

## Секция 1: Экологическая и техногенная безопасность

жения шума позволяет получить экономию заработной платы основных и вспомогательных рабочих, условия работы которых изменились в результате снижения шума. Как показывают расчеты, при установке звукопоглощающей облицовки в цехе экономический эффект от снижения шума в производствах отрасли превосходит в 1,5 - 2 раза затраты на шумозащиту. Таким образом, проведение строительного-архитектурных мероприятий по снижению шума в промышленности при сроке окупаемости в 3 - 5 лет экономически целесообразно.

Вместе с тем проблемы шума машин, как и другие экологические проблемы современной техногенной цивилизации, является не столько техническими, сколько нравственными и геополитическими [10]. Найденные научно-технические решения и накопленный практический опыт в области шумозащиты позволяют решить любую конкретную задачу и сделать любое производство малозумным. Другое дело, что при отсутствии экологической ориентации структуры управления техносферы и общества в целом, приоритете узко экономической целесообразности технических решений перед экологической, при распределении имеющихся ресурсов для реализации соответствующих проектов недостает материальных средств.

## Литература.

1. Поболь О.Н. Основы акустической экологии и шумозащита машин. - М.: ЗАО «Информ-Знание», 2002. - 272 с.
2. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы системного подхода к решению задач экологии технических объектов // Вестник научно-технического развития. – 2013. - № 12(76). - С.20-34.
3. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Техносфера, ноосфера и экологические проблемы современных техногенных систем // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. - 2013. – Т.18, вып. 3. – С. 1073-1076.
4. Никифоров А.С. Акустическое проектирование судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1990. - 200 с.
5. Pobol O.N., Panov S.N., Firsov G.I. The Ecological Acoustics of Machines: System Simulation and Machine Control in the Technosphere // Fourth Int. Congr. on Sound and Vibration: Proceedings / Ed. by M.J. Crocker and N.I. Ivanov. Vol. 2. - St.Petersburg: 1996. - P. 1107 - 1114.
6. Поболь О.Н. Экология и техносфера: проблемы и перспективы I / Поболь О.Н., Фирсов Г.И. / Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 6. - С.74-75.
7. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Экология и техносфера: проблемы и перспективы. II. // Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 6. - С.75.
8. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Экология и техносфера: проблемы и перспективы. III. // Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 6. - С.75-76.
9. Madbuh N.H. Noise exposure as related to productivity, disciplinary actions, absenteeism and accidents among textile workers / Madbuh N.H. / Journal of Sound and Vibration. - 1978. - Vol. 60, No.3. - P.313-318.
10. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы экологического мониторинга и управления техногенной системой на основе глобального акустического образа // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. --- 2014. – Т.19, вып. 5. – С. 1450-1453.

**ТЕХНОЛОГИЯ OXY SUP ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО  
ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*С.Н. Федосеев, асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: fedoseevsn@list.ru*

Металлургическое производство является одним из серьезных загрязнителей окружающей среды. В черной металлургии на каждую тонну произведенной продукции образуется большое количество различных отходов и побочных продуктов, как используемых в текущем производстве (оборотный скрап, сухая окалина и пр.), так и требующих дополнительных мер по утилизации (замасленная окалина, пыли и шламы газоочисток и пр.). Полная переработка металлургических отходов на современном предприятии сталкивается с достаточно критическими проблемами, вызванными, с одной стороны, высоким содержанием вредных примесей (в первую очередь, цинка и щелочей), с другой стороны, большим разнообразием отходов по физическим свойствам (гранулометрический состав, агрегатное состоя-

ние и пр.). В связи с ужесточением требований по охране окружающей среды удаление или утилизация отходов металлургического производства становится все более затратным мероприятием.

Существует большое количество технологий, позволяющие в той или иной степени перерабатывать побочные продукты и отходы основного металлургического производства. Большинство из таких технологий обладает органическими недостатками, например, жесткие требования к подготовке сырья, ограничения по используемым энергоносителям, видам утилизируемых отходов и т.д. Традиционные технологии (например, агломерация) имеют ограничения по содержанию цинка для предотвращения его поступления в доменную печь.

Из всего разнообразия технологий переработки и утилизации металлургических материалов подавляющее большинство не вышло за рамки лабораторных или опытно-промышленных установок. Поэтому особую ценность имеют технологии, которые подтвердили свою осуществимость и экономическую значимость на промышленном уровне. Одной из таких технологий является технология *OXY Cup*, впервые реализованная в промышленном масштабе на заводе *ThyssenKrupp Stahl* в Дуйсбурге (Германия).

Пыли и шламы металлургических заводов, содержащие оксиды железа и мелкие частицы железной руды, перерабатывается после окускования в шахтной печи *OXY Cup*, которая представляет собой современную модификацию вагранки, с получением чугуна. Шахтная печь *OXY Cup* чрезвычайно привлекательна для металлургических заводов, так как одна установка способна переработать практически все трудноутилизируемые отходы и побочные продукты всего завода. В такой вагранке можно легко перерабатывать шихту с высоким содержанием цинка, составленную либо из текущих и накопленных отходов металлургического производства, либо из автомобильного лома.

Экономический эффект при использовании данной технологии достигается благодаря низкой стоимости сырьевых материалов и возможности концентрировать цинк в виде товарной продукции (обогащенная цинком пыль или фильтр-кек). Процесс *OXY Cup* позволяет также легко перерабатывать без дополнительной подготовки такие тяжеловесные возвратные отходы, как настывшие или металлические фракции шлака десульфурации. Ограничения по размеру перерабатываемых материалов зависят от размеров печи и для промышленной установки достигают 600–800 мм.

Большие объемы отходов, содержащих оксиды железа, можно перерабатывать в шахтных печах *OXY Cup* в виде самовосстанавливающихся брикетов. Обязательным компонентом брикетов является углеродсодержащий материал, необходимый для восстановления оксидов.

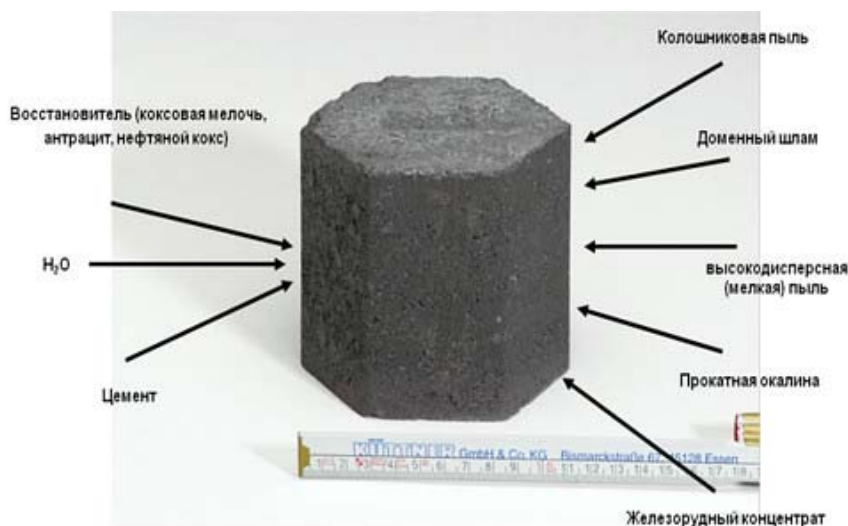


Рис. 1. Образец самовосстанавливающегося брикета

В материалах, образующих железоуглеродистый брикет, последовательное восстановление  $FeO_x$  и окисление углерода происходят посредством промежуточных продуктов реакции  $CO$  и  $CO_2$ . Предельная скорость восстановления окисла железа регулируется прежде всего скоростью окисления углерода в смеси  $CO_2/CO$ , которая преимущественно заполняет поры между частицами брикета.

Скорость окисления углерода до  $CO$  достигает заметной величины при температурах выше  $1000\text{ }^{\circ}C$ , но существенно возрастает лишь при температуре  $1400\text{ }^{\circ}C$ .

При изготовлении опытных брикетов в исследовательском отделе завода *TKS* были опробованы различные доступные материалы. В процессе изготовления брикетов оценивали влияние отдельных факторов на их физическую прочность, пористость и простоту подготовки смеси. После упрочнения брикеты приобретали устойчивость к разрушению и могли подвергаться обработке как сыпучий материал. Отработка технологии приготовления брикетов во многом определила успех реализации технологии *ОХУ Сир* в промышленном масштабе. Была доказана возможность переработки различных видов мелкофракционных текучих и отвальных металлургических отходов в виде брикетов.

Печь *ОХУ Сир* является своего рода миниатюрой доменной печи как по исполнению, так и по технологическому процессу. В верхней части печи (колошник) располагается загрузочный бункер, ниже находится камера газоотвода. При такой конструкции исключается задымление колошника печи во время работы. Средняя часть печи (шахта) служит для предварительного нагрева шихтовых материалов и завершается зоной расплавления металла и шлака. В нижней части (горн) размещаются металлоприемник и устройство для разделения металла и шлака. В отличие от обычной доменной печи, в печи *ОХУ Сир* металл и шлак выдаются непрерывно в чугуновозные ковши или миксеры (рис. 2).



Рис. 2. Разрез промышленной шахтной печи *ОХУ Сир*

Нижняя часть рабочего пространства печи заполнена коксом, образующим коксовую насадку. Горячее дутье при температуре  $500\text{--}620\text{ }^{\circ}C$  и кислород вдуваются через водоохлаждаемые фурмы и сопла в слой кокса, формируя высокотемпературную зону ( $1900\text{--}2500\text{ }^{\circ}C$ ). При таких температурах перегрев и науглероживание капель жидкого металла происходят быстро и эффективно при тесном контакте металла с коксом. Степень науглероживания в большой степени зависит от расстояния между подом печи и уровнем размещения фурм. Горячие газы, выходящие из фурменной зоны, в режиме противотока обеспечивают теплом протекание всех процессов в слое шихты (восстановление железа из оксидов, нагрев и плавление).

В зависимости от качества шихтовых материалов и технического состояния оборудования, процесс характеризуется следующими расходными коэффициентами на 1 т. чугуна:

- Расход горячего дутья –  $1100\text{--}1200\text{ м}^3$ ;
- Расход кислорода –  $150\text{--}200\text{ м}^3$ ;
- Расход кокса –  $200\text{--}300\text{ кг}$ ;

Применение кислорода для обогащения дутья или, что более эффективно, для вдувания через кислородные сопла обеспечивает ряд преимуществ. В частности, при переработке большого количества оксидов железа с помощью кислорода можно поддерживать необходимую температуру коксовой насадки. Для этого варианта предпочтительней использовать вдувание кислорода, чем нагрев дутья. Можно использовать каупера (в первую очередь, когда возможно использовать оборудование остановленных доменных печей). В случае экономической целесообразности использования природного газа можно устанавливать в дополнение к фурмам газокислородные горелки с энергетической заменой кокса до 30 %.

С учетом конструкции шахтной печи *OXY Cup* технологический цикл переработки железистых брикетов – от загрузки до расплавления – составляет около 1,5 ч. Поскольку восстановление оксидов железа шихты протекает замедленно при температурах ниже 1000 °С и практически прекращается после расплавления шихты при температуре около 1450 °С, процесс восстановления должен быть завершен в течение 15–20 мин. Установлено, что сравнительно большие брикеты с длиной кромки 100–150 мм обладают хорошими технологическими качествами, обеспечивают равномерное распределение газа и хорошую восстановимость.

Опыт работы с цинксодержащими материалами на вагранках (поступление цинка всегда составляло 1–3 % от металлошихты) не выявил никакого вредного влияния этих материалов на ход процесса.

В печи *OXY Cup* цинк вместе с шихтой проходит через зоны с различной температурой и с различным составом газовой атмосферы, начиная от холодной зоны в верхней части печи *OXY Cup* и до горячей фурменной зоны. Восходящий из горячих зон в виде паров цинк будет окисляться, обеспечивая равновесие реакций окисления-восстановления, которые почти полностью прекращаются при температурах ниже 300 °С, преобладающих на уровне газоотвода. Частицы *ZnO*, образующиеся при окислении газообразного цинка в области низких температур, имеют очень небольшие размеры и уносятся из печи с пылью. В зависимости от вида перерабатываемых отходов и организации рециркуляции цинка содержание его в колошниковой пыли составляет 25–30 %, что является товарным продуктом для дальнейшей переработки цинка. Также возможен дуплекс-процесс, при котором в одном агрегате (*OXY Cup*) происходит концентрация цинка в возгонах в виде цинкита, а во втором (например, печь *DECM* – электрококсовая плавка пыли) – получение металлического порошкового цинка. Такая технологическая схема обеспечивает улучшение экономических показателей утилизации отходов за счет получения продукта более высокой степени переработки.

Пилотная установка *OXY Cup* для плавки самовосстанавливающихся углеродистых брикетов промышленного масштаба начала работать в июле 1999 г. на территории завода фирмы *ThyssenKrupp Stahl* в Дуйсбурге. Установка имела в своем составе шахтную печь *OXY Cup* с диаметром шахты 2,6 м и перерабатывала 150 тыс. т/год брикетов и 60 тыс. т/год металлических настывлей.

В процессе работы печи *OXY Cup* было подтверждено, что наряду с окалиной в виде мелких фракций можно добавлять также крупнокусковой металлосодержащий материал для переплавки, который хорошо перерабатывается в такой печи. В частности, использовались настывли от обработки шлака, десульфурационный шлак и другие металлосодержащие материалы размером до 600 мм. После успешного завершения испытательного периода установка в 2004 г. была преобразована в полностью коммерческий агрегат, включающий оборудование для производства брикетов производительностью 300 тыс. т/год.

Окончательное решение в пользу технологии *OXY Cup* было принято после ее испытаний в течение года с учетом экономических показателей и степени освоения процесса. При этом на принятие такого решения оказали наибольшее влияние следующие факторы и особенности процесса *OXY Cup*:

- чугун, шлак и отходящие газы могут быть произведены и реализованы на метзаводе без каких-либо ограничений и без существенной реконструкции;
- сходство с доменным процессом;
- использование побочных металлосодержащих продуктов, как настывли, магнитные компоненты шлака десульфурации, конвертерный шлак;
- производственная гибкость в отношении шихты, производительности, длительности производственного цикла, требуемых простоев.

Печь *OXY Cup* позволяет не только решить проблемы завода с побочными продуктами, но и обеспечить металлургическое производство дополнительным количеством чугуна во время остановок доменных печей.

Основные проектные характеристики коммерческого комплекса приведены в таблице:

Проектные характеристики печи *OXY Cup*:

Параметр	Значение
Рабочее время, ч/год	7200
Расход дутья, м <sup>3</sup> /ч	30000
Расход кислорода, м <sup>3</sup> /ч	4500
Производительность по чугуну, т/ч	23

Сырье для изготовления брикетов подается вагонетками и смешивается с угольной мелочью, полученной при тушении кокса, и с цементом. Вибропресс формирует брикеты, которые затем выдерживаются на участке отверждения в течение двух суток. Упрочненные брикеты затем подают ленточным транспортером к загрузочным бункерам, где уже находятся настыли, кокс и другие добавки. Вибродозатор формирует шихту заданного состава в загрузочной бадье, которую подают к печи.

Отходящие из печи газы подвергают влажной очистке в скруббере, после чего они соответствуют всем установленным нормам и требованиям. До 35 тыс. м<sup>3</sup> очищенного газа может быть подано на электростанцию по существующим газопроводам.

Химический состав продуктов плавки приведен ниже:

**Химический состав чугуна, % (масс.)**

Si	S	C
0,52 – 1,10	0,07 – 0,48	3,71 – 4,33

**Химический состав шлака, % (масс.)**

SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe	Основность
39,72	36,41	1,49	0,94

В конце 2005 г. был опробован режим работы печи с использованием 100 % брикетов, без добавления в шихту скрапа или настылей; режим был освоен без проблем. Этот эксперимент подтвердил, что процесс *OXY Cup* может оказаться экономичным решением для производителей металла, которые не имеют постоянных поступлений скрапа и настылей.

Печь *OXY Cup* в сравнении с доменной печью имеет сравнительно небольшие размеры. Опыт эксплуатации крупных вагранок показал, что внутренний диаметр шахты печи *OXY Cup* для плавки брикетов нецелесообразно увеличивать более 3 м. Такая печь *OXY Cup* может перерабатывать в год до 520 тыс. т скрапа (настылей и т. п.) или 360 тыс. т брикетов, в Смесь брикетов и скрапа характеризуется годовым объемом переработки в этих пределах в зависимости от пропорции компонентов в шихтовой смеси.

**Заключение**

Технология *OXY Cup* позволяет получать горячий металл, шлак и отходящие газы - материалы, хорошо известные в черной металлургии. Для этого не требуется никаких изменений в производственном оборудовании или логистике. По этой технологии можно обрабатывать все виды оборотных железосодержащих отходов: настыли, десульфураторные шлаки, продукты переработки шлаков.

Другие преимущества технологии *OXY Cup*:

- высокая производственная гибкость (до 100 % скрапа, остановка в течение 2 мин.);
- стоимость горячего металла, получаемого в печи *OXY Cup*, ниже стоимости чугуна, выплавляемого в доменной печи;
- экономически целесообразное проведение десульфурации на специальной десульфураторной установке, а не в конвертере;
- повышение производительности кислородно-конвертерного цеха и использование более дешевого скрапа с повышенным содержанием цинка;
- оптимизация работы агломерационной фабрики благодаря исключению мелкофракционных компонентов.
- обогащенный цинком шлам (содержащий более 30 % цинка) может быть поставлен для последующего получения цинка.

По результатам работы коммерческой установки с 2004 г. компания *ThyssenKrupp Stahl* приняла решение о строительстве второго комплекса, предназначенного для переработки отходов *TKS* и *HKM* (сталеплавильные пыли и замасленная окалина, доменные и сталеплавильные пыли). Кроме того, в 2009 г. подписан контракт и ведется проектирование двух комплексов для Китая (переработка отходов производства нержавеющей стали и феррохрома). Также идет проработка вопроса о создании комплексов по утилизации текущих и отвальных отходов с использованием технологии *OXY Cup* на ряде металлургических предприятий России.

Подытожив весь опыт, накопленный при освоении технологии *OXY Cup*, можно отметить, что понятие «нулевые потери» больше не является концепцией. Это реальная перспектива решения возникающих проблем в черной металлургии. Побочные продукты и отходы можно вновь преобразовать в горячий металл и шлак за один технологический цикл.

Литература.

1. Серикбол А., Федосеев С.Н. Переработка отходов сталеплавильных заводов по технологии «ОКСИКАП» // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 17-18 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 277-279
2. Вторичные металлы // [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://russcrap.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=237&Itemid=36](http://russcrap.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=237&Itemid=36)
3. OXYCUP Shaft Furnace // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kuettner.com/Default.aspx?ID=83>
4. oxy cup process where society/organization is SME – OneMine // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.onemine.org/search/index.cfm?fullText=oxy%20cup%20process&organization=SME>

## **ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*И.М. Шарафуллина, маг. 2 г.о.*

*Башкирский Государственный университет, г.Уфа  
450076, г.Уфа ул. Заки Валиди, 33, тел. (347) 229-97-00  
E-mail: ilmirasharafullina23@mail.ru*

Республика Башкортостан - один из наиболее промышленно развитых регионов Российской Федерации. Богатые природные ресурсы способствовали развитию на территории республики горнодобывающей, перерабатывающей, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической отраслей промышленности, энергетики и трубопроводного транспорта, а также сельского хозяйства.

На сегодняшний день в республике функционирует более шести с половиной тысяч промышленных предприятий. Концентрация промышленного производства при этом превышает общероссийские показатели. В частности, предприятия нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности сосредоточены в центральном и южном промышленных узлах. Это привело к созданию целого ряда серьезных экологических проблем, в том числе и в области обращения с отходами производства и потребления.

К основным причинам обострения экологических проблем в области обращения с отходами относятся:

- высокий уровень износа технологического оборудования;
- использование на предприятиях многоотходных технологий;
- низкие темпы внедрения современных ресурсо- и энергосберегающих технологий.

В Республике Башкортостан в 2013 году образовалось 801 видов отходов в количестве 44,95 млн. т.

Динамика образования отходов производства и потребления в 2008-2013 годах на территории Республики Башкортостан представлена в табл. 1.

Из анализа таблицы видно, что объем образования отходов в 2013 году по сравнению с 2012 годом сократился на 2,87 млн. т. Это связано с уменьшением объемов производства ООО «Башкирская медь», т.к. основной объем образования твердых отходов приходится именно на это предприятие.

На начало 2014 года в республике накоплено 1105 млн. т отходов.