



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

Т. М. Заяц

НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ В МЕТАЛЛУРГИИ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
для студентов специальности 1-42 01 01
«Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»
направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое
производство и материалобработка (металлургия)»
специализации 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия
черных и цветных металлов»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2014

УДК 669.1(075.8)
ББК 34.32я73
3-40

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 26.11.2013 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. ГГТУ им. П. О. Сухого *Г. В. Петришин*

Зяц, Т. М.
3-40 Новые процессы и материалы в металлургии : лаборатор. практикум для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» специализации 1-42 01 01-01 02 «Электromеталлургия черных и цветных металлов» / И. Н. Ридецкая. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 22 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: [http:// library.gstu.by/StartEK/](http://library.gstu.by/StartEK/). – Загл. с титул. экрана.

Представлены следующие лабораторные работы: изучение процессов прямого твердофазного восстановления оксидов железа; изучение влияния температуры на скорость восстановления оксидов железа; изучение влияния типа восстановителя на скорость восстановления оксидов железа; изучение конструкции и определение оптимальных режимов плавки в ротационной печи.

УДК 669.1(075.8)
ББК 34.32я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЯМОГО ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА.....	4
Лабораторная работа №2 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА.....	9
Лабораторная работа №3 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ВОССТАНОВИТЕЛЯ НА СКОРОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА.....	12
Лабораторная работа №4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПЛАВКИ В РОТАЦИОННОЙ ПЕЧИ.....	15
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	22

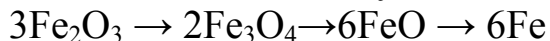
Лабораторная работа №1 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЯМОГО ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: изучить теоретические основы твердофазного восстановления оксидов железа

Основные положения

Степень восстановления и ее определение

При восстановлении оксида железа последовательно по ступеням отнимаются следующие количества кислорода:



Таким образом, наибольшая доля кислорода удаляется на заключительной стадии восстановления $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$.

Задачей процесса восстановления является полное или частичное удаление кислорода из рудного сырья, т. е. получение всего или большей части железа в металлическом виде. Для характеристики получаемого продукта наиболее часто применяют следующие два показателя: степень восстановления и степень металлизации.

Степень восстановления (или степень восстановления по кислороду) представляет отношение количества отнятого в процессе восстановления кислорода к количеству его в исходном сырье, т. е. характеризует полноту восстановления (речь идет о кислороде оксидов железа без учета содержания его в окислах пустой породы, которые в низкотемпературном процессе обычно не восстанавливаются):

$$\varphi_{\text{K}} = \frac{O_{\text{удал}}}{O_{\text{Fe исх}}} \cdot 100 = \frac{O_{\text{Fe исх}} - O_{\text{Fe кон}}}{O_{\text{Fe исх}}} \cdot 100\% , (1)$$

где $O_{\text{удал}}$ — масса удаленного при восстановлении кислорода;
 $O_{\text{Fe исх}}$ и $O_{\text{Fe кон}}$ — масса кислорода, связанного в оксидах железа, в исходной руде и в восстановленном продукте соответственно.

Величиной степени восстановления по кислороду пользуются при проведении исследований по восстановимости. В этих исследованиях обычно определяют содержание железа в исходной

руде, массу исходного образца, а в ходе опыта или в конце его – количество удаленного кислорода (путем поглощения отходящих газов), изменение массы образца или содержание железа в продукте. В зависимости от методики исследования расчет φ_k можно вести по уравнению (1) или по следующей формуле:

$$\varphi_k = \frac{A}{Fe_{исх}} \left(1 - \frac{b}{a} - \frac{П}{100} \right) = \frac{A}{Fe_{исх}} \left(1 - \frac{Fe_{исх}}{Fe_{кон}} - \frac{П}{100} \right), \quad (2)$$

где А — коэффициент пересчета, равный 23333 при восстановлении Fe_2O_3 и 26180 при восстановлении Fe_3O_4 ;

а– масса исходного образца руды;

б – масса образца после восстановления;

$Fe_{исх}$ – содержание железа в исходной руде, %;

$Fe_{кон}$ – содержание $Fe_{общ}$ в продукте восстановления, %;

П – потери при прокаливании, %.

При определении восстановимости по весовой методике содержание общего железа в восстановленном образце можно вычислять по формуле

$$Fe_{кон} = \frac{a}{b} \cdot Fe_{исх} \% \quad (3)$$

Степень металлизации (или степень восстановления по железу) – отношение процентных содержаний железа металлического и железа общего в продукте – представляет собой долю полностью восстановленного железа в продукте. Ее можно вычислять непосредственно по данным химического анализа продукта:

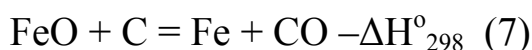
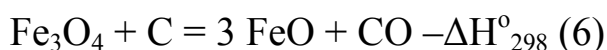
$$\varphi_{мет} = \frac{Fe_{мет,прод}}{Fe_{общ,прод}} \quad (4)$$

Степень восстановления φ_k равна степени металлизации в тех редко встречающихся на практике случаях, когда или исходным оксидом является FeO , или остаточный оксид в рудном образце тот же, что и исходный (т. е. образец гематитовой руды после восстановления состоит только из металлического железа и гематита,

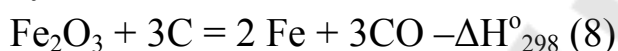
образец магнетитовой руды — из металлического железа и магнетита). В общем же степень восстановления по кислороду выше степени металлизации, особенно при малом содержании в восстановленном материале металлического железа.

Углерод обладает большим сродством к кислороду, особенно при высоких температурах, когда прочность его низшего окисла с повышением температуры всё более возрастает.

Под прямым восстановлением подразумевают восстановление углеродом при 900–1000°C и выше (происходит газификация твёрдого углерода), когда образуется окись углерода:

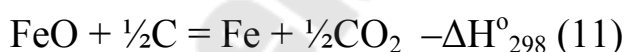
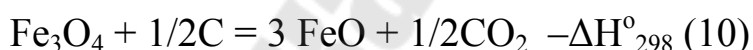


или



При более низких температурах наряду с окисью углерода газообразным

продуктом реакции восстановления является также двуокись углерода, образующаяся по реакциям:



Во всех случаях реакция восстановления углеродом эндотермическая и требует подвода тепла извне.

При восстановлении твёрдым углеродом процесс восстановления в большей степени происходит через газовую фазу. В общем виде процесс восстановления складывается из следующих взаимосвязанных и обусловленных стадий:

1. внешняя диффузия газа-восстановителя из газового потока к наружной поверхности восстанавливаемого образца и отвод газовых продуктов восстановления газовым потоком, омывающим образец;

2. внутренняя диффузия молекул восстановительного газа внутрь образца сквозь поры в слой продуктов восстановления к реакционной поверхности; диффузия газовых продуктов реакции изнутри образца к его наружной поверхности;

3. адсорбция молекул газа-восстановителя на поверхности пор, химическая реакция восстановления, перестройка кристаллической решётки высших окислов в низшие или вюстита в железо; десорбция молекул H_2O или CO_2 с реакционной поверхности и переход их в газовую фазу.

Ниже дана общая качественная характеристика отдельных стадий.

1. Внешняя диффузия или внешняя массопередача в общем случае определяется конвективной диффузией, включающей молекулярную диффузию и непосредственный подвод газа-восстановителя конвекцией благодаря наличию скорости потока.

2. Внутренняя диффузия, или внутренняя массопередача газа в образце, осуществляется тремя параллельными путями: обычная диффузия в порах крупного размера; капиллярная диффузия в малых порах, диаметр которых меньше длины свободного пробега молекул; поверхностная диффузия адсорбированных молекул газа по поверхности пор.

3. Адсорбционно-каталитический характер восстановления окислов металлов проявляется в том, что взаимодействуют молекулы газа-восстановителя, адсорбированные на межфазной поверхности исходных окислов и продуктов восстановления.

Свою роль в механизме восстановления играет и диффузия ионов в кристаллической решётке: ионов металла вглубь восстанавливаемого слоя окисла и ионов кислорода – к реакционной поверхности. По аналогии с процессами окисления железа и образования окалина можно считать, что в закисном (вюститном) слое основное значение имеет диффузия катионов железа по вакансиям (дыркам) в сторону магнетитового слоя, которая сопровождается одновременным движением электронов в обратном направлении; в окисном слое передвигаются ионы кислорода. Реакция восстановления сопровождается перестройкой кристаллических решёток, происходит кристаллохимическое превращение.

Порядок проведения работы

Исходные материалы: окалина ($Fe_{\text{общ}}=73\%$, $Fe_{\text{мет}}=4,3\%$), графит, известь.

Приготовить навеску следующего состава: 50 г. окалины, 25 г. графита, 5 г. извести. Материалы тщательно перемешать и поместить в тигель. Тигель накрыть крышкой и поставить в печь разогретую до $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 60 мин. После нагрева отделить образец от восстановителя, измерить массу и полученные данные записать в таблицу. Опыт повторить 3 раза. Степень восстановления определить по формуле (3)

№ опыта	Масса образца до восстановления, г	Масса образца после восстановления, г	Степень восстановления, %
1			
2			
3			

Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Порядок проведения работы.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое восстановление?
2. Что такое степень восстановления?
3. Что такое степень металлизации?
4. Из каких стадий состоит процесс восстановления?
5. Что такое губчатое железо?
6. Что такое металлизированная шихта?
7. Что используется в качестве восстановителей в промышленных процессах бескоксовой металлургии?
8. По каким признакам классифицируются процессы получения железа в бескоксовой металлургии?
9. Основные процессы, протекающие в шахтной печи?

Лабораторная работа №2 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: определить зависимость скорости восстановления от температуры процесса.

Основные положения

Скорость процесса восстановления определяется скоростями его отдельных стадий: если скорость одной из последовательных стадий меньше других, то суммарная скорость определяется именно этой скоростью. Различают процессы, идущие в диффузионном режиме (если наиболее медленным звеном является внешняя и внутренняя диффузия) и в кинетическом режиме (если замедляющей стадией является кристаллохимическое превращение). При сравнимых скоростях диффузии и кристаллохимического превращения имеет место промежуточная область или промежуточный режим процесса, при котором суммарная скорость определяется скоростями обоих указанных основных звеньев (диффузии и кинетики).

Скорость процессов восстановления окислов железа окисью углерода, а также степень восстановления находятся в прямой зависимости от следующих факторов:

- качества восстанавливаемого материала, определяемого естественными свойствами и характером предварительной подготовки;
- температуры, при которой происходит восстановление;
- давления;
- скорости газового потока;
- состава газа-восстановителя.

Химический акт восстановления оксидов железа газом является гетерогенной реакцией. Эта зависимость описывается законом Аррениуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}, (1)$$

где k – константа скорости химической реакции;

T – абсолютная температура, К;
 k_0 – предэкспоненциальный коэффициент;
 E – кажущаяся энергия активации процесса.

Связь скорости диффузии с температурой зависит от механизма диффузии: для свободной диффузии газа в газовой среде и крупных порах скорость возрастает пропорционально $T^{0,5-1,0}$, а в мелких порах даже замедляется пропорционально $T^{0,5}$. Скорость же активированной диффузии газа или компонентов в твёрдой фазе подчиняется экспоненциальной зависимости, в результате чего резко ускоряются процессы на реакционной поверхности, а, следовательно, и восстановление в крупных порах (рис. 1).

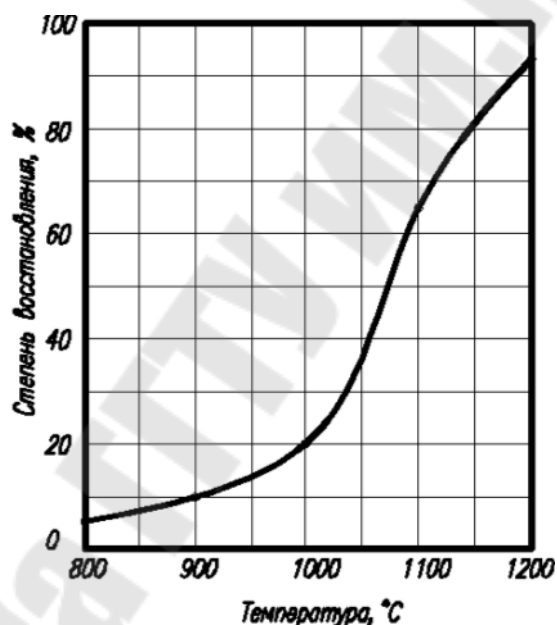


Рисунок 1 – Зависимость степени восстановления оксидов железа оксидом углерода от температуры

Одновременно снижается величина поверхности пор, доступных воздействию газа-восстановителя, так как возрастает поверхность пор, в которых газ успел достигнуть равновесного состава. В результате суммарная диффузия возрастает не в той мере, как растёт скорость диффузии в твёрдой фазе. Итак, влияние температуры на скорость диффузии должно быть более резким для материалов с большой долей крупных пор.

Порядок проведения работы

Исходные материалы: окалина ($Fe_{\text{общ}}=73\%$, $Fe_{\text{мет}}=4,3\%$), графит, известь.

Приготовить навеску следующего состава: 50 г. окалины, 25 г. графита, 5 г. извести. Материалы тщательно перемешать и поместить в тигель. Тигель накрыть крышкой и поставить в печь разогретую до $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 60 мин. После нагрева отделить образец от восстановителя, измерить массу и полученные данные записать в таблицу. Опыт повторить с температурой 1000 и $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Степень восстановления определить по формуле

$$Fe_{\text{кон}} = \frac{a}{b} \cdot Fe_{\text{исх}}\%$$

где a – масса исходного образца;

b – масса образца после восстановления;

$Fe_{\text{исх}}$ – содержание железа в исходной руде, %.

№ опыта	Температура нагрева, $^{\circ}\text{C}$	Масса образца до восстановления, г	Масса образца после восстановления, г	Степень восстановления, %
1	900			
2	1000			
3	1100			

Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Порядок проведения работы.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое восстановление?
2. Из каких стадий состоит процесс восстановления?
3. Назовите факторы, влияющие на скорость восстановления
4. Как температура влияет на скорость восстановления?
5. При какой температуре происходит твердофазное восстановление?

Лабораторная работа №3 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ВОССТАНОВИТЕЛЯ НА СКОРОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: определить зависимость скорости восстановления от типа восстановителя.

Основные положения

Особенности восстановления оксидов железа твердым углеродом в промышленных агрегатах

Скорость прямого восстановления зависит от природы оксида, природы и свойств восстановителя и других факторов. Следует отметить, что обе стадии реакции прямого восстановления (косвенное восстановление и реакция газификации углерода) взаимосвязаны, и развитие или замедление одной из стадий будет ускорять или замедлять другую реакцию, следовательно, саму себя.

Особенностью развития реакции является то, что при взаимодействии CO и CO_2 с твердыми фазами на каждую молекулу CO_2 , образующуюся по реакции непрямого восстановления, образуются две молекулы CO по реакции газификации. Такое развитие реакции должно было бы привести к очень быстрому исчезновению твердых тел (оксидов железа и твердого углерода), если бы каждая из образующихся молекул CO и CO_2 вступала в реакцию. В действительности же этого нет. При создании хорошего контакта оксидов с углеродом (например, совместное перемешивание частиц вюстита размером 1 мкм с сажей) наблюдается лавинообразное нарастание скорости восстановления.

Таким образом, при использовании твердого углерода эффективность процесса, как и при любой твердофазной реакции, зависит, прежде всего, от создания максимального контакта между восстановителем и восстанавливаемым оксидом. Однако и при этом условии на процесс восстановления влияют другие факторы.

На процесс металлизации, прежде всего, влияют реакционная способность восстановителя и содержание в нем летучих. Реакционная способность характеризует активность восстановителя по отношению к углекислому газу и чаще всего оценивается показателем

$$R = \frac{0,5CO}{0,5CO+CO_2} \quad (1)$$

являющимся следствием реакции газификации углерода. Следует учитывать, что R значительно зависит от температуры. Иногда реакцию способность оценивают количеством газифицированного углерода в единицу времени.

Реакционная способность восстановителя также значительно зависит от величины поверхности частиц восстановителя. Поэтому измельчение восстановителя, положительно влияющее на скорость восстановления оксидов в результате резкого возрастания площади контакта восстановителя с твердым оксидом, оказывает дополнительное позитивное воздействие на процесс, так как одновременно увеличивается реакционная способность восстановителя.

Высказываемое ранее мнение о том, что при тонком измельчении восстановителей и при высокой температуре восстановления (выше $1000\text{ }^\circ\text{C}$) различие в реакционной способности восстановителей не влияет на скорость металлизации, видимо, следует считать необязательным.

Рост поверхности частиц не всегда является единственной и главной причиной увеличения реакционной способности восстановителя. В исследованиях Н.В. Панишева установлено, что содержание щелочных и щелочно-земельных металлов в золе топлива иногда воздействует более сильно, чем величина поверхности частиц восстановителя.

Влияние содержания летучих веществ (H_2 , CH_4 , CO) в восстановителе неоднозначно. Если летучие выделяются при повышенной температуре, они могут увеличивать скорость и достигаемую степень металлизации. Выделение летучих веществ при низких температурах мало влияет на процесс восстановления. Следует заметить, что рост содержания летучих веществ вызывает снижение доли нелетучего углерода в твердом восстановителе. Поэтому эффективность использования твердых восстановителей должна определяться экономическими расчетами с учетом стоимости и дефицитности используемого восстановителя.

Порядок проведения работы

Исходные материалы: окалина ($Fe_{\text{общ}}=73\%$, $Fe_{\text{мет}}=4,3\%$), графит, кокс, лигнин, известь.

Приготовить навеску следующего состава: 50 г. окалины, 25 г. графита, 5 г. извести. Материалы тщательно перемешать и поместить в тигель. Тигель накрыть крышкой и поставить в печь разогретую до 1000°C на 60 мин. После нагрева отделить образец от восстановителя, измерить массу и полученные данные записать в таблицу. Опыт повторить с коксом и лигнином

Степень восстановления определить по формуле

$$Fe_{\text{кон}} = \frac{a}{b} \cdot Fe_{\text{исх}}\%$$

где a – масса исходного образца;

b – масса образца после восстановления;

$Fe_{\text{исх}}$ – содержание железа в исходной руде, %.

№ опыта	Восстановитель	Масса образца до восстановления, г	Масса образца после восстановления, г	Степень восстановления, %
1	графит			
2	кокс			
3	лигнин			

Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Порядок проведения работы.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое восстановление?
2. Какие факторы влияют на скорость восстановления?
3. Что такое реакционная способность?
4. Как размеры восстановителя влияют на скорость восстановления?
5. При каких температурах размеры восстановителя не влияют на скорость восстановления?

Лабораторная работа №4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПЛАВКИ В РОТАЦИОННОЙ ПЕЧИ

Цель работы: ознакомиться с конструкцией ротационной печи, изучить оптимальные режимы плавки

Основные положения

Предлагаемая технология рециклинга металлоотходов включает в себя 2 стадии: восстановление металлов из оксидов (сульфидов и других соединений) в безокислительной атмосфере в присутствии восстановителя (отсев кокса, электродный бой и т.д.); расплавление восстановленного металла и довосстановление в жидкой фазе, а так же доводка расплава до требуемого хим. состава. Обе стадии технологического процесса реализуются в одном технологическом агрегате – ротационной наклоняющейся плавильной печи (РНП).

Ротационные печи – это новый тип печей, которые появились в последнее время как дальнейшее развитие вращающихся барабанных печей. Эти печи предоставляют широкие технологические возможности, в том числе возможность эффективной переработки металлосодержащих отходов, кроме того они имеют более высокий к.п.д.-50% и более. Использование печей данного типа позволит в 2-3 раза, при прочих равных условиях, сократить длительность нагрева и плавления дисперсных материалов по сравнению со стационарной плавкой, дает возможность управлять процессами, протекающими в рабочем пространстве печи.

Устройство ротационной печи

Металлоконструкция опорная 1 (рис. 1) предназначена для крепления к ней всех основных узлов печи и устанавливается на фундаментные болты. Рама поворотная 2 крепится к металлоконструкции опорной 1 посредством осей 3. и опирается на регулируемые болты 4, установленные в металлоконструкции опорной 1. Задняя часть корпуса печи 5 содержит хвостовик, установленный в подшипник опоры задней 6, которая жёстко закреплена к металлоконструкции опорной 1. Передняя часть корпуса печи содержит опорное кольцо 7, которое опирается на ролики двух симметрично расположенных передних опор 8, жёстко

прикреплённых к раме поворотной 2. Хвостовик корпуса печи содержит ведомую звёздочку 9 и посредством цепной передачи (на рис. 1 не показана) соединяется с приводом вращения 10, состоящей из ведущей звёздочки, жёстко закреплённой на валу мотор-редуктора. Для выбора зазоров цепной передачи мотор-редуктор установлен на салазки с возможностью перемещения поперечно оси центров корпуса печи.

Корпус печи 5 имеет возможность вращения вокруг своей оси симметрии от привода вращения 10, имеет возможность поворота вокруг горизонтально расположенных осей 3.

Вращение корпуса обеспечивает качественное перемешивание окалины, а поворот (опрокидывание) корпуса печи – возможность слива выплавленного металла.

Торец печи в рабочем положении прикрывается крышкой поворотной 11, которая прикреплена к металлоконструкции опорной 1 с возможностью поворота вокруг вертикально расположенной оси (на рис. 1 не показана). Угол поворота крышки составляет 180° . В крайнем отведённом положении крышка обеспечивает возможность загрузки печи окалиной. На фланце 12 крышки поворотной 11 установлена газовая горелка 13, снабжённая своим пультом управления и системой автоматики. Подвод и отвод крышки поворотной 11 осуществляется вручную, а её фиксация в крайних положениях производится ручным фиксатором (осью).

Для управления приводом вращения 10 служит пульт 15, содержащий инвертор для регулировки числа оборотов привода вращения 10.

Для слива выплавленного металла служит лоток выпускной 16, жёстко прикреплённый к металлоконструкции опорной 1.

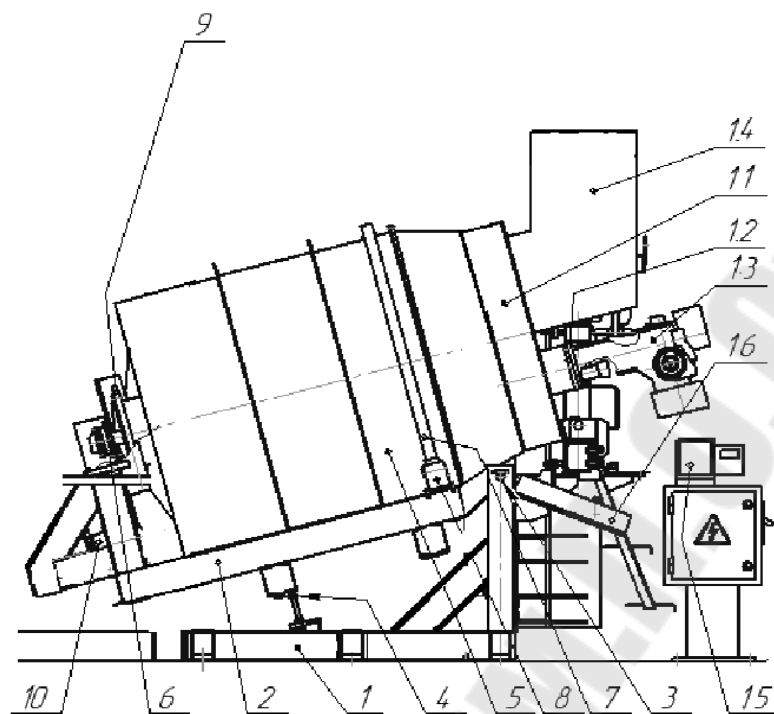


Рисунок 1 – Ротационная наклоняемая печь

Принцип работы

Принцип работы печи заключается в том, что шихта (например, окалина) вместе с необходимыми добавками помещается в замкнутое пространство корпуса печи 5 и подвергается перемешиванию вследствие вращения корпуса печи вокруг его оси центров. При этом она нагревается от пламени горелки 13, восстанавливается и плавится. Выплавленный металл скапливается в нижней части корпуса печи 5, а шлак остаётся сверху. При отводе крышки поворотной 11 и наклоне корпуса печи 5 осуществляется слив металла и удаление шлака. При возврате корпуса печи 5 в первоначальное (рабочее положение), осуществляется загрузка окалиной, возврат крышки откидной 11 в первоначальное (исходное) положение, включение привода вращения и запальника горелки. Цикл плавки повторяется.

Ротационная установка позволяет перерабатывать отходы практически любых металлов и в любом состоянии: от кускового лома до измельчённой стружки, включая сильно окисленные (окалину, металлургическую пыль) и загрязнённые отходы (стружку от металлорежущих станков, аспирационную пыль, уловленную фильтрами, шлак и др.). Футеровка печи, мощность горелочных

устройств, рабочая ёмкость печи и её габариты выбираются в зависимости от типа перерабатываемых отходов и требуемой производительности. Преимущества ротационной печи по сравнению с традиционными тигельными, отражательными, котловыми и барабанными печами, используемыми для переработки отходов; установками и системами для рециклинга или прямого восстановления железа:

- снижение удельных энергозатрат на 20-25%;
- повышение производительности на 30-35% при одинаковой тепловой мощности;
- возможность переработки практически любой шихты без предварительной подготовки (окалины, аспирационной пыли, шламов и т.п.);
- возможность активного ведения всех металлургических процессов (восстановления, расплавления, перегрева, модифицирования, перемешивания и т.д.);
- низкие капитальные затраты (в 10-20 раз ниже известных установок для рециклинга).

Порядок проведения работы

Изучить технологический процесс получения чугуна и стали из прокатной окалины, который состоит из нескольких последовательных стадий и приведен на рис. 2.

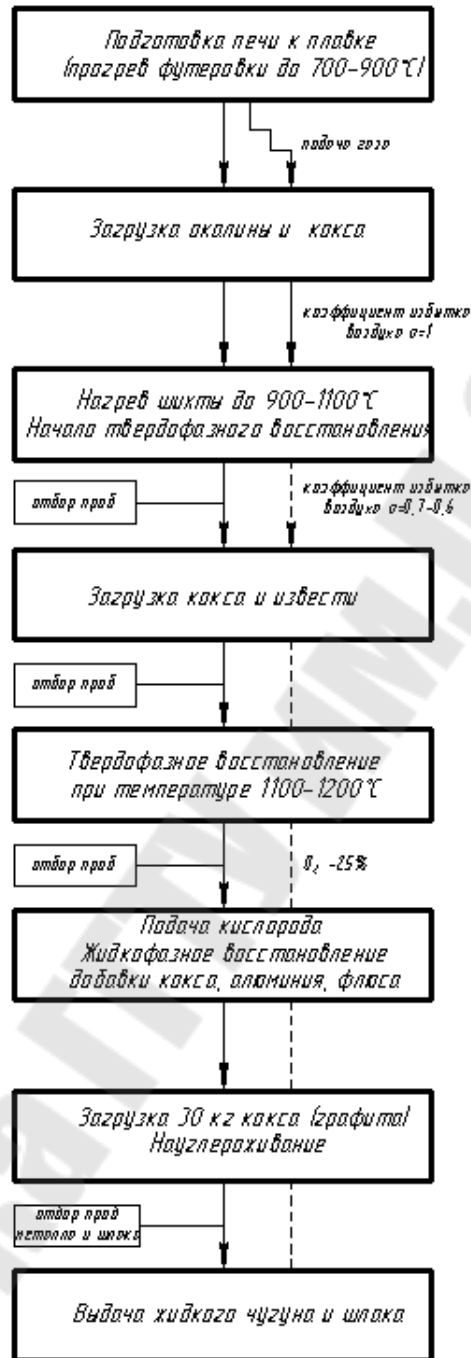


Рисунок 2 – Технологическая схема переработки окалины в РНП

Загрузка окалины в печь



Твердофазное восстановление окалины



*Подача кислорода.
Жидкофазное восстановление*



Слив металла и шлака

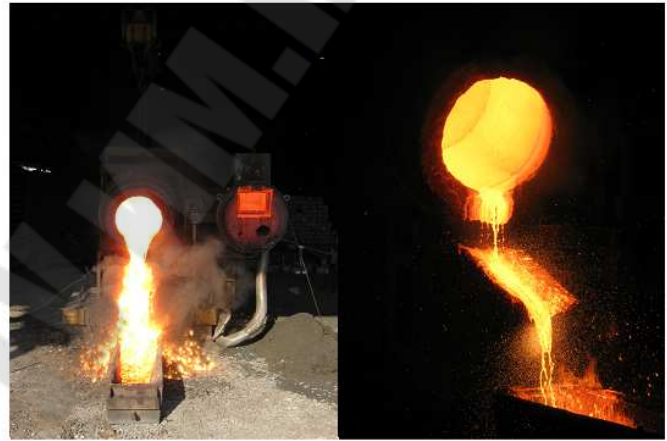


Рисунок 3 - Переработка окалины в РНП

Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения.
2. Порядок проведения работы.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Конструкция ротационной печи.
2. Назовите преимущества ротационной печи.
3. Опишите технологическую схему переработки окалины в ротационной печи.
4. Что такое твердофазное восстановление?
5. Что такое жидкофазное восстановление?

6. При какой температуре происходит твердофазное восстановление?

7. При какой температуре происходит жидкофазное восстановление?

8. Какие восстановители можно использовать в ротационной печи?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воскобойников В.Г. Общая металлургия / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев: учеб. для вузов – Москва: Академкнига, 2005. -768 с.
2. Юсфин Ю.С. Новые процессы получения металла / Ю.С. Юсфин, А.А. Гиммельфарб, Н.Ф. Пашков. – Москва: Металлургия, 1994 г. – 319 с.
3. Князев В.Ф. Бескоксая металлургия железа/ В.Ф. Князев, А.И Гиммельфорб, А.М. Неменов.– Москва: Металлургия, 1972. – 272 с.
4. Юсфин Ю.С. Металлургия железа/Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков. Москва: ИКЦ Академкнига, 2007 – 464 с.
5. Бигеев А.М. Непрерывные сталеплавильные процессы/ А.М. Бигеев. Москва: «Металлургия», 1986 - 372 с.

Заяц Татьяна Михайловна

**НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ
В МЕТАЛЛУРГИИ**

**Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-42 01 01
«Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»
направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое
производство и материалобработка (металлургия)»
специализации 1-42 01 01-01 02 «ЭлектрOMETаллургия
черных и цветных металлов»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 20.05.14.

Рег. № 69Е.
<http://www.gstu.by>