и попадания их внутрь приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Опасность поражения электрическим током

Рабочие могут подвергаться опасности поражения электрическим током в связи с наличием рассчитанного на тяжелые условия эксплуатации электрооборудования на многих участках металлургических комбинатов. Рекомендации по профилактике и устранению опасности поражения электрическим током приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Шум

Погрузка/разгрузка сырья и продукции (например, руды, металлических отходов, листов и прутков), а также сами производственные процессы (например, ДП, КП, ЭДП, непрерывная разливки, прокатка и т. п.) могут создавать повышенный уровень шума. Рекомендуемые меры по

предотвращению шума и борьбе с ним приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Опасность попадания под завал

Риск попадания под завал может возникать на участках хранения и особенно при проведении технического обслуживания (например, внутри больших бункеров для минерального сырья). Меры для предотвращения попадания под завал включают следующее:

- обеспечение надежных ограждающих стенок для бункеров с минеральным сырьем;
- обеспечение расстояния между террикониками и путями проезда;
- разработка и введение специальных процедур техники безопасности для работы внутри бункеров (например, системы и методы проверки останова ленты загрузки и перекрытия отверстия для загрузки);
- обучение персонала обеспечению устойчивости террикоников и соблюдению процедур.

Опасность пожара и взрыва

Работа с жидким металлом может приводить к взрывам, при которых происходит прорыв расплава, и возникновению ожогов, особенно при попадании влаги в замкнутое пространство. К другим опасностям относится пожар, вызываемый расплавом металла и присутствием жидкого топлива и других горючих химических веществ. Рекомендуемые методы предотвращения опасности пожара и взрыва и ее устранения включают следующее:

- обеспечение полной сухости материалов перед контактом с расплавом чугуна и стали;
- проектирование расположения оборудования таким образом, чтобы обеспечить достаточное разделение горючих газов, трубопроводов для кислорода и горючих

материалов и жидкостей от горячих участков и источников возгорания (например, электрических щитов);

- защита горючих газов, трубопроводов для кислорода и горючих материалов в процессе горячих работ при техническом обслуживании;
- проектирование электрооборудования таким образом, чтобы устранить риск пожара на каждом участке предприятия (например, расчет напряжения и тока и уровня изоляции кабелей, защита кабелей от воздействия горячих жидкостей, использование кабелей, препятствующих распространению пламени);
- указания по обеспечению готовности к аварийным ситуациям и аварийному реагированию приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Уголь может самопроизвольно возгораться за счет нагревания в процессе естественного окисления свежей поверхности угля^{20, 21}. Угольная пыль легко воспламеняется и создает опасность взрыва на участках для погрузки/разгрузки угля, используемого на металлургических комбинатах. Рекомендуемые методы предупреждения и устранения риска взрывов при скоплении угольной пыли включают следующее:

- сведение к минимуму времени хранения угля;
- штабеля угля не должны располагаться над источниками нагрева, такими как паровые линии и люки;

²⁰ NFPA 850: Практические рекомендации для противопожарной защиты электростанций и преобразовательных подстанций для постоянного высокого напряжения [Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations (2000 Edition)].

²¹ NFPA 120: Стандарт для предотвращения пожаров и борьбы с ними в угольных шахтах [Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines (2004 Edition)].

- конструкции, закрывающие хранилища для угля, должны быть сделаны из негорючих материалов;
- конструкция хранилищ должна быть рассчитана на сведение к минимуму площади поверхности, на которой может осаждаться угольная пыль; необходимо также предусмотреть систему удаления пыли;
- необходимо свести к минимуму источники возгорания, обеспечив надежное заземление оборудования, чтобы уменьшить опасность появления статического заряда. Любое механическое и электрическое оборудование на участке хранения или в хранилище должно быть сертифицировано для использования на опасных участках и снабжено электродвигателями в искробезопасном исполнении.

1.3 Охрана здоровья и безопасность местного населения

Проблемы воздействия на здоровье и безопасность местного населения на этапах строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации металлургических комбинатов характерны для большинства промышленных предприятий и обсуждаются вместе с рекомендуемыми мерами по предотвращению и решению этих проблем в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

2.0 Показатели эффективности и мониторинг

2.1 Окружающая среда

Нормативы выбросов и сбросов

В таблицах 1 и 2 приведены нормативы выбросов и сбросов в данной отрасли промышленности. Рекомендованные нормативы технологических выбросов и стоков в данной

отрасли соответствуют надлежащей международной отраслевой практике, которая зафиксирована в соответствующих стандартах стран с общепризнанной нормативно-правовой базой. Данные нормативы выполнимы при нормальном режиме работы должным образом спроектированных и эксплуатируемых предприятий посредством применения методов предотвращения и снижения загрязнения, описанных в предыдущих разделах настоящего документа.

Нормативы выбросов применимы к технологическим выбросам. Нормативы выбросов от источников горения, связанных с производством пара и электроэнергии, с тепловой мощностью, равной или ниже 50 МВт тепл., рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**, а от источников выбросов большей мощности – в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**. Указания в отношении фоновых параметров окружающей среды с учетом общей нагрузки выбросов приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Нормативы сбросов применимы к прямому сбросу очищенных стоков в поверхностные воды общего пользования. Возможно установление нормативов сбросов конкретных предприятий в зависимости от наличия и условий использования систем сбора и очистки сточных вод общего пользования или, если сброс происходит непосредственно в поверхностные воды, в зависимости от вида водопользования водоприемников, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Указанные уровни должны обеспечиваться без разбавления и соблюдаться в течение не менее 95% времени работы предприятия или установки, рассчитываемого как доля рабочих часов в год. Отклонения от данных уровней с учетом конкретных местных условий проекта необходимо обосновать при проведении экологической оценки.

Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для этой отрасли следует разрабатывать с учетом необходимости охвата всех видов деятельности, которые потенциально могут оказать существенное воздействие на состояние окружающей среды при их осуществлении как в нормальном, так и во внештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, сбросов и используемых ресурсов, применимым к данному проекту.

Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг которого проводится. Мониторинг должны осуществлять специально подготовленные лица в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных и с использованием оборудования, прошедшего надлежащую поверку и техническое обслуживание. Данные мониторинга необходимо регулярно анализировать и изучать, сравнивая их с действующими стандартами, в целях принятия любых необходимых мер по исправлению недостатков. Дополнительные указания по применимым методам забора проб и анализа выбросов и стоков содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Использование ресурсов, выбросы в атмосферу и образование отходов

В таблице 3 приведены примеры показателей потребления энергетических и водных ресурсов в данной отрасли, а в таблице 4 – примеры показателей выбросов в атмосферу и образования отходов, характерных для данной отрасли. Контрольные показатели по отрасли приведены только для сравнения, и в каждом отдельном проекте должна ставиться задача обеспечения постоянного совершенствования в данных областях.

Таблица 1. Уровни выбросов в атмосферу с металлургических комбинатов^c

Загрязняющее вещество	Единицы	Нормативное значение
Твердые частицы	мг/Нм ³	20–50 ^a
Масляный туман	мг/Нм ³	15
NO _x	мг/Нм ³	500 750 (коксовая печь)
SO ₂	мг/Нм ³	500
ЛОС	мг/Нм ³	20
ПХДД / ПХДФ	нг токсического эквивалента/Нм ³	0,1
Монооксид углерода (CO)	мг/Нм ³	100 (ЭДП) 300 (коксовая печь)
Хром (Cr)	мг/Нм ³	4
Кадмий (Cd)	мг/Нм ³	0,2
Свинец (Pb)	мг/Нм ³	2
Никель (Ni)	мг/Нм ³	2
Хлористый водород (HCl)	мг/Нм ³	10
Фториды	мг/Нм ³	5
Фтористый водород (HF)	мг/Нм ³	10
H ₂ S	мг/Нм ³	5
Аммиак	мг/Нм ³	30
Бензо(а)пирен	мг/Нм ³	0,1
Пары смолы	мг/Нм ³	5

Примечания:

^a Нижнее значение в присутствии токсичных металлов.

^b Пары смолы измеряют как органическое вещество, экстрагируемое растворителем из общего объема, собранного на мембранном фильтре.

^c Исходные условия для пределов. Для газов сгорания: сухие, температура 273К (0°C), давление 101,3 кПа (1 атм.), содержание кислорода по сухому весу 3% для жидких и газообразных топлив, 6% по сухому весу для твердых топлив. Для других газов кроме газов сгорания: без поправки на пары воды или содержание кислорода, температура 273К (0°C), давление 101,3 кПа (1 атм.).

Таблица 2. Уровни сбросов с металлургических комбинатов

Загрязняющее вещество	Единицы	Нормативное значение
рН	единиц рН	6–9
Взвешенные твердые вещества	мг/л	35
Нефтепродукты	мг/л	10
Повышение температуры	°С	не более, чем на 3 ^а
Химическое потребление кислорода	мг/л	250
Фенол	мг/л	0,5
Кадмий	мг/л	0,01
Хром, общее содержание	мг/л	0,5
Хром (Cr ⁺⁶)	мг/л	0,1
Медь	мг/л	0,5
Свинец	мг/л	0,2
Олово	мг/л	2
Ртуть	мг/л	0,01
Никель	мг/л	0,5
Цинк	мг/л	2
Цианиды (свободные)	мг/л	0,1
Цианиды (всего), общее содержание	мг/л	0,5
Азот, общее содержание	мг/л	30
Аммиак	мг/л (в пересчете на N)	5
Фосфор, общее содержание	мг/л	2
Фториды	мг/л (в пересчете на F)	5
Сульфиды	мг/л	0,1
Железо	мг/л	5
ПАУ	мг/л	0,05

Токсичность Определяется для каждого конкретного случая

^а На границе научно установленной зоны смешивания с учетом качества воды в источнике, вида водопользования водоприёмника, возможных потребителей воды и ассимилирующей способности водного объекта..

Таблица 3. Потребление ресурсов и энергии⁽¹⁾

Вводимые ресурсы на единицу продукции	Нагрузка на ед. массы	Сравнительные отраслевые показатели					
		Агломерат	Коксовые печи	ДП	КП	ЭДП	Прокатка
Электричество, прямое потребление	МДж/т продукции	90–120	20–170	270–370	40–120	1250–1800	70–140 кВтч/т
Топливо	МДж/т продукции	60–200	3 200–3 900	1 050–2 700	20–55	–	1 100–2 200
Вода	м ³ /т продукции	0,01–0,35	1–10	1–50	0,5–5	3	1–15

Источники:

1. European Commission, IPPC, "BREF Document on the Production of Iron and Steel" и "Reference Document in BAT in the Ferrous Metals Processing Industry". Декабрь 2001.
2. UK Environmental Agency. 2001, 2002. Technical Guidance Notes. IPPC S2.01, S2.04. Benchmark values.

Таблица 4. Образование выбросов/отходов

Количество на единицу продукции	Единица	Сравнительные отраслевые показатели					
		Агломерат	Коксовые печи	ДП	КП	ЭДП	Прокатка
Выборы^{(1) (2)}							
Твердые частицы	кг/т продукции	0,04–0,4	0,05–3,5	0,005	0,2	0,02	0,002–0,040
СО	кг/т продукции	12–40	0,40–4,5	0,8–1,75	1,5–8	0,75–4	0,005–0,85
NO _x	кг/т продукции	0,4–0,65	0,45–0,7	0,01–0,6	–	0,12–0,25	0,08–0,35
ЛОС	кг/т продукции	0,15	0,12–0,25	–	–	–	–
ПХДД/ПХДФ	мкг/т-токсич. эквивалент/т продукции	1–10	–	–	–	0,07–9	–
Отходы⁽¹⁾							
Твердые отходы	кг/т продукции	0,9–15	–	200–300	85–110	110–180	70–150
Шлам	кг/т продукции	0,3	–	3–5	–	–	–
Сточные воды	м ³ /т продукции	0,06	0,3–0,4	0,1–3	–	–	0,8–15

Источники:

1. European Commission, IPPC, "BREF Document on the Production of Iron and Steel" и "Reference Document in BAT in the Ferrous Metals Processing Industry". December 2001.
2. UK Environmental Agency. 2001, 2002. Technical Guidance Notes. IPPC S2.01, S2.04. Benchmark values.

2.2 Гигиена и охрана труда

Указания по гигиене и охране труда

Соблюдение норм гигиены и охраны труда следует оценивать исходя из опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных производственных факторов, примерами которых являются, в частности, указания по предельным пороговым значениям (TLV®) воздействия на рабочем месте и показателям биологического воздействия (BEIs®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)²², Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным институтом гигиены и охраны труда Соединенных Штатов (NIOSH)²³, показатели допустимых уровней воздействия (PELs), публикуемые Управлением охраны труда Соединенных Штатов (OSHA)²⁴, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза²⁵, или данные из иных аналогичных источников.

Показатели травматизма и частота несчастных случаев со смертельным исходом

Исполнителям проектов следует стремиться к полному искоренению несчастных случаев на производстве с участием занятых в проекте работников (нанятых непосредственно исполнителями проекта либо субподрядчиками), особенно несчастных случаев, способных привести к потере рабочего времени,

инвалидности различной степени тяжести или даже смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на объекте можно сопоставлять с опубликованными показателями предприятий данной отрасли в развитых странах, которые можно получить из таких источников, как, например, Бюро трудовой статистики США и Инспекция по промышленной гигиене и охране труда Соединенного Королевства²⁶.

Мониторинг соблюдения норм гигиены и охраны труда

Следует вести мониторинг рабочей среды на предмет наличия вредных производственных факторов, характерных для данного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты²⁷ в рамках программы мониторинга соблюдения норм гигиены и охраны труда. Предприятиям следует также вести журналы учета случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также опасных происшествий и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам мониторинга соблюдения норм гигиены и охраны труда содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

²² См. <http://www.acgih.org/TLV/> и <http://www.acgih.org/store/>

²³ См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

²⁴ См. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDAR DS&p_id=9992

²⁵ См. http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

²⁶ См. <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

²⁷ К таким уполномоченным специалистам могут относиться сертифицированные специалисты по промышленной гигиене, дипломированные специалисты по гигиене труда, сертифицированные специалисты по охране труда или специалисты аналогичной квалификации.

3.0 Справочная литература и дополнительные источники информации

Australian Government Department of the Environment and Heritage. 1999. NPI National Pollutant Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Iron and Steel Production. Canberra: Environment Australia. Доступно по адресу: http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/ironste.pdf

Environment Canada. 2002. National Office of Pollution Prevention (NOPP). Environmental Code of Practice for Integrated Steel Mills. Section 4 Recommended Environmental Protection Practices. EPS 1/MM/7 – March 2001. Ottawa, ON: Environment Canada. Доступно по адресу: <http://www.ec.gc.ca/nopp/docs/cp/1mm7/en/cov.cfm>

European Commission. 2001. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference (BREF) Document on Best Available Techniques (BAT) on the Production of Iron and Steel. Seville: EIPPCB.

European Commission. 2001. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference (BREF) Document on Best Available Techniques (BAT) in the Ferrous Metal Processing Industry. Seville: EIPPCB.

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin: BMU. Доступно по адресу: http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance – AbwV) of 17. June 2004. Berlin: BMU. Доступно по адресу: http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php

Helsinki Commission (Helcom). 2003. Reduction of Emissions and Discharges from the Iron and Steel Industry. Recommendation 24/4. Helsinki: Helcom. Доступно по адресу: http://www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec24_4/

International Labour Organization (ILO). 2005. Safety and Health in the Iron and Steel Industry. ILO Codes of Practice (2nd edition). Geneva: ILO. Доступно по адресу: <http://www.ilo.org/public/english/support/publ/textoh.htm>

Irish Environmental Protection Agency (EPA). 1996. BATNEEC Guidance Note for Forges, Drawing Plants and Rolling Mills and For Pressing, Drawing and Stamping of Large Castings (Draft 3). Classes 3.2 & 3.8. Draft 3. Dublin: EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/>

Irish EPA. BATNEEC Guidance Note for Production of Iron or Steel. Class 3.1. Draft 2. Dublin: EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/>

Italian Interministerial Commission. 2006. Produzione e Trasformazione dei Metalli Ferrosi, Linee Guida per le BAT (Production and Manufacturing of Iron – Best Available Techniques Guidelines, Draft). Rome.

Paris Commission (Parcom; now OSPARCOM). 1992. Recommendation 92/2 Concerning Limitation of Pollution from New Primary Iron and Steel Production Installations. Paris: OSPAR.

Parcom. 1992. Recommendation 92/3 Concerning Limitation of Pollution from New Secondary Steel Production and Rolling Mills. Paris: OSPAR.

United Kingdom (UK) Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). 2004. Secretary's State Guidance for Iron Steel and Non-Ferrous Metal Process. Process Guidance Note 2/4 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/lapc/pgnotes/pdf/pg2-04.pdf>

UK Department for Environment Her Majesty's Inspectorate of Pollution (HMIP). 1995. Processes Subject to Integrated Pollution Control. S2 1.06: Carbonisation Processes: Coke Manufacture. London: HMSO.

UK Environmental Agency. 2002. IPPC S2.03. Technical Guidance for Non-Ferrous Metals and the Production of Carbon and Graphite Sector. Version 1: January 2002. Bristol: Environmental Agency. Доступно по адресу: <http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/444369/673298/?version=1&lang=e>

UK Environmental Agency. 2004. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). S2.01: Guidance for the Production of Coke, Iron and Steel. Issue 1: June 2004. Bristol: Environment Agency. Доступно по адресу: <http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/444369/673298/?version=1&lang=e>

UK Environmental Agency. 2004. IPPC S2.04. Guidance for the Hot Rolling of Ferrous Metals and Associated Activity Sector. Issue 1: February 2004. Bristol: Environmental Agency. Доступно по адресу: <http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/444369/673298/?version=1&lang=e>

University of Karlsruhe, French-German Institute for Environmental Research. 1997. Report on Best Available Techniques (BAT) in the Electric Steelmaking Industry. Karlsruhe: University of Karlsruhe. Доступно по адресу: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2488.pdf>

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1983. 40CFR Part 60. Subpart AAa—Standards of Performance for Steel Plants: Electric Arc Furnaces and Argon-Oxygen Decarburization Vessels Constructed After August 17, 1983. Washington, DC: US EPA.

US EPA. 1983. 40CFR Part 60. Subpart Na—Standards of Performance for Secondary Emissions from Basic Oxygen Process Steelmaking Facilities for Which Construction is Commenced After January 20, 1983. Washington, DC: US EPA.

US EPA. 1995. Office of Compliance. Sector Notebook Project Profile of the Iron and Steel Industry. EPA/310-R-95-005. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/ironstlpt1.pdf>

US EPA. 1995. Technology Transfer Network. Clearinghouse for Inventories and Emissions Factors & AP 42. Volume 1, Fifth Edition. Chapter 12: Metallurgical Industry. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/ttn/chieff/ap42/>

US EPA. 1999. 40CFR Part 63: National Register Environmental Protection. Subpart CCC: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for

Steel Pickling – HCl Process Facilities and Hydrochloric Acid Regeneration Plants. Washington, DC: EPA.

US EPA. 2002. 40CFR Part 420. Iron and Steel Manufacturing Point Source Category. Washington, DC: US EPA.

US EPA. 2003. 40CFR Part 63: National Register Environmental Protection. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Integrated Iron and Steel Manufacturing. May 20, 2003. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/ttn/atw/iisteel/fr20my03.pdf>

US EPA. 2003. 40CFR Part 63: National Register Environmental Protection. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Coke Ovens: Pushing, Quenching and Battery Stacks. Final Rule. April 14, 2003. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t3/fr_notices/copqbs_fr.pdf

US EPA. 2005. 40CFR 63: National Register Environmental Protection Agency: National Emission Standards for Coke Oven Batteries. April 15, 2005. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: http://epa.gov/ttncaaa1/t3/fr_notices/15318cokeovenfin.pdf

US National Fire Protection Association (NFPA). 2000. NFPA 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations, 2000 Edition. Quincy, MA: NFPA. Доступно по адресу: http://www.nfpa.org/aboutthecodes/list_of_codes_and_standards.asp

US NFPA. 2004. NFPA 120: Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines, 2004 Edition. Quincy, MA: NFPA. Доступно по адресу: http://www.nfpa.org/aboutthecodes/list_of_codes_and_standards.asp

Приложение А. Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

Основные технологические процессы, используемые при производстве чугуна и стали, включают плавку в ДП и КП (металлургические комбинаты), прямую плавку металлолома или передельного чугуна (электродуговая печь) и реже используемый метод прямого восстановления железа (DRI). На металлургических комбинатах используется комплексный процесс, который предусматривает перемещения потоков материалов и энергии между различными производственными установками, включая установки агломерации и окатывания, коксовые батареи, ДП, КП и непрерывную разливку. Далее стальные отливки прокатывают (холодная и/или горячая прокатка) для получения конечной продукции.

Установки агломерации²⁸

Механическая и металлургическая подготовка рудной части шихты проводится для улучшения газопроницаемости и восстанавливаемости. Перед операцией агломерации сырье смешивают и иногда добавляют некоторые флюсы. После смешивания усредненная руда переносится из подготовительного бункера в бункер для хранения. Для процесса агломерации в качестве топлива чаще всего используют коксовую мелочь (мелкий кокс с размером частиц < 5 мм). Усредненную руду смешивают с коксовой мелочью и смачивают для получения микрогранул, которые повышают газопроницаемость в слое агломерата.

Установка агломерации в принципе представляет собой крупную конвейерную колосниковую решетку из термостойкого чугуна. Агломерируемый материал укладывают слоем толщиной 400–600 мм (хотя на более

старых установках обычно используют более тонкие слои), который помещают на тонкий слой возвратного агломерированного материала. Этот нижний слой защищает колосники от прямого нагрева горячей смесью. Колосники проходят под сводом газовых горелок, которые поджигают коксовую мелочь в смеси и запускают процесс просасывания воздуха по всей длине агломерируемого слоя. По мере перемещения агломерируемой смеси по колосникам фронт горения смещается вниз по смеси. Это создает достаточный нагрев (1300–1480°C) для агломерации мелких частиц в пористый клинкер, который называют агломератом. Отходящие газы перед выбросом в атмосферу очищают от пыли. Полученный агломерат затем измельчают и просеивают для получения требуемого размера шихты для загрузки в домну.

Установка окатывания²⁹

Окатывание представляет собой еще один процесс подготовки сырьевого оксида железа для получения общепотребительного чугуна и стали. Окатыши представляют собой шарики диаметром 9–16 мм из сырья (тонкая руда и добавки размером < 0,05 мм), получаемые при высокой температуре обычно на месте добычи или в порту отгрузки.

Процесс получения окатышей состоит в измельчении и сушке или обезвоживании, окатывании и отверждении. Сначала руду дробят и измельчают для получения свойств, требующихся для формирования окатышей. Содержание влаги доводится до 8–9%. Сырье для окатышей смешивают с добавками и затем формируют (сырые) окатыши

²⁸ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

²⁹ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

диаметром 9–16 мм, после этого нагревают приблизительно до 1250°C (отверждение) с одновременным окислением и агломерацией для получения прочных окатышей. Перед выходом со стадии отверждения окатыши охлаждаются воздухом. Окатыши недостаточного размера и поврежденные окатыши обычно направляют обратно в технологический процесс.

Получение кокса

Металлургические комбинаты, на которых сталь получают восстановлением железной руды в доменных печах, требуют постоянной подачи кокса. Основное назначение кокса состоит в химическом восстановлении оксида железа до металлического железа в домне. Кокс служит топливом, обеспечивает механическую опору и обеспечивает свободный поток газа через печь. Поэтому производство кокса тесно связано с металлургическими комбинатами, которые используют железную руду. Кокс получают пиролизом (например, нагреванием без воздуха) подходящих сортов угля. В процессе получения кокса битуминозный уголь подают в ряд печей (батарею), которые герметичны и нагреты до высокой температуры при отсутствии кислорода. Процесс состоит из следующих стадий: загрузка угля, зажигание топлива и нагревание камер, коксование, выдача кокса и тушение кокса³⁰.

Отдельные камеры коксовой печи разделены обогревательными простенками. Они состоят из определенного числа отопительных каналов с форсунками для подачи топлива и с одним или несколькими коробами воздухозабора. Обычно в качестве топлива используют очищенный коксовый газ, но могут использоваться и другие газы, такие как (обогащенный) доменный газ. Под печью установлены регенераторы для подогрева воздуха горения

и топливного газа отходящим газом и повышения энергетической эффективности.

После загрузки угля сразу же начинается процесс коксования. Из угля удаляются летучие органические вещества (ЛОС), и образуется коксовый газ. Оставшийся в печи твердый углерод представляет собой кокс. В зависимости от ширины печи и условий нагрева процесс коксования длится приблизительно от 14 до 24 часов. Кокс выгружают из печи в контейнер с помощью коксовытальквателя. В контейнере горячий кокс подают в тушильную башню, где его охлаждают сухим тушением с помощью циркуляции инертного газа (азота)³¹. При использовании мокрого тушения (обычно на старых установках) необходимо использовать очищенную (не содержащую фенолов) воду.

Этот процесс также включает очистку побочно образующегося коксового газа для удаления смол, аммиака (обычно выделяемого в виде сульфата аммония), фенола, нафталина, бензола, толуола, ксилола, легкого масла и серы, перед тем как коксовый газ можно будет использовать в качестве топлива для нагрева печей или применения для других целей на данном предприятии.

Для снижения воздействия производства кокса на окружающую среду следует избегать преждевременной выгрузки (не полностью коксованного угля), и лучше использовать угли с низким содержанием серы или обессеренные (промытые) угли. В процессе получения кокса следует собирать и улавливать смолу и газы, а также проводить очистку газа от диоксида серы (SO₂), особенно при использовании углей с высоким содержанием серы.

³⁰ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

³¹ Там же.

Доменные печи (ДП)

Доменная печь (ДП) представляет собой закрытую систему, в которую сверху подается сырье, а продукты (расплав железа и шлак) выводятся снизу через летку (под). Сырьевую смесь железосодержащих материалов (измельченную железную руду, агломерат и/или окатыши) и добавок (шлакообразующие компоненты, например, известняк) называют шихтой. Шихту и кокс подают в верхнюю часть печи через закрытую систему загрузки, чтобы не допустить выхода газов из печи. Твердая шихта перемещается вниз в противотоке поднимающегося потока горячего восстановительного газа. Горячий восстановительный газ поступает из нагревательных печей и необходим для нагрева твердой шихты, чтобы повысить ее температуру для проведения реакции. Доменный газ с остаточной теплотворной способностью собирается в верхней части печи для очистки и дальнейшего использования³².

В доменной печи периодически пробивают летку, чтобы удалить расплав передельного чугуна и шлак с пода. Для этого в боковой стенке пода пробивают выпускное отверстие. Выпущенный металл имеет температуру около 1440–1500°C. В современных доменных печах передельный чугун и шлак выпускают вместе (обычно шлак начинает выходить после горячего металла). Шлак и передельный чугун из печи текут по литникам из огнеупора или бетона с низким содержанием цемента, а затем их разделяют в литейном цехе с помощью лопатки для скачивания шлака. Расплав передельного чугуна заливают в ковши или миксеровозы. Шлак течет по литникам на установку гранулирования, в ковши для шлака или в открытый колодец. В конце цикла разливки выпускное отверстие закрывают посредством инжектирования

³² Там же.

термостойкой глиняной смеси для летки с использованием так называемой пушки для забивки летки³³.

Основные выбросы из ДП происходят при вскрытии летки и состоят главным образом из частиц оксида железа и сажи. От этих частиц обычно избавляются с помощью локальных вытяжных систем на участке разливки с последующей очисткой газов на тканевых фильтрах. Сероводород и SO₂ в разных количествах выделяются при охлаждении и обработке шлака. Некоторые неорганизованные выбросы оксида железа и сажи происходят при транспортировке горячего металла в сталеплавильный цех. Собранная пыль и осадок из системы газоочистки могут быть возвращены на агломерационную установку или направлены для размещения на полигон твердых отходов.

Сточные воды образуются при очистке доменного газа, охлаждении и обработке шлака и в технологических процессах. Их возвращают в технологический процесс, а другие потоки перед сбросом очищают для удаления твердых веществ, металлов и нефтепродуктов. Основным побочным твердым продуктом производства является шлак. Его можно перерабатывать разными способами, включая гранулирование и окатывание, либо его можно быстро охладить, измельчить и просеять. Шлак продают как побочный продукт в первую очередь для производства цемента и для строительства.

Конвертерные печи (КП)³⁴

В конвертерных печах (КП) и электродуговых печах (ЭДП) используют общеупотребительные методы преобразования передельного чугуна, полученного в ДП, в сталь. Продувка кислородом окисляет нежелательные примеси,

³³ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

³⁴ Там же.

содержащиеся в металлическом сырье. В оксиды преобразуются главным образом такие элементы, как углерод, кремний, марганец, фосфор и сера. Окисление снижает содержание углерода до заданного уровня (приблизительно от 4% до уровня ниже 1%, а часто и ниже) и удаляет примеси. Производство стали с помощью КП представляет собой периодический процесс и включает предварительную обработку горячего металла (удаление серы), окисление в КП (удаление углерода и окисление примесей), вторичную металлургическую переработку после КП в печах-ковшах и разливку (непрерывную и/или периодическую в слитки).

Процесс удаления серы проводится на отдельной очистной установке до подачи в КП. Самый распространённый способ удаления серы из горячего металла основан на продувке карбида кальция через фурму в горячий металл с помощью азота. Сера связывается шлаком, который всплывает в горячем металле. Затем шлак удаляют. В некоторых случаях проводят повторное удаление шлака с помощью скреперов для шлака. Затем передельный чугун загружают в КП³⁵.

КП работает в периодическом режиме. Полный цикл состоит из следующих стадий: загрузка металлолома и/или расплава передельного чугуна; кислородное дутьё; отбор образцов и регистрация температуры; выпуск стали. На современных сталелитейных предприятиях в цикле продолжительностью 30–40 мин получают порядка 300 т стали. В этом процессе используют ряд добавок для обеспечения качества стали и формирования шлака. Энергия для повышения температуры и расплавления подаваемых материалов поступает от экзотермической реакции окисления при продувке кислорода, поэтому не

требуется никакой дополнительной подачи тепла, а для достижения теплового равновесия добавляют металлолом или руду.

Потребляемое количество кислорода зависит от состава горячего металла (в основном, от содержания углерода, кремния и фосфора). Когда достигается необходимое качество стали, кислородное дутьё прекращают и нерафинированную сталь сливают из КП в ковш.

После процесса окисления в КП обычно проводят конечную обработку, включающую различные металлургические операции и называемую внепечной металлургией. Эта конечная обработка была разработана в связи со все возрастающими требованиями к качеству. Основные процессы внепечной металлургии включают смешивание и гомогенизацию, регулирование химического состава, регулирование температуры, раскисление, удаление нежелательных газов (например, водорода и азота) и повышение чистоты оксидной пленки с помощью отделения неметаллических включений. Эти операции проводят в ковше или печи-ковше, в вакуумной системе или в специально предназначенных для этого печах. После конечной обработки расплав стали подается в разливочную установку³⁶.

Электродуговые печи (ЭДП)

Сталь можно получать из стального лома в электродуговых печах (ЭДП), в которых плавят металлолом. Металлолом обычно предварительно нагревают в специальной печи и загружают вместе с известью или доломитом, которые используют в качестве флюса для формирования шлака. Обычно сначала загружают 50–60% металлолома. Затем в металлолом опускают электроды. На высоте в 20–30 мм

³⁵ Там же.

³⁶ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

над металлоломом они поджигают дугу. После плавления первой порции добавляют остальной металлолом³⁷.

На начальной стадии плавки подаваемая мощность невелика, что позволяет избежать повреждения стенок печи и свода излучением и одновременно обеспечивать погружение электродов в металлолом. Как только дуги оказываются экранированными окружающим металлоломом, мощность увеличивают для обеспечения полного расплавления. Для облегчения начальных стадий плавки нередко используют кислородную фурму или кислородно-топливные горелки. Кислород можно вводить в расплав стали с помощью специальных форсунок на поде или боковых стенках ЭДП.. В качестве топлива используют природный газ и нефть.

Неорганизованные выбросы с загрузки металлолома, кислородного дутья, слива, транспортировки горячего металла и погрузки/разгрузки шлака обычно собирают с помощью местной системы вытяжки, а пыль улавливают на тканевых фильтрах. Выбросы частиц в небольших количествах обусловлены металлургическими процессами в ковше и при вакуумном удалении газов, их необходимо собирать и направлять на очистку с помощью тканевых фильтров.

В процессе удаления газов может образовываться некоторое количество сточных вод. К основным твердым отходам относятся стальная настывль, шлак и отработанные огнеупоры. Прочие твердые отходы включают осадок очистки сточных вод и пыль из сухих пылеуловителей. Пыль может содержать диоксины и фураны за счет использования большей частью внешнего (грязного) металлолома. Стальная настывль используется повторно, шлак измельчают и просеивают для повторного

использования или продажи, а другие твердые отходы используют повторно, если это возможно, или размещают на полигонах. ЭДП потребляет много электроэнергии.

Технология мартеновской печи, также известная как процесс Сименса–Мартена, устарела и больше не считается приемлемой отраслевой практикой. Она снижает качество стали и оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду.

Прямое восстановление

В процессе прямого восстановления кусковатые окатыши оксида железа и кусковатая железная руда восстанавливаются (удаляется кислород) в металлическое железо в твердом состоянии с помощью восстановительного газа. Температура процесса ниже 1000°C. Получают твердый продукт, называемый железом прямого восстановления (DRI). Этот процесс обладает рядом преимуществ с экологической точки зрения, в основном, потому что он допускает применение окатанной или кусковатой руды, однако этот процесс главным образом используют для специальных сортов стали или при наличии доступного по цене природного газа.

Разливка, прокатка и отделка

Дальнейшая обработка стали включает разливку, горячую прокатку, штамповку, травление, холодную прокатку, волочение проволоки и нанесение покрытия. Процесс непрерывного литья позволяет обойтись без нескольких стадий традиционного процесса получения слитков благодаря прямому литью стали в слябы или биллеты, что обычно позволяет увеличить выход на 10–12%. Размер и форму горячей стали изменяют с помощью последовательных стадий горячей прокатки и штамповки для получения заготовок и готовой стальной продукции.

³⁷ EC BREF (2001) on the Production of Iron and Steel.

После внепечной металлургии расплав стали подается на так называемое промежуточное разливочное устройство машины непрерывной разливки. Это – промежуточный ковш с регулируемым выходом. Перед подачей загрузки расплава стали ковши подогревают, чтобы избежать температурной стратификации в разливочном устройстве. Когда сталь приобретет нужную температуру, ее переливают в разливочное устройство. Из разливочного устройства она попадает в короткую медную форму с водяным охлаждением, в которой отсутствует воздух и которая совершает колебательные движения, чтобы сталь не прилипла. Эта форма придает металлу нужную форму. Когда металл выходит из литейной формы, на нем уже образовалась корка отвержденной стали, и множество валков переводят стальное литье в горизонтальное положение по пологой траектории. В этот момент непрерывная отливка режется на части с помощью газового резака. Таким способом отливают слябы, блюмы и биллеты.

При разливе в слитки расплав стали выливают в литейные формы. После охлаждения слиток вынимают из литейной формы и подают на прокатный стан. Затем после подогрева слитки раскатывают в слябы, блюмы или биллеты. Литье в слитки сегодня большей частью заменено непрерывной разливкой, исключая изделия, для которых требуется литье в слитки для обеспечения необходимого качества (например, при производстве тяжелых заготовок дляковки).

Процесс горячей прокатки включает нагревание сляба (а также биллетов и блюмов), прокатку и штамповку. Разные типы устройств горячей штамповки (для начальной штамповки, секционные, для листов, труб и трубок, проволоки, арматурного прутка и профиля) позволяют получать разнообразную стальную продукцию. Длинные изделия изготавливают путем горячей прокатки биллетов в

арматурные стержни или подают на дальнейшую прокатку и вытяжку в катанку, иногда с нанесением покрытия. Для подготовки стали к холодной прокатке или вытяжке проводят кислотное травление (водными растворами неорганических кислот с серной или соляной кислотой), чтобы химически удалить оксиды и окалину с поверхности стали. Другими методами удаления окалины являются солевое травление и электролитическое травление.

После горячей прокатки следует холодная прокатка для изготовления тонкой полосы или полосы с высококачественной финишной обработкой. Для получения высокого качества обработки поверхности и защиты от перегрева используют эмульгированные в воде смазочные материалы. Для охлаждения и создания требуемых свойств используют водяную, масляную или свинцовую ванны.

При подаче расплава стали в форму и при резке продукта на заданную длину с помощью кислородно-топливной горелки происходят выбросы в атмосферу ТЧ и металлов. Выбросы в атмосферу с горячей штамповки включают газы, образующиеся при сгорании топлива в нагревательных печах, и ЛОС из масел для прокатки и смазки. Другие существенные выбросы в атмосферу содержат аэрозоли кислот с операций кислотного травления и с установки регенерации кислот, если такая регенерация кислот применяется. Сточные воды образуются при охлаждении горячего металла и содержат частицы окалины и нефтепродукты, которые поступают в процессе очистки горячей стали от окалины с помощью воды высокого давления, а также взвешенные твердые частицы и нефтесмазочные материалы. Основными источниками сбросов сточных вод служат: промывочная вода кислотного травления, скруббер очистки кислотных паров, скруббер воздухоочистки установки регенерации кислоты и щелочная

очистка. Твердые отходы образуются при резке стали, но они обычно повторно используются на данной установке.

Рисунок А.1. Полный цикл процесса

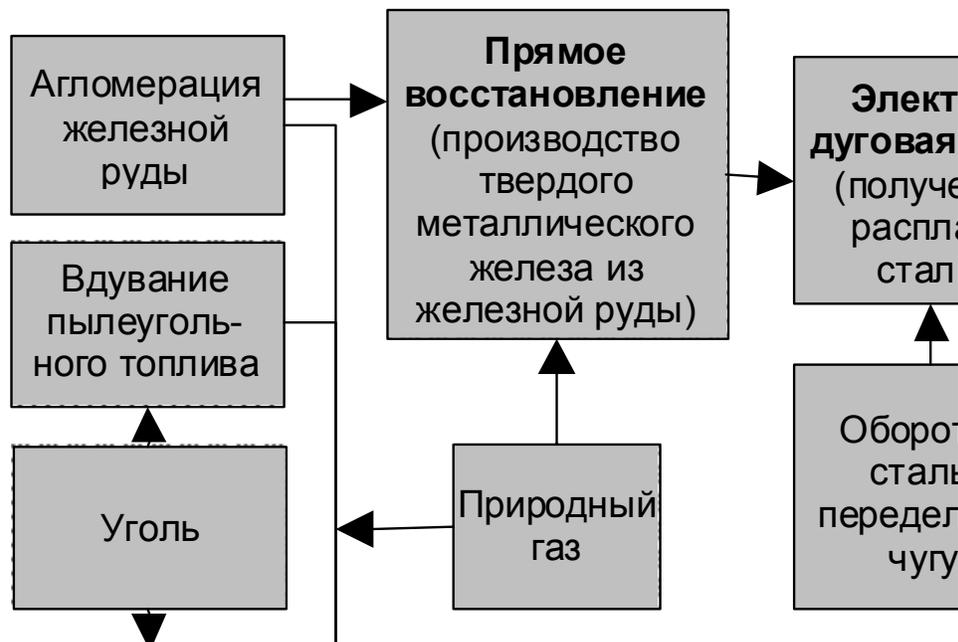
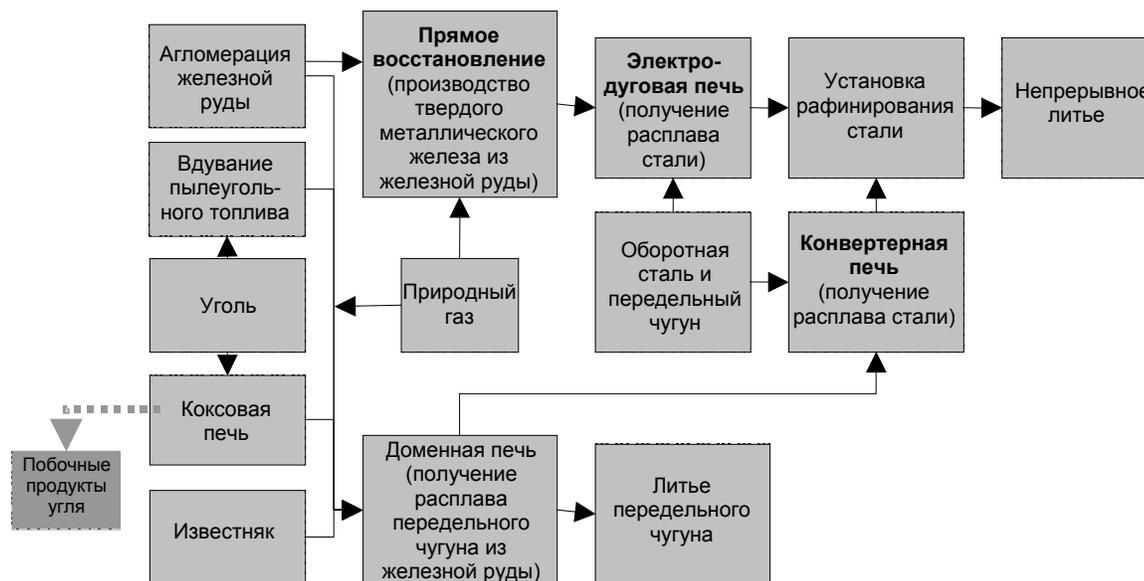


Рисунок А.1 Полный цикл процесса производства стали



Источник: По данным Американского института чугуна и стали (AISI).

Рисунок А.2. Финишная обработка в полном цикле производства стали

