

# Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для литейного производства

## Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)<sup>1</sup> 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>

<sup>1</sup> 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.

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 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 литейного производства содержит информацию, относящуюся к объектам и сооружениям по литью черных металлов (чугуна и стали) и цветных металлов (в первую очередь, алюминия, меди, цинка, свинца, олова, никеля, магния и титана). При литье в цветные металлы добавляют другие цветные металлы либо более сорока других элементов для получения широкого ассортимента цветных сплавов. Это руководство касается вопросов литья в песчаные формы, включая подготовку и регенерацию формовочной смеси и кокильное литье алюминия, цинка и магния высокого и низкого давления. В дополнение к этим технологическим процессам в этом документе рассматривается технология Disamatic (DISA). Здесь не рассматривается дальнейшая переработка полуфабриката. Данный документ включает следующие разделы.

Раздел 1.0	–	Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними
Раздел 2.0	–	Показатели эффективности и мониторинг
Раздел 3.0	–	Справочная литература и дополнительные источники информации
Приложение А	–	Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

## 1.0 Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними

В приведенном ниже разделе в краткой форме изложены проблемы ОСЗТ, связанные с литейным производством, которые возникают на стадии эксплуатации, а также рекомендации по их решению. В **Общем руководстве по ОСЗТ** приведены рекомендации по решению проблем ОСЗТ, общих для большинства крупных промышленных предприятий на стадии строительства и вывода из эксплуатации.

### 1.1 Охрана окружающей среды

Проблемы охраны окружающей среды в этой отрасли производства, в первую очередь, связаны со следующим.

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

#### Выбросы в атмосферу

##### *Пыль и твердые частицы*

Пыль и твердые частицы возникают в той или иной степени на каждой стадии технологического процесса и состоят из минеральных оксидов, металлов (главным образом марганца и свинца) и оксидов металлов. Пыль выделяется при термических (например, плавильная печь) и физико-химических технологических процессах – например, формование и производство стержня, а также при механических действиях, таких, как погрузка/разгрузка сырья, в основном песка, а также процессы выбивки отливки и доводки.

Рекомендуемые меры по предотвращению и снижению неорганизованных выбросов пыли включают следующее:

- использование пневматических конвейерных систем, в частности, для транспортировки и подачи присадок на производственный участок;
- использование закрытых конвейеров с подавлением пыли в пунктах погрузки/разгрузки, особенно для подачи песка в формовочный цех;
- очистку возвратной ленты в системе ленточных конвейеров для удаления сухой грязи;
- использование складов для штабелей в помещениях или под крышей, а когда неизбежно открытое хранение, использование системы распыления воды, средств пылеподавления, ветрозащитных приспособлений и других методов штабельного хранения;
- использование закрытых бункеров для хранения насыпных порошковых материалов;
- проведение регулярного технического обслуживания установки и поддержание чистоты и порядка для сведения к минимуму небольших утечек и разливов.

В процессе плавления выбросы твердых частиц (ТЧ) в виде пыли, частиц металла и паров оксидов металла меняются в зависимости от типа печи, топлива, расплавляемого металла и характеристик плавки. Вагранки выбрасывают самые значительные количества твердых частиц (например, кокса, летучей золы, кремнезема, ржавчины и известняка). Электродуговые печи (ЭДП) также служат источником значительных количеств ТЧ при загрузке, в начале плавки, во время кислородного дутья и на стадии обезуглероживания. Другие типы плавильных печей обеспечивают более низкие выбросы, особенно индукционные электропечи. Выбросы при загрузке металла для плавки колеблются от незначительных величин для

определенных цветных металлов до 10 кг/т и выше при плавке чугуна в вагранке<sup>2</sup>.

Рекомендуются следующие методы, позволяющие предотвращать загрязнение:

- Использование, по возможности, индукционных электропечей;
- Применение мартеновских печей больше не считается надлежащим методом производства для плавки стали, и его следует избегать;
- Необходимо избегать использования традиционной технологии вагранок. При использовании вагранок следует применять усовершенствованные технологии для повышения энергетической эффективности печи и уменьшения загрузки кокса, в том числе:
  - использование кислородного дутья или обогащение кислородом воздушного дутья;
  - перегрев воздуха дутья в вагранках на горячем дутье;
  - использование бескоксовых вагранок, в которых металлическая шихта нагревается с помощью сжигания природного газа;
- использование в плавильных печах технологий, которые позволяют снизить потребление энергии (например, установка кислородотопливных горелок, создание пенности шлака в ЭДП или кислородное дутье, если это применимо);
- установку вытяжных колпаков для отходящих газов вагранок, кожухов с вытяжными зонтами для электродуговых печей (ЭДП) и вытяжных крышек для электроиндукционных печей с целью снижения

<sup>2</sup> Европейская комиссия. 2005. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения (IPPC). Справочная документация по технологии BAT (BREF) в кузнечном и литейном производстве. (European Commission. 2005. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). BAT Techniques Reference (BREF) Document on the Smitheries and Foundries Industry).

неорганизованных выбросов. Установка подходящих систем колпаков для печей обеспечивает улавливание до 98% пыли от печи<sup>3</sup>;

- использование технологий борьбы с пылью обычно включает установку рукавных фильтров и циклонов для снижения выбросов пыли в процессе плавки. Для улавливания водорастворимых веществ (таких как диоксид серы (SO<sub>2</sub>) и хлориды) можно использовать мокрые скрубберы. Использование циклонов для предварительной обработки и применение рукавных фильтров обычно позволяет снижать уровень выбросов до 10 мг/Нм<sup>3</sup> и ниже<sup>4</sup>.

Использование большого количества песка при литье в кокиль приводит к потерям и выбросам пыли на разных стадиях литья, способствуя образованию неметаллических твердых частиц, частиц оксидов металлов и металлического железа. Неметаллические твердые частицы выбрасываются при литье, выбивке и доводке.

Рекомендуются следующие методы предотвращения и контроля выброса твердых частиц при литье и отливке в кокиль:

- использование сухой технологии пылеудаления (например, рукавные фильтры и циклоны) вместо мокрых скрубберов, особенно на предприятии приготовления сырой формовочной смеси. Сухие методики дают возможность легко удалять пыль, транспортировать ее и снова направлять в процесс приготовления формовочной смеси, что позволяет избежать стоков от мокрых скрубберов;
- использование фильтров на выбросе вытяжки, особенно в литейных цехах и цехах доводки;

- использование вакуумного пылеудаления в формовочном и литейном цехах;
- установка агрегатов пылеудаления с замкнутым циклом на производственных участках.

### *Оксиды азота*

Выброс оксидов азота (NO<sub>x</sub>) вызван высокой температурой печи и окислением азота. Методы предотвращения и контроля образования NO<sub>x</sub> рассмотрены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Снижения выбросов можно добиться путем изменения основного технологического процесса и вторичной технологии очистки в месте выброса. Методы предотвращения и контроля загрязнения включают в себя следующее:

- минимизацию соотношения "воздух / топливо" в процессе сжигания;
- использование обогащения кислородом в процессе сжигания;
- использование, по возможности, горелок с низким выходом NO<sub>x</sub> в топливосжигающих печах;
- введение вторичного контроля (в основном для вагранок, ЭДП и вращающихся печей), при необходимости, с помощью устройств для каталитического сжигания<sup>5</sup>.

### *Оксиды серы*

Присутствие оксидов серы (SO<sub>x</sub>) в отходящих газах из плавильных печей зависит от содержания серы в топливе и технологическом коксе. Выбросы диоксида серы (SO<sub>2</sub>) происходят в газах, отходящих от вагранок и вращающихся печей. К другим источникам выбросов относятся процессы закалки газовым пламенем при производстве форм и

<sup>3</sup> EC BREF (2005).

<sup>4</sup> Там же.

<sup>5</sup> Там же.

стержней с химически связанным песком и при плавке магния (Mg).

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и борьбы с ним для снижения выбросов SO<sub>2</sub> включают следующее:

- выбор сырья и металлолома с низким содержанием серы;
- использование топлива с низким содержанием серы, например природного газа;
- установку газовых мокрых скрубберов перед сухими скрубберами в рамках специализированной системы сбора пыли и пылеудаления.

### *Монооксид углерода*

Наиболее значительным источником монооксида углерода (CO) служат отходящие газы от вагранок и ЭДП. Присутствие CO в отходящих газах из вагранок определяется самим ваграночным процессом. В ЭДП CO образуется в результате окисления графитовых электродов и углерода из металлической ванны на стадии плавки и рафинирования. Монооксид углерода также выбрасывается, когда песчаные формы и стержни входят в контакт с расплавом металла в процессе разлива металла.

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и борьбы с ним для снижения выбросов CO включают следующее:

- использование электроиндукционных печей;
- повышение тепловой эффективности технологического процесса (например, введение кислородного дутья или кислородотопливных горелок в вагранках);
- использование в ЭДП технологии вспененного шлака;

- использование камер дожигания в установках пылеудаления из отходящих газов вагранок и ЭДП;
- герметизацию линий разлива металла с установкой приданных вытяжных вентиляторов.

### *Хлориды и фториды*

Хлориды и фториды присутствуют в малых количествах в отходящих газах из плавильных печей и образуются из флюса. Предотвращение и снижение выбросов хлоридов и фторидов следует проводить на стадии сухого пылеудаления или в процессе использования технологии мокрых скрубберов, устанавливаемых для борьбы с выбросами твердых частиц и оксида серы.

### *Летучие органические вещества (ЛОС) и другие опасные вещества, загрязняющие атмосферу*

Выбросы ЛОС, состоящие в основном из растворителей (например, ВТЕХ – бензол, толуол, этилбензол и ксилолы) и других органических веществ (например, фенолы и формальдегид) в первую очередь образуются при использовании смол, органических растворителей или покрытий на органической основе при изготовлении форм и стержней. Выбросы вредных органических веществ, загрязняющих воздух, могут также происходить при разливе, охлаждении и выбивке из сырых или самоотверждающихся литейных форм в результате термического разложения органических веществ (углеродсодержащих присадок, присутствующих в сырых литейных формах и различных связующих для стержней)<sup>6</sup>.

При изготовлении стержней в холодных ящиках с использованием органических растворителей выбросы ЛОС могут осуществляться в процессе производства и хранения стержней. Самую значительную часть выбросов составляют амины, которые могут представлять опасность в связи с их

<sup>6</sup> EC BREF (2005).

низким порогом обнаружения запаха и одновременно относительно низким пределом допустимого воздействия. Выбросы потенциально вредных загрязнителей атмосферы происходят при использовании систем химических связующих в процессе затвердевания, нанесения покрытия и сушки. К таким веществам относятся формальдегид, метилendifенил диизоцианат (MDI), изопропиловый спирт, фенол, амины (например, триэтиламин), метанол, бензол, толуол, крезол и крезоловая кислота, нафталин и другие полициклические органические соединения, а также цианиды.

Рекомендуемые методы предотвращения и снижения загрязнения ЛОС и другими опасными загрязнителями атмосферы включают в себя следующее<sup>7</sup>:

- сведение к минимуму использования связующих и смол за счет оптимизации управления технологическим процессом и применения материалов в операциях смешивания и за счет регулирования температуры;
- оптимизацию регулирования температуры при производстве стержней;
- замену покрытий на основе спирта (например, изопропилового спирта) покрытиями на водной основе;
- использование неароматических растворителей (например, метиловых эфиров растительных масел или силикатных эфиров) при производстве стержней в ящике;
- сведение к минимуму использования отверждающих газов для получаемых в холодном ящике связующих;
- герметизацию формовочных машин и машин для производства стержней, а также участков временного хранения стержней;

- использование систем холодного ящика (например, поглощение на активированном угле, сжигание, химическая очистка в скруббере или биологическое фильтрование) для переработки отходящих аминов;
- использование систем сбора (например, вытяжных зонтов) для удаления ЛОС, образующихся при приготовлении химически связанного песка, в дополнение к разливке, охлаждению и выбивке. Использование, по мере необходимости, поглощения на активированном угле, каталитического окисления и обработки с помощью биологического фильтрования.

#### *Диоксины и фураны<sup>8</sup>*

- Выбросы полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов (диоксины и фураны, или ПХДД/ПХДФ) могут происходить в процессе плавки. При литье черных металлов диоксины могут образовываться в вагранках, ЭДП и вращающихся печах. ПХДД/ПХДФ могут возникать, когда в металлургическом процессе при определенном уровне температуры одновременно присутствуют хлоридные ионы, хлорированные соединения, органический углерод, катализаторы, кислород. Риск образования диоксинов при литье цветных металлов очень невелик.

Основные методы предотвращения выбросов диоксинов на стадии плавки сводятся к дожиганию отходящих печных газов при температуре около 1200°C и обеспечению максимального времени удерживания при этой температуре. Процесс заканчивается быстрым охлаждением, чтобы свести к минимуму время для вторичного образования диоксинов в соответствующем температурном диапазоне. К другим рекомендуемым мерам относятся следующие:

<sup>7</sup> Там же.

<sup>8</sup> EC BREF (2005).

- использование для плавки чистого металлолома;
- добавление порошковых присадок (например, активированного угля) в поток газа для поглощения диоксинов и удаление пыли с помощью фильтрования через тканевые фильтры;
- установка тканевых фильтров с системой каталитического окисления.

### *Металлы*

Выбросы металлов следует держать под контролем в процессах плавки и литья. Выбросы металлов могут возникать в результате испарения и конденсации металла во время разлива расплава металла в формы. При литье черных металлов частицы могут содержать тяжелые металлы, такие как цинк (в основном при использовании оцинкованного стального лома), кадмий, свинец (например, из окрашенного металлолома), никель и хром (последние два металла выделяются при разливе легированных сталей) в зависимости от производимой марки стали и используемого металлолома.

При производстве цветных металлов твердые частицы могут содержать медь, алюминий, свинец, олово и цинк. Присутствие металлов в выбросах твердых частиц оказывается особенно существенным при получении сплавов и при введении присадок. Например, добавление магния к расплаву металла для получения ковкого чугуна может приводить к химической реакции с выделением оксида магния и паров металла.

Для борьбы с выбросами твердых частиц металла следует использовать высокоэффективные методы удаления пыли (описанные в разделе "Пыль и твердые частицы" настоящего руководства). С выбросами газообразных металлов следует бороться с помощью установки сухих и

полусухих скрубберов в сочетании с методами удаления пыли.

### *Парниковые газы (ПГ)*

Процесс литья требует больших затрат энергии и приводит к существенным выбросам диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), связанным в первую очередь со сжиганием топлива. Основная доля энергии расходуется на процесс плавки (40–60% от общей расходуемой энергии). Подача энергии для литья колеблется в пределах от 500 до 1200 кВт·ч/т загрузки металла для черных металлов и от 400 до 1200 кВт·ч/т загрузки алюминия.

Рекомендуемые методы предотвращения выбросов диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и борьбы с ними включают следующее<sup>9</sup>:

- замена традиционных вагранок электроиндукционными, бескоксowymi вагранками или вагранками с кислородным дутьем. Использование среднечастотной мощности в электроиндукционных печах;
- ограничение потребления энергии и увеличение энергетической эффективности с помощью первичных мер, включая приведенные ниже, но не ограничиваясь ими:
  - достаточной теплоизоляции поверхности для ограничения рассеяния тепла;
  - достижения надлежащего соотношения "воздух / топливо" со снижением избытка O<sub>2</sub>;
  - установки систем рекуперации тепла;
  - использования тепла отходящих газов с помощью подходящих теплообменников для производства горячей воды, горячего воздуха и/или пара;

<sup>9</sup> Там же.

- использование наилучшей имеющейся технологии сжигания (например, обогащение кислородом воздушного дутья, предварительный подогрев загрузки и автоматическое регулирование параметров сжигания);
- осуществление требуемого регламента эксплуатации и технического обслуживания оборудования и исключение частичной загрузки оборудования;
- подогрев металлолома перед его использованием;
- снижение расхода топлива на подогрев ковша и термическую обработку расплава металла с помощью введения рекуперации газа и/или регулирования сжигания;
- выбор топлива с низким отношением содержания углерода к теплотворной способности (например, природного газа [CH<sub>4</sub>]). Выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании CH<sub>4</sub> приблизительно на 60% меньше, чем выбросы из каменного угля или нефтяного кокса;
- дополнительные данные о борьбе с парниковыми газами обсуждаются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## Твердые отходы

К твердым отходам относятся отработанный песок, шлак от сероочистки и плавки, пыль, собранная в системах снижения токсичности выбросов, отходы огнеупоров, а также жидкость и отстой из скрубберов (см. раздел "Сточные воды" настоящего руководства).

Общие методы обращения с отходами, возникающими в литейном производстве, включают в себя выбор, проектирование и строительство участков хранения металла, пыли, получаемой при очистке фильтров, отходов огнеупоров, шлака и отработанного песка с должным учетом геологических и гидрогеологических условий, чтобы избежать возможного загрязнения за счет выноса тяжелых металлов. Места погрузки/разгрузки и участки хранения

реагентов (например, смол и связующих) должны быть спроектированы так, чтобы сводить к минимуму риск их разлива. Дополнительные инструкции по обращению с твердыми и опасными отходами и опасными материалами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## Отработанный песок

Отработанный песок с литейного производства, в котором используют песчаные формы, составляет существенную часть совокупного объема отходов. Песок для форм и стержней составляет от 65 до 80% от общего количества отходов литейного производства черных металлов<sup>10</sup>. Химически связанный песок для получения стержней или оболочковых форм трудно эффективно использовать вторично, и его обычно направляют в отходы после первого использования. Отходы песка при литье латуни и бронзы часто бывают опасными, и удалять их необходимо соответствующим образом.

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения отходами песка и борьбы с ним включают следующее<sup>11</sup>:

- максимальное вторичное использование песка на предприятии;
  - следует рассмотреть возможность внешнего вторичного использования отработанного песка (например, в качестве материала для бетона и дорожного покрытия и для производства кирпича, бетонной отсыпки и строительной засыпки);
  - сырую формовочную смесь следует вторично использовать после отделения ее от металлической отливки и регенерации. Метод

<sup>10</sup> Отдел контроля выполнения норм Управления по охране окружающей среды США. 1998. Проект описания по секторам: характеристики отрасли металлического литья. (US EPA Office of Compliance. 1998. Sector Note Book Project: Profile of the Metal Casting Industry).

<sup>11</sup> Там же.

регенерации песка состоит из первичной, например, с помощью вибрации, ротационного барабана и дробеструйной обработки и вторичной регенерации, например, переработка песка для удаления остаточного связующего, а также холодная механическая и термическая обработка либо обработка в мокром скруббере. Для восстановления химически связанного песка используют установки термической обработки.

### *Пыль из очистного оборудования*

Пыль из оборудования для борьбы с выбросами может содержать цинк, свинец, никель, кадмий, медь, алюминий, олово, хром и другие металлы, и ее можно считать опасными отходами. Пыль из оборудования для борьбы с выбросами в литейном производстве цветных металлов часто содержит достаточно большие количества металлов, поэтому выделение этих металлов является экономически выгодным. Пыль из фильтров следует в максимальной возможной степени направлять обратно в печь. Это позволяет с помощью вторичной переработки пыли выделять металлы и сводит к минимуму размещение пыли на полигонах.

### *Отходы шлака*

Отходы шлака обычно имеют сложный химический состав и содержат разнообразные загрязняющие вещества из металлолома. Они могут составлять около 25% массы твердых отходов с литейного производства. К обычным составляющим шлака относятся оксиды металлов, расплавленные огнеупоры, песок и зола кокса (при использовании кокса). Для облегчения выемки шлака из печи могут добавляться флюсы. Шлак может быть опасным,

если он содержит свинец, кадмий или хром из расплава стали или цветных металлов<sup>12</sup>.

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения отходами шлака и борьбы с ним включают следующее:

- необходимо сводить к минимуму производство шлака с помощью следующих мер по оптимизации технологического процесса:
  - сортировка металлолома повышает качество металла и снижает возможность образования и выброса загрязненного шлака. Металлолом электронного оборудования, окрашенный металлолом и металлолом отработавших свой срок автомобилей может оказаться источником загрязнения, и его следует тщательно осматривать и сортировать;
  - снижение температуры плавки металла;
  - оптимизация использования флюсов и огнеупорного покрытия;
- необходимо вторично использовать шлак и извлекать из него ценные металлы. К вариантам вторичного применения могут, в зависимости от характеристик шлака, относиться: производство блоков, использование в качестве материала дорожного основания и крупного заполнителя.

### *Переработка шлама*

Шлам от очистки сточных вод может содержать тяжелые металлы (например, хром, свинец, цинк и никель), а также нефтесмазочные материалы. Небольшую часть шлама от очистки сточных вод можно вторично использовать внутри предприятия, однако большую его часть направляют для

<sup>12</sup> Отдел контроля выполнения норм Управления по охране окружающей среды США. 1998. Проект описания по секторам: характеристики отрасли металлического литья. (US EPA Office of Compliance. 1998. Sector Note Book Project: Profile of the Metal Casting Industry).

захоронения на полигонах. Из него могут в существенных количествах выноситься металлы, и это необходимо учитывать при разработке варианта вторичного использования, а также при принятии решений в отношении применяемых изоляционных покрытий для полигонов и профилактических мероприятий по предотвращению выноса опасных веществ. Для вторичного использования шлама может потребоваться его предварительная обработка, которая обычно состоит в прессовании, сушке и гранулировании. Рекомендуемые методы обращения с вредным шламом описаны в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

### *Отходы вывода из эксплуатации*

К характерным для отрасли вопросам охраны окружающей среды, возникающим при выводе производства из эксплуатации, относятся: погрузка/разгрузка и удаление теплоизоляционных материалов, содержащих асбест, и загрязнение почвы и подземных вод на участках хранения в штабелях каменного угля и сырья. Вредное воздействие следует предотвращать путем принятия надежных мер охраны окружающей среды, описанных в настоящем руководстве. Инструкции по решению возникших в прошлом проблем, которые привели к поверхностному загрязнению и загрязнению подземных вод, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## **Сточные воды**

### *Технологические сточные воды*

Самые большие количества воды используются в литейном производстве в системах охлаждения электрических печей (индукционных и дуговых), вагранок и в мокрых системах пылеудаления. На большинстве литейных предприятий мероприятия по рациональному использованию воды предусматривают ее повторное использование, что

приводит к минимальному объему стоков. Применение мокрых методов пылеудаления может увеличить использование воды и создать соответствующие проблемы при ее последующей очистке и удалении. При производстве стержней промывные растворы, сбрасываемые от холодных и горячих стержневых ящиков, содержат биологически разлагающиеся амины и фенолы. В процессе литья под давлением возникает поток сточных вод, требующий переработки для удаления органических веществ (например, фенола, масел) перед его сбросом. Если форму охлаждают водой, могут образовываться сточные воды с содержанием металлов и взвешенных твердых частиц. Сточные воды с взвешенными и растворенными твердыми частицами и низким pH образуются также при использовании растворимых соляных стержней. Сточные воды могут возникать при определенных операциях доводки, таких как закалка и зачистка, и они могут содержать в больших количествах масла и взвешенные твердые частицы<sup>13</sup>.

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения стоками с литейных производств включают в себя следующее:

- установку замкнутых контуров для охлаждающей воды, чтобы снизить потребление и сброс воды;
- вторичное использование галтовочной жидкости с помощью удаления из неё взвешенных веществ осаждением либо центрифугированием с последующим фильтрованием;
- хранение металлолома и других материалов (например, угля и кокса) на закрытых и/или

<sup>13</sup> Отдел контроля выполнения норм Управления по охране окружающей среды США. 1998. Проект описания по секторам: характеристики отрасли производства металлического литья. (US EPA Office of Compliance. 1998. Sector Note Book Project: Profile of the Metal Casting Industry).

защищенных от утечек площадках, чтобы ограничить загрязнение ливневых стоков и облегчить сбор дренажных стоков.

### *Очистка технологических сточных вод*

Методы очистки сточных вод с промышленных технологических процессов в этой отрасли включают отдельный сбор в зависимости от источников их образования и предварительную очистку потоков сточных вод для снижения содержания в них тяжелых металлов с помощью химического осаждения, коагуляции с флокуляцией и т. п. К типичным методам очистки сточных вод относятся: нефтеловушки; устройства сбора с поверхности или отделения нефтепродуктов и всплывающих взвешенных твердых веществ; фильтрование для отделения фильтруемой фракции взвешенных твердых веществ; усреднение стоков по объему и составу; осаждение для снижения содержания взвешенных твердых частиц при использовании осветлителей; обезвоживание и размещение отходов очистки на специальных полигонах, предназначенных для захоронения опасных отходов. Могут потребоваться дополнительные меры для i) дополнительного удаления металлов с помощью фильтрования через мембрану или с помощью других физико-химических методов очистки, ii) удаления стойких органических веществ с помощью активированного угля или интенсивного химического окисления, iii) удаления химических или биогенных веществ с целью снижения содержания азота и для iv) снижения токсичности стоков с помощью надлежащей технологии (например, обратного осмоса, ионного обмена, активированного угля и т. п.).

Обращение с промышленными сточными водами и примеры подходов к их очистке обсуждаются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Использование этих технологий и передовых практических методов обращения со сточными

водами позволит предприятиям обеспечить соответствие сбросов сточных вод нормативным показателям, приведенным для данной отрасли промышленности в соответствующих таблицах раздела 2 настоящего документа.

### *Прочие виды сточных вод и потребление воды*

Инструкции по обращению с незагрязненными сточными водами из вспомогательных систем, незагрязненными ливневыми стоками и бытовой канализацией приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Загрязненные потоки необходимо направлять в систему очистки технологических сточных вод. Рекомендации по снижению потребления воды, особенно при ограниченности ее природных ресурсов, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Ливневые стоки с участков открытого хранения угля могут быть загрязнены сильноокислотным фильтратом, содержащим полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и тяжелые металлы. Специальные рекомендации для отрасли включают следующее:

- мощение технологических участков, разделение загрязненных и незагрязненных ливневых стоков, а также реализацию плана борьбы с разливами. Направление ливневых стоков с технологических участков в установку очистки сточных вод;
- проектирование систем сбора фильтрата и расположения площадок для хранения угля так, чтобы предотвратить их воздействие на почву и водные ресурсы. Участки хранения угля в штабеле должны быть замощены, чтобы отделить ливневые стоки, которые могут быть загрязнены, и направить их для предварительной очистки и очистки в установке для очистки сточных вод.

## Шум

В процессе литейного производства присутствуют разнообразные источники шума, включая погрузку/разгрузку металлолома, загрузку печи и плавку в ЭДП, топливные горелки, выбивку и дробеструйную обработку форм и стержней, а также системы транспортировки и вентиляции. Рекомендуемые методы борьбы с шумом включают следующее:

- ограждение производственных зданий и/или их звукоизоляция;
- обеспечение укрытия и ограждения участков хранения и погрузки/разгрузки металлолома, а также процессов выбивки и обрубки отливок;
- ограждение вентиляторов, изоляцию вентиляционных труб и использование заслонок;
- введение мер по борьбе с шумом, включая ограничение погрузки/разгрузки и транспортировки металлолома в ночное время.

Меры по борьбе с шумом должны обеспечить уровень фонового шума, указанный в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## 1.2 Охрана труда и техника безопасности

Проблемы охраны труда и техники безопасности во время строительства, эксплуатации, технического обслуживания и вывода из эксплуатации литейных предприятий характерны для большинства крупных промышленных предприятий; их профилактика, а также методы их решения обсуждаются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Кроме того, в литейном производстве могут возникать приведенные ниже проблемы охраны труда и техники безопасности:

- Источники физической опасности
- Излучение
- Опасные для дыхательной системы факторы
- Опасность поражения электрическим током
- Шум
- Опасные факторы, связанные с захоронением отходов
- Пожары и взрывы

### Источники физической опасности

Рекомендации по профилактике и решению проблем, связанных с источниками физической опасности, представлены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Ниже рассмотрены характерные для данной отрасли источники физической опасности.

Источники физической опасности при литейном производстве могут быть связаны с погрузкой/разгрузкой больших объемов тяжелых и горячих сырьевых материалов и продуктов (например, при завалке печи). К таким источникам относятся несчастные случаи с участием тяжелых механических транспортных устройств (например, поездов, грузовых автомобилей и вилочных погрузчиков), травмы при шлифовке и резке (например, ранение кусками металлолома, выброшенным металлорежущим инструментом) и травмы при падении с высоты (например, с высоких платформ, трапов и лестниц).

### *Подъем и перемещение тяжелых грузов*

Подъем и перемещение тяжелых грузов на высоте с помощью гидравлических платформ и подъемных кранов представляют большую опасность на литейном производстве. Рекомендуемые меры для предотвращения

возможных травм работников и борьбы с травматизмом включают в себя следующее:

- установку ясно различимых предупреждающих знаков во всех транспортных коридорах и на рабочих участках;
- надлежащее проектирование и расположение оборудования, предотвращающее пересечение разных операций и технологических линий;
- введение специальных процедур погрузки/разгрузки и подъема грузов, включая следующее:
- описание поднимаемых грузов (габаритные размеры, вес, положение центра тяжести);
- определение схемы крепления стропов и параметров прочности;
- обучение персонала работе с грузоподъемным оборудованием и вождению автотранспортных средств;
- участок работы стационарного грузоподъемного оборудования (например, подъемных кранов, высотных платформ) не должен проходить над рабочими участками и участками предварительной сборки;
- соответствующую организацию и ограждение перевозки горячих жидкостей, а также цельнометаллических деталей;
- погрузка/разгрузка материалов и изделий должна проводиться в ограниченных зонах под надзором с учетом близлежащих электрических кабелей электрооборудования;
- необходимо проводить регулярное техническое обслуживание и ремонт грузоподъемного, электрического и транспортного оборудования.

### *Погрузка/разгрузка изделий*

Предотвращение травм и борьба с травматизмом в связи с погрузкой/разгрузкой, шлифованием и резкой, а также с

использованием металлолома, включают в себя следующее:

- расположение металлорежущих и металлообрабатывающих станков на безопасном расстоянии от других рабочих участков и переходов. Необходимо обеспечить отдельные, огражденные рабочие места, чтобы избежать несчастных случаев при обрубке отливок и использовании шлифовальных устройств;
- проведение регулярных проверок и ремонта металлорежущих и металлообрабатывающих станков, особенно защитных щитков и предохранительных устройств и оборудования;
- установку перильного ограждения вдоль подающих плит с блокирующимися затворами, которые открываются только при выключенном устройстве;
- обучение персонала правильному использованию металлорежущих и металлообрабатывающих станков и применению соответствующих средств индивидуальной защиты (СИЗ).

### *Нагрев и брызги горячих жидкостей*

Высокие температуры и непосредственное инфракрасное (ИК) облучение относятся к обычным опасным факторам на литейном производстве. Высокая температура может вызывать усталость и обезвоживание. Прямое ИК облучение создает также опасность для зрения. Контакт с горячим металлом или горячей водой может привести к тяжелым ожогам. К рекомендованным мерам по предотвращению и снижению воздействия тепла и горячих жидкостей и материалов относится следующее:

- Защитные экранирующие поверхности там, где возможен близкий контакт с горячим оборудованием или разбрызгивание горячих материалов (например,

- вагранки, ЭДП, индукционные литейные ковши и отливка);
- создание предохранительных буферных зон для отделения участков, на которых работают с горячими материалами и предметами либо временно хранят их. Вокруг этих участков следует установить перила ограждения с заблокированными входами, чтобы контролировать доступ к этим участкам во время работы;
  - использование необходимых СИЗ (например, теплозащитных перчаток и обуви, очков для защиты от ИК и ультрафиолетового излучения и одежды для защиты от теплового излучения);
  - введение более коротких смен для работы в высокотемпературной атмосфере. Введение регулярных перерывов в работе и обеспечение снабжения водой работников, занятых на горячих участках;
  - установку охлаждающей вентиляции для борьбы с очень высокими температурами.

## Излучение

Существует риск воздействия на работников гамма-излучения и другой ионизирующей радиации. Чтобы снизить риск такого воздействия, можно использовать приведенные ниже методики:

- с помощью экранированного коллиматора следует провести измерение гамма-излучения на контролируемом, ограниченном участке испытаний. На участке проведения испытаний не следует проводить никаких других работ;
- весь поступающий металлолом необходимо проверять на радиоактивность перед его использованием в качестве сырья;

- если участок находится около границ установки, следует рассмотреть возможность проведения ультразвуковых испытаний вместо использования гамма-излучения;
- следует проводить регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования для испытаний, включая защитные экраны.

## Опасные для дыхательной системы факторы

### *Теплоизоляционные материалы*

В литейном производстве широко используют теплоизоляционные материалы, и при работе с этими материалами во время строительства и технического обслуживания из них могут выделяться волокна, которые создают опасность профессиональных заболеваний. Асбест и другие минеральные волокна, которые раньше широко использовали на установках, подвергали людей риску вдыхания канцерогенных веществ. Чтобы ограничить выделение этих веществ, необходимо принимать соответствующие меры для каждого из материалов.

### *Пыль и газы*

Образующаяся на литейном производстве пыль содержит железную пыль и пыль других металлов, которая образуется в плавильном, литейном и доводочном цехах, а также древесную и песчаную пыль, которая образуется в формовочном цехе. В первом случае на работников воздействуют оксид железа и пыль кремнезема, которая может быть загрязнена тяжелыми металлами, включая хром (Cr), никель (Ni), свинец (Pb) и марганец (Mn). Присутствующая в плавильном и литейном цехах пыль образуется при высокотемпературных операциях, и тонкие твердые частицы и возможные металлургические пары создают серьезный риск профессиональных заболеваний. В формовочном цехе на работников воздействует песчаная пыль, которая может содержать тяжелые металлы, и

древесная пыль, которая может обладать канцерогенными свойствами, особенно при использовании древесины твердых пород.

Рекомендации по предотвращению воздействия газа и пыли включают в себя следующее:

- источники пыли и газов следует разделять и снабжать защитными кожухами;
- вентиляцию предприятия надлежит устраивать таким образом, чтобы получать максимальную циркуляцию воздуха. Выходящий воздух следует фильтровать перед его выбросом в атмосферу;
- в точечных источниках существенных выбросов пыли и газов, особенно в плавильном цеху, следует устанавливать вытяжную вентиляцию;
- использование автоматизированного оборудования, особенно в процессе зачистки;
- при необходимости операторов следует размещать в герметичных кабинах с кондиционированием воздуха;
- предоставление отдельных помещений для принятия пищи, обеспечивающих возможность мытья перед едой;
- предоставление помещений, позволяющих отделить рабочую одежду от личной одежды и принимать душ и мыться после работы и перед едой;
- проведение периодической диспансеризации персонала;
- использование техники борьбы с опасными факторами для дыхательной системы, если воздействия не удастся избежать другими способами, включая операции получения песчаных форм, ручные операции типа шлифования и использование неогражденных металлорежущих и металлообрабатывающих станков и

механизмов, а также при проведении определенных операций технического обслуживания и ремонта.

Рекомендации по защите дыхательной системы в себя включают следующее:

- использование дыхательных аппаратов с фильтром при воздействии тяжелой пыли (например, при зачистке);
- при воздействии легкой металлической пыли и газов следует применять дыхательные аппараты с подачей свежего воздуха. либо можно использовать газозащитную маску на все лицо (или шлем с "повышенным давлением"), оборудованную электрической вентиляцией;
- при воздействии монооксида углерода (CO) следует установить детекторное оборудование для предупреждения диспетчерской и местного персонала. В аварийном случае входа на участки с высоким уровнем CO работников необходимо обеспечивать индивидуальными детекторами CO и дыхательными аппаратами с подачей свежего воздуха.

## **Шум**

При погрузке/разгрузке сырья и готовой продукции (например, металлических отходов, листов, стержней), трамбовании песка, изготовлении деревянных моделей, зачистке и доводке может создаваться шум. Рекомендуемые меры для предотвращения и снижения уровня шума рассмотрены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## **Опасность поражения электрическим током**

Для работников может возникать опасность поражения электрическим током в связи с наличием на литейном производстве электрооборудования, рассчитанного на тяжелые условия эксплуатации. Рекомендации для предотвращения и снижения риска поражения

электрическим током приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

### **Попадание в ловушку**

Работники, готовящие песчаные формы, подвергаются риску попасть в ловушку при обрушении песка на участке хранения и во время операций технического обслуживания. Меры для предотвращения погребения под песком включают в себя выполнение требований к участкам хранения, описанных в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

### **Пожары и взрывы**

При работе с жидким металлом возникает риск взрыва, прорыва расплава и ожогов, особенно при захвате влаги в замкнутом пространстве и воздействии на нее расплава металла. Другая опасность связана с пожаром, вызываемым расплавом металла, за счет присутствия жидкого топлива и других горючих веществ. Кроме того, шлак чугунолитейного производства может обладать высокой химической активностью, если для обессеривания железа используют карбид кальция.

Ниже приведены рекомендуемые методы предотвращения пожара и взрыва и борьбы с ними:

- проектирование расположения оборудования, обеспечивающего достаточное разделение трубопроводов с горючим газом и трубопроводов для кислорода и установку резервуаров-хранилищ вдали от источников тепла;
- отделение горючих материалов и жидкостей от горячих участков и источников возгорания (например, электрических пультов);
- защита трубопроводов для горючих газов и кислорода и резервуаров во время "горячих работ" при проведении технического обслуживания;

- инструкции по обеспечению готовности к аварийным ситуациям и ликвидации их последствий приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## **1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения**

Проблемы воздействия на здоровье и безопасность местного населения во время строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации литейного производства, характерные для большинства промышленных предприятий, рассмотрены вместе с рекомендуемыми мерами по предотвращению и контролю опасных факторов в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## **2.0 Показатели эффективности и мониторинг**

### **2.1 Охрана окружающей среды**

#### **Нормативы выбросов и сбросов**

В таблицах 1 и 2 приведены нормативы выбросов и сбросов в данной отрасли. Рекомендованные нормативы технологических выбросов и сбросов 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 методик 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**.

Указания по стокам применимы к прямому сбросу очищенных стоков в поверхностные воды общего пользования. Возможно установление нормативов сбросов для конкретных производств 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 типа водопользования водоприемников, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Указанные нормативы 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 уровней рекомендованных нормативов с учетом конкретных местных условий проекта необходимо обосновать при проведении экологической оценки.

**Таблица 1. Уровни сбросов литейного производства**

Загрязняющее вещество	Единицы	Нормативное значение
рН	–	6–9
Общее содержание взвешенных твердых частиц	мг/л	35
Нефтепродукты	мг/л	10
Повышение температуры	°С	3 <sup>а</sup>
Химическое потребление кислорода	мг/л	125
Фенол	мг/л	1
Кадмий	мг/л	0,01
Хром (общее содержание)	мг/л	0,5
Медь	мг/л	0,5
Свинец	мг/л	0,2
Никель	мг/л	0,5
Цинк	мг/л	0,5
Олово	мг/л	2
Аммиак	мг/л (в пересчете на N)	5
Фториды	мг/л (в пересчете на F)	5
Железо	мг/л	5
Алюминий	кг/т	0,02 <sup>б</sup>
<b>ПРИМЕЧАНИЯ</b>		
<sup>а</sup> На границе научно установленной зоны смешивания с учетом качества воды водных объектов, типа водопользования водоприемника, возможных потребителей воды и ассимилирующей способности.		
<sup>б</sup> Выплавка и разливка алюминия.		

**Таблица 2. Уровни атмосферных выбросов литейного производства<sup>(1)</sup>**

Загрязняющее вещество	Единицы	Нормативное значение
Твердые частицы	мг/Нм <sup>3</sup>	20 <sup>(2)</sup>
		50 <sup>(3)</sup>
Масляный аэрозоль и туман	мг/Нм <sup>3</sup>	5
NO <sub>x</sub>	мг/Нм <sup>3</sup>	400 <sup>(4)</sup>
		120 <sup>(5)</sup>
		150 <sup>(6)</sup>
SO <sub>2</sub>	мг/Нм <sup>3</sup>	400 <sup>(8)</sup>
		50 <sup>(9)</sup>
		120 <sup>(7)</sup>
ЛОС	мг/Нм <sup>3</sup>	20 <sup>(10)</sup>
		30
		150 <sup>(11)</sup>
Полихлорированный и полифторированный дифенилдиоксин	нг токсического эквивалента/Нм <sup>3</sup>	0,1
СО	мг/Нм <sup>3</sup>	200 <sup>(12)</sup>
		150 <sup>(13)</sup>
Амины	мг/Нм <sup>3</sup>	5 <sup>(14)</sup>
Хлор	мг/Нм <sup>3</sup>	5 <sup>(15)</sup>
Pb, Cd и их соединения	мг/Нм <sup>3</sup>	1–2 <sup>(16)</sup>
Ni, Co, Cr, Sn и их соединения	мг/Нм <sup>3</sup>	5
Cu и её соединения	мг/Нм <sup>3</sup>	5–20 <sup>(17)</sup>
Хлориды	мг/Нм <sup>3</sup>	5 <sup>(18)</sup>
Фториды	мг/Нм <sup>3</sup>	5 <sup>(19)</sup>
H <sub>2</sub> S	млн <sup>-1</sup> об./об.	5
<b>ПРИМЕЧАНИЯ</b>		
1. Исходные условия для пределов. Для газов сгорания: сухие, температура 273 К (0 °С), давление 101,3 кПа (1 атм.), содержание кислорода 3% по сухому весу для жидких и газообразных топлив, 6% по сухому весу для твердых топлив. Для других газов: без поправки на пары воды и содержание кислорода, температура 273 К (0°С), давление 101,3 кПа (1 атм.).		
2. Выбросы твердых частиц при наличии токсичных металлов.		
3. Выбросы твердых частиц в отсутствие токсичных металлов.		
4. Плавка черных металлов. Максимальное содержание в выбросах для наилучшей разработанной технологии для бескоксовых вагранок.		
5. Плавка цветных металлов (шахтные печи).		
6. Из системы термического восстановления песка и с установок регенерации.		
7. Максимальное содержание в выбросах для наилучшей разработанной технологии для вагранок на холодном дутье.		
8. Плавка цветных металлов (шахтные печи)		
9. Плавка черных металлов (вагранки)		
10. Плавка цветных металлов (шахтные печи).		
11. Плавка черных металлов (ЭДП). Для вагранок уровень выбросов может быть выше (до 1 000 мг/Нм <sup>3</sup> ).		
12. Плавка цветных металлов (шахтные печи).		
13. Цех производства форм и стержней в холодном ящике.		

14. Плавка цветных металлов (алюминий).
15. Системы термического восстановления песка и операции с растворителями для нанесения, скалывания и крепления огнеупорной смеси для выплавляемых моделей.
16. Для литья цветных металлов из лома действуют более высокие значения.
17. Для процесса производства меди и ее сплавов действуют более высокие значения.
18. Выбросы из печей, в которых используют хлоридный флюс.
19. Выбросы из печей, в которых используют фторидный флюс.

### Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для этого отрасли следует выстраивать 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 каждой конкретной намечаемой деятельности.

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**.

## 2.2 Охрана труда и техника безопасности

### Указания по охране труда и технике безопасности

Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности следует оценивать на основании 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)<sup>14</sup>, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным институтом гигиены и охраны труда Соединенных Штатов Америки (NIOSH)<sup>15</sup>, показатели допустимых уровней воздействия (PELs), публикуемые Управлением охраны труда Соединенных Штатов Америки (OSHA)<sup>16</sup>, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза<sup>17</sup>, 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 Королевства<sup>18</sup>.

### Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности

Следует вести мониторинг рабочей среды на наличие вредных производственных факторов, характерных для конкретного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты<sup>19</sup> в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. 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 охраны труда и техники безопасности содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

<sup>14</sup> См. <http://www.acgih.org/TLV/> и <http://www.acgih.org/store/>.

<sup>15</sup> См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>.

<sup>16</sup> См. [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARD&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD&p_id=9992).

<sup>17</sup> См. [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/).

<sup>18</sup> См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

<sup>19</sup> 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. 2004. National Pollutant Inventory (NPI), Emission Estimation Technique Manual for Ferrous Foundries, Version 1.2. 3 September 2004. Canberra: Commonwealth of Australia. Доступно по адресу: [http://www.npi.gov.au/handbooks/approved\\_handbooks/f2ferr.html](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/f2ferr.html)

Government of India Ministry of Environment & Forests, Central Pollution Control Board (CPCB). 2005. Annual Report 2004 - 2005. Delhi: CPCB. Доступно по адресу: <http://www.cpcb.nic.in/annualreport04-05/ar2004-ch10.htm>

European Commission. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). 2005. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Best Available Technique Reference (BREF) Document on the Smitheries and Foundries Industry. Seville: EIPPCB. Доступно по адресу: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

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](http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php)

Irish Environmental Protection Agency (EPA). 1996. BATNEEC Guidance Note Class 3.3 Ferrous Metals Foundries (Draft 3). Dublin: EPA Ireland. Доступно по адресу: <http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/>

Irish Environmental Protection Agency. 1996. BATNEEC Guidance Note Class 3.4 Recovery or Processing of Non-Ferrous Metals (Draft 3). Dublin: EPA Ireland. Доступно по адресу: <http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/>

North Carolina Department of Environment and Natural Resources (DPPEA). Primary Metals Ferrous and Non-Ferrous Foundry. Доступно по адресу: <http://www.p2pays.org/ref/01/text/00778/chapter3.htm>

UK Department of Trade and Industry (DTI) and Department of the Environment. Environmental Technology Best Practice Programme. Environmental Management Systems in Foundries. London: UK Government.

UK Department of Trade and Industry (DTI) and Department of the Environment. Environmental Technology Best Practice Programme. 1998. Optimising Sand Use in Foundries. London: UK Government.

United Kingdom (UK) Department for Environmental Food and Rural Affairs (DEFRA). 2004. Secretary's State Guidance for Copper and Copper Alloy Processes. Process Guidance Note 2/8 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Electrical, Crucible and Reverberatory Furnaces. Process Guidance Note 2/3 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Hot and Cold Blast Cupolas and Rotary Furnaces. Process Guidance Note 2/5 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Furnaces for the Extraction of Non-Ferrous Metal from Scrap. Process Guidance Note 2/1 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK 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/>

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Metal Decontamination Processes. Process Guidance Note 2/9 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Processes Melting and Producing Aluminium and its Alloys. Process Guidance Note 2/6a (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Zinc and Zinc Alloy Processes. Process Guidance Note 2/7 (04). London: DEFRA. Доступно по адресу: <http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/>

UK Environmental Agency. 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Interim Guidance for the Ferrous Foundries Sector. Sector Guidance Note IPPC S2.03. Bristol: Environment Agency.

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

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Profile of the Nonferrous Metals Industry. EPA Office of Compliance Sector Note Book Project. EPA/310-R-95-010. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notes/nonferrous.html>

US EPA. 1998. Profile of the Metal Casting Industry. EPA Office of Compliance Sector Note Book Project. EPA/310-R-97-004. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notes/casting.html>

US EPA. 1998. Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories and Emissions Factors. AP 42, Fifth Edition, Vol. 1 Chapter 12: Metallurgical Industry. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/index.html>

US EPA. 2004. Code of Federal Regulations (CFR) Title 40: Protection of the Environment. Part 63. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Iron and Steel Foundries. Washington, DC: Office of the Federal Register. Доступно по адресу: [http://epa.gov/ttncaaa1/t3/fr\\_notices/8287founddirin.pdf](http://epa.gov/ttncaaa1/t3/fr_notices/8287founddirin.pdf)

US EPA. 2002. Beneficial Reuse of Foundry Sand: A Review of State Practices and Regulations. Sector Strategies Division, Office of Policy, Economics and Innovation in partnership with the American Foundry Society and the Association of State and Territorial Solid Waste Management Officials. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/ispd/metalcasting/reuse.pdf>

US EPA. 2004. Environmental Management Systems (EMS) Implementation Guide for the Foundry Industry. Sector Strategies Division, Office of Policy, Economics and Innovation, in partnership with the American Foundry Society and Indiana Cast Metals Association. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: [http://www.epa.gov/sectors/metalcasting/foundry\\_complete.pdf](http://www.epa.gov/sectors/metalcasting/foundry_complete.pdf)

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

В литейном производстве выпускают отливки из черных и цветных металлов. К отливкам черных металлов относятся чугун и сталь, а к отливкам цветных металлов, в первую очередь, относятся алюминий, медь, цинк, свинец, олово, никель, магний и титан. Отливки производят с помощью плавки, разливки и литья черных и цветных металлов. На многих литейных производствах отливают оба типа металлов.

К отливкам черных металлов обычно относят следующее:

- серый литейный чугун с хорошими характеристиками демпфирования и способности поддаваться механической обработке, но сниженной долговечностью;
- ковкий литейный чугун, содержащий малые количества углерода, кремния, марганца, фосфора, серы и легирующих металлов;
- чугун с шаровидным графитом, получаемый с помощью удаления серы из расплава литейного чугуна;
- литейная углеродистая сталь (низко-, средне- и высокоуглеродистая) с более высокой прочностью, ковкостью, термостойкостью и свариваемостью по сравнению с чугунным литьем.

Цветные металлы производят в соответствии с техническими условиями для металлической продукции, включая механические свойства, устойчивость к коррозии, легкость механической обработки, легкость и тепло- и электропроводность.

Цветное литье включает множество компонентов цветных металлов, в том числе алюминий и алюминиевые сплавы, медь и медные сплавы, цинк и цинковые сплавы, магний и

магниевого сплавы, сплавы на основе кобальта, никель и никелевые сплавы, титан и титановые сплавы, цирконий и циркониевые сплавы и литые композиционные материалы с металлической матрицей.

К часто встречающимся цветным сплавам относятся медно-цинковый сплав (латунь), медно-оловянный сплав (бронза), медно-никелевый сплав (монель и мельхиор); железохромоникелевый сплав (нержавеющая сталь); медно-алюминиевые сплавы, алюминий-кремниевые сплавы, алюминий-марганцевые сплавы и титановые сплавы.

### Процесс литья

Существует множество разных методик литья. Все они включают сооружение контейнера (формы), в который выливают расплав металла.

Две основные подгруппы процессов литья основаны на литье в одноразовую форму и форму многократного использования. Литье в одноразовую форму обычно используют для черных металлов, но его также применяют и для литья цветных металлов в форму, полученную по выплавленной модели (например, песчаные формы). Литье в формы многократного пользования принято обычно для цветных металлов с использованием многократных форм (например, кокильное литье). Формы, полученные по выплавленной модели, раздвигают и отделяют от отливки на стадии выбивки, а многократные формы используют вторично. В этих двух процессах литья в форму используют самые разнообразные технические приемы в зависимости от системы плавки, моделирования и приготовления

стержней, системы разливки и используемой методики доводки.

Типовой литейный процесс, показанный на рис. А.1, включает следующие основные операции: плавку и обработку металла в плавильном цехе, приготовление форм и стержней в формовочном цехе; разливку расплава металла в формы, охлаждение для отверждения и выемку отливки из формы в литейном цехе, а также доводку сырой отливки в цехе доводки.

### *Плавильный цех*

Используют различные типы плавильных печей и методы обработки металла для получения материалов из черных и цветных металлов в зависимости от типа использованного металла.

*Литейный чугун* обычно плавят в вагранках, индукционных печах, электродуговых печах (ЭДП) или вращающихся печах. Предпочтительно использовать не вагранки, а индукционные печи (индукционная тигельная печь для плавки и туннельная индукционная печь для выдержки), поскольку они имеют лучшие экологические характеристики. ЭДП применяют реже.

*Литейную сталь* обычно плавят в электродуговых печах и индукционных тигельных печах. Обработка литейной стали состоит в рафинировании (например, удалении углерода, кремния, серы и/или фосфора) и раскислении в зависимости от загружаемого металла и требуемого качества получаемой отливки.

Для расплава металла может потребоваться обработка, например сероочистка и скачивание шлака. Для удаления примесей из расплава добавляют металлический флюс в шихту или в расплав металла. Флюс соединяется с

примесями и образует дросс или шлак, который удаляют перед разливкой.

### *Вагранки*

Вагранки широко применяются для плавки литейного чугуна и представляют собой самый старый тип печей из используемых в литейном производстве. Это цилиндрическая шахтная печь, облицованная огнеупорным материалом. В этой печи в качестве топлива используют кокс и воздух для сжигания. В вагранке расплав чугуна стекает вниз, а газы сгорания движутся вверх, выходя из печи через дымовую трубу. По мере плавки в верхнюю часть шахты добавляют новый материал через загрузочный люк. Добавляемый флюс соединяется с неметаллическими примесями в железе и образует шлак, который легче расплава железа и всплывает на поверхность расплава металла, защищая его от окисления. Расплав металла выпускают через летку на уровне постели и собирают в ковш и/или раздаточную печь. Шлак удаляют через расположенное выше отверстие. Кокс составляет 8–16% общей загрузки для обеспечения тепла, требующегося для плавки металла. Производительность плавки в вагранках обычно находится в пределах от 3 до 25 т/час.

Для вагранок требуется восстановительная атмосфера, чтобы избежать окисления железа по мере его плавления. Окисление сводят к минимуму, обеспечивая присутствие монооксида углерода (CO) в газах сгорания (содержание CO около 11–14%). Это приводит к неэффективному использованию образуемой коксом энергии и значительным выбросам CO в окружающую среду. Для повышения эффективности вагранок и снижения выбросов CO можно использовать другие технологии. К ним относится предварительный подогрев воздуха для сжигания до 600°C,

как это делается в вагранке с горячим дутьем<sup>20</sup>; обогащение кислородом или прямой сверхзвуковой впрыск чистого кислорода.

Процесс в вагранке также приводит к существенным выбросам твердых частиц. Системы снижения выбросов обычно требуют применения высокоэнергетических мокрых скрубберов или систем сухих рукавных фильтров (тканевые фильтры).

### *Электродуговые печи (ЭДП)*

ЭДП представляют собой печи периодического действия, которые часто используют на крупных сталелитейных производствах. Для производства литейного чугуна их используют реже. ЭДП имеют форму ковша. Требующееся для плавки металла тепло получают с помощью электрической дуги от электродов, которые сначала находятся выше шихты. Печь опустошают, наклоняя и заставляя расплав металла вытекать через выпускной желоб. Напротив выпускного желоба находится рабочий люк, который обеспечивает скачивание шлака и отбор проб.

### *Индукционные печи*

Индукционные печи используют для плавки черных и цветных металлов. Плавка осуществляется с помощью сильного магнитного поля, получаемого при пропускании переменного тока через катушку, обмотанную вокруг печи и создающую в металле электрический ток. Электрическое сопротивление металла вызывает выделение тепла, которое плавит сам металл. Эти печи обеспечивают отличный металлургический контроль и создают сравнительно мало загрязнения.

Самые существенные выбросы в атмосферу из индукционных печей связаны с чистой шихтой, и это приводит к выбросу пыли и паров (органических или металла). Другие выбросы образуются в результате химических реакций при выдерживании или регулировании состава металла, что приводит к выделению металлургических паров<sup>21</sup>.

### *Отражательные или подовые печи*

Отражательные или подовые печи используют для периодической плавки цветных металлов. Это статическая печь с прямым нагревом, которая состоит из покрытой огнеупором прямоугольной или круглой ванны, которая нагревается с помощью установленных на стенках или своде горелок. Горячий воздух и газы сгорания от горелок продуваются над металлической шихтой и выбрасываются из печи. В дополнение к горелкам на газовом или нефтяном топливе можно также использовать кислородотопливные горелки для повышения скорости плавления. Эту печь обычно используют для маломасштабного производства, поскольку с ней трудно обеспечить контроль над выбросами.

### *Тигельные печи*

Тигельные печи в первую очередь используют для плавки небольших количеств цветных металлов. Тигельная или огнеупорная емкость нагревается в печи с помощью сжигания природного газа, жидкого топлива (например, пропана) или с использованием электричества. Тигель

<sup>20</sup> EC BREF (2001) по кузнечному и литейному производству. (EC BREF (2001) on the Smitheries and Foundries Industry).

<sup>21</sup> EC BREF (2001) по кузнечному и литейному производству и Отдел контроля выполнения норм Управления по охране окружающей среды США. 1998. Проект описания по секторам: характеристики отрасли металлического литья. (EC BREF (2001) on the Smitheries and Foundries Industry and US EPA Office of Compliance. 1998. Sector Note Book Project: Profile of the Metal Casting Industry).

наклоняют вручную, с помощью подъемного крана или автоматически для разливки жидкого металла в форму<sup>22</sup>.

### *Вращающиеся печи*

Вращающаяся печь состоит из горизонтального цилиндрического сосуда, в котором нагревается металлическая шихта с помощью горелки, расположенной с одной стороны печи. Отходящие газы покидают печь с противоположной стороны. После плавления металла и проверки и корректировки состава открывают летку в передней части печи, и расплав из печи разгружается в ковши. Вращающиеся печи используют для плавки объемов от 2 до 20 т с типовой производительностью от 1 до 16 т/час. Контроль над выбросами нередко затруднен.

Вращающиеся печи используют для плавки цветных металлов уже долгие годы. В печах этого типа традиционные горелки, работающие на нефти и воздухе, обеспечивают сравнительно низкую температуру плавки. Разработка воздушно-кислородных горелок позволила применять эти печи для получения литейного чугуна при использовании больших количеств стального лома и применении графита для цементации.

### *Шахтные печи*

Шахтные печи используют только для плавки цветных металлов, в основном алюминия. Это простые вертикальные печи со сборным подом (внутри и снаружи печи) и системой горелок у нижнего торца и с системой загрузки материала сверху. Горелки обычно работают на газу. Газы сгорания обычно отбираются и очищаются. Иногда используют дожигание для переработки любого образующегося монооксида углерода, отработанных масел, летучих органических соединений (ЛОС) и диоксинов.

<sup>22</sup> EC BREF (2001) по кузнечному и литейному производству. (EC BREF (2001) on the Smitheries and Foundries Industry).

### *Печи с излучающим сводом*

Печи с излучающим сводом главным образом используют в цехах литья цветных металлов (алюминия) под давлением с централизованными устройствами плавки. Печь с излучающим сводом представляет собой раздаточную печь с низким потреблением энергии, с надежно изолированной конструкцией ящика и магазином элементов сопротивления на теплоизолированном шарнирном своде. Типовые устройства обладают емкостью 250–1000 кг<sup>23</sup>.

### **Формовочный цех**

Перед проведением плавки металла готовят форму, в которую выливают и в которой охлаждают расплав металла. Форма обычно состоит из верхней и нижней частей, содержащих полость, в которую заливают расплав металла для получения отливки. Для получения каналов или отверстий в готовой форме (либо создания формы внутренней отливки или в той части отливки, которой нельзя придать форму по шаблону) внутрь вставляют вкладыш из песка или металла, называемый "стержнем". Используемый для получения формы материал зависит от типа отливаемого металла, требуемой формы готового продукта и техники литья. Формы можно разделить на два общих типа<sup>24</sup>:

- *одноразовые формы*: их специально изготавливают для каждой отливки и раздвигают в процессе выбивки. Эти формы обычно готовят из песка и связывают глиной, химическим связующим, а иногда не связывают. К этому типу можно отнести литье по выплавляемым моделям;

<sup>23</sup> EC BREF (2001) по кузнечному и литейному производству. (EC BREF (2001) on the Smitheries and Foundries Industry).

<sup>24</sup> Там же.

- *формы многоразового использования:* их используют для литья самотеком и под низким давлением, литья под давлением и центробежного литья. Обычно формы многоразового использования бывают металлическими.

Чаще всего в качестве материала для форм используют песок. Для получения нужной формы зёрна песка связывают между собой. Выбор используемой технологии связывания зависит от таких факторов, как величина отливки, тип используемого песка, скорость производства, заливаемый металл и характеристики выбивания. Обычно различные системы связывания песка можно разделить на связывание глиной (сырой песок) и связывание химическими веществами. Различия системы связывания могут влиять на количество и токсичность образующихся отходов и возможные выбросы в окружающую среду<sup>25</sup>. Сырой песок, который представляет собой смесь песка, глины, углеродсодержащего материала и воды, используют для форм в 85% литейных производств. Песок создает структуру формы, глина связывает песок, а углеродсодержащие материалы предотвращают коррозию. Вода используется для активации глины. Форма должна быть сухой, иначе она создает риск взрыва. Сырой песок не используют для получения стержней, которые должны иметь отличающиеся от формы физические свойства. Стержни должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать расплав металла, но раздвигаться настолько, чтобы их можно было вынуть из металлической заготовки после охлаждения. Стержни обычно получают из кварцевого песка и сильного химического связующего, вводимого в ящик для стержней. Отверждение или

вулканизация химически связанных систем достигается с помощью химической или каталитической реакции либо с помощью нагрева. Песчаные стержни и химически связанные песчаные формы часто обрабатывают формовочной краской на водной или спиртовой основе, чтобы улучшить характеристики поверхности. Преимущества использования химически связанных форм в сравнении с формами из сырого песка включают возможность более длительного хранения форм, возможность снизить температуру разлива металла и улучшить стабильность размеров, а также финишную обработку поверхности формы. Недостатки включают высокую стоимость химических связующих и затрат энергии на процесс, дополнительные сложности при восстановлении использованного песка, а также проблемы безопасности окружающей среды и безопасности работников в связи с выбросами в атмосферу за счет химических связующих во время отверждения и разлива металла<sup>26</sup>.

При получении песчаных форм используют большие объемы песка с весовым отношением песка к расплаву металла обычно в пределах от 1:1 до 20:1. После процесса отверждения форму отделяют от металлической заготовки в процессе, называемом "выбивкой", в ходе которого песчаную форму стряхивают с металлических заготовок. Большую часть песка из форм, выполненных из сырого песка, используют для дальнейшего получения форм. Из вторично используемых песчаных смесей обычно изготавливают стержни. Однако часть песка оказывается отработанной после нескольких использований, и ее приходится удалять. По этой причине производство форм и

<sup>25</sup> Отдел контроля выполнения норм Управления по охране окружающей среды США. 1998. Проект описания по секторам: характеристики отрасли металлического литья. (US EPA Office of Compliance. 1998. Sector Note Book Project: Profile of the Metal Casting Industry).

<sup>26</sup> Отдел контроля выполнения норм Управления по охране окружающей среды США. 1998. Проект описания по секторам: характеристики отрасли металлического литья. (US EPA Office of Compliance. 1998. Sector Note Book Project: Profile of the Metal Casting Industry).

стержней служит источником большого количества отходов в литейном производстве.

Литье по выплавляемым моделям относится к самым старым производственным процессам. Его используют для получения деталей сложной формы или для высокоточных отливок металла. Выплавляемая форма получается путем разлива вокруг (вложения) шаблона из воска или термопластика набивочного материала, который будет совпадать по форме с шаблоном и затем усаживаться с образованием выплавляемой формы. После сушки формы шаблон выжигается или выплавляется из полости формы, и после этого форма готова для использования.

Металлические формы многоразового использования обычно применяются в литейном производстве, где получают большие количества одинаковых деталей. Их можно использовать для литья черных и цветных металлов, поскольку металл формы имеет более высокую точку плавления, чем отливаемый металл. Металлические формы используют для литья самотеком, литья под низким и высоким давлением и центробежного литья. Стержни для форм многократного использования можно готовить из песка, гипса, раздвижных металлических частей или растворимых солей.

### **Литейный цех**

Разливка металлического расплава представляет собой самую важную стадию литейного производства. В зависимости от типа формы и металла, используемого для литья, используют разные системы разлива. Форму можно заполнить расплавом металла самотеком (одноразовая форма) либо впрыском под низким или высоким давлением (литье под давлением) или же под действием центробежных сил. В линиях автоматического

литья часто используют разливочные печи<sup>27</sup>. Такая плавильная печь автоматически подает формы в линию литья и заполняет их расплавом металла с заданными интервалами времени. Правильное введение и распределение заливаемого металла по формам обеспечивается набором колонн и каналов внутри формы ("система литниковых каналов" или "система протоков"). Усадка (разница объемов между жидким и твердым металлом) компенсируется наличием соответствующей емкости подачи ("воронки"). После разлива отливку охлаждают, чтобы она стала твердой (первое охлаждение), а затем ее вынимают из формы для следующего контролируемого охлаждения (второе охлаждение). При литье в песчаные формы отливки в песке после отверждения направляются на выбивку для удаления формы. При выбивке пыль и дым собирают с помощью оборудования пылеудаления. Выплавляемые формы и оболочковые формы при удалении разрушают, при этом образуются твердые отходы. При использовании форм многоразового применения форму (обжимку) открывают и вынимают отливку после отверждения без разрушения формы<sup>28</sup>. На некоторых литейных производствах осуществляют термическую обработку песка формы и стержней для удаления связующих веществ и органических примесей перед направлением для вторичного использования в цеху производства форм.

Поскольку в производстве форм и стержней используют различные присадки, обеспечивающие связывание песка на время разлива металла, образуются продукты химических реакций и разложения. К ним относятся органические и неорганические соединения (амины и ЛОС). Образование

<sup>27</sup> EC BREF (2001) по кузнечному и литейному производству. (EC BREF (2001) on the Smitheries and Foundries Industry).

<sup>28</sup> Там же.

продуктов разложения (преимущественно ЛОС) продолжается во время литья, охлаждения и операции выемки. Поскольку эти продукты могут представлять опасность для здоровья и обладают сильным запахом, их необходимо удалять, а газы следует очищать перед выбросом.

### **Цех доводки**

Все остальные операции, требующиеся для получения готового продукта, проводятся в цехе доводки. В зависимости от используемого технологического процесса могут потребоваться различные операции, например удаление системы литниковых каналов и протоков, удаление остаточного песка формы с поверхности и остатков стержней из полости формы, снятие образующихся при разливе заусениц, устранение ошибок литья и подготовка отливки для конечной механической обработки, сборки, термической обработки и нанесения покрытия<sup>29</sup>.

Металлическую заготовку очищают с помощью стальной дробы, абразива или другим механическим чистящим средством для удаления всего оставшегося от литья песка, заливки металла и оксидов. Для этого могут также использоваться устройства пламенной резки и устройства воздушно-дуговой резки угольным электродом. Небольшие детали обычно шлифуют в барабане с помощью вибрационного или ротационного барабана. При этом обычно добавляют воду, в которой могут содержаться поверхностно-активные вещества. Остатки огнеупорных материалов и оксиды обычно удаляют пескоструйной или дробеструйной обработкой, которую также могут использовать для обеспечения однородной поверхности отливки с улучшенным внешним видом. Для соединения

отливок, а также для устранения дефектов отливок может потребоваться сварка. Может проводиться химическая очистка отливки перед нанесением покрытия, чтобы обеспечить адгезию покрытия к металлу.

### **Технология DISA**

Технология Disamatic (DISA) представляет собой процесс литья в сырые песчаные формы, предназначенный для автоматического изготовления форм и впрыска металла. Формы DISA получают с помощью гидравлического пресса, что позволяет повысить производительность и улучшить качество утрамбованного песка. DISA допускает различные конфигурации форм, включая вертикальное, горизонтальное литье в формы и методику формовки по двусторонним плитам. Чаще всего используют конфигурацию с вертикальной разливкой в форму, поскольку она позволяет получать отливки с очень малыми допусками. В этом процессе используется подвижная камера для литья, которая образуется с помощью двух противоположащих шаблонов (штемпельного шаблона и поворотного шаблона). Это позволяет попавший в камеру формы песок утрамбовать и затем удалить из камеры.

Технология DISA представляет собой эффективный метод получения лент безоболочечных форм (без жесткой металлической или деревянной рамы). Ее обычно используют для массового производства чугуновых или алюминиевых отливок с малыми допусками. Проблемы охраны окружающей среды, связанные с технологией DISA, не отличаются от проблем, возникающих в других литейных производствах, использующих литье черных металлов в песчаные формы, но обычно их решают в рамках автоматизированной системы.

<sup>29</sup> Там же.

Error!

