

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

ПРАКТИКУМ

по одноименному курсу

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 2015

УДК 669.1(075.8)
ББК 34.32я73
М54

*Рекомендовано научно-методическим советом
технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 24.02.2015 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. ГГТУ им. П. О. Сухого
И. Б. Одарченко

М54 Металлургическая переработка отходов : практикум по одному курсу 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» днев. и заоч. форм обучения / сост.: Т. М. Заяц. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 33 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://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены лабораторные работы по дисциплине: определение основных физико-химических характеристик металлической стружки; определение основных физико-химических характеристик окалины; изучение технологии переработки металлической стружки; изучение технологии переработки окалины; изучение процессов сепарации; изучение технологии вторичной плавки черных и цветных металлов.

Для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 669.1(075.8)
ББК 34.32я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУЖКИ ...	2
Лабораторная работа №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКАЛИНЫ	7
Лабораторная работа №3 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУЖКИ	11
Лабораторная работа №4 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОКАЛИНЫ	13
Лабораторная работа №5 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ.....	20
Лабораторная работа №6 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВТОРИЧНОЙ ПЛАВКИ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ	25
Литература	31

Лабораторная работа №1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУЖКИ

Цель работы: изучить основные физико-химические характеристики стружки

Основные положения

Стружка – совокупность мелких частиц металла, срезанных или сдир. с обрабатываемых поверхностей металлических заготовок для придания им заданной конструктором формы и размеров. Стружка образуется также при распиловке заготовок, их абразивной резке и зачистке, при сверлении и расточке отверстий и внутренних полостей. Стружка подразделяется на вьюнообразную (с длиной витка >100 мм), сыпучую (с длиной витка ≤ 100 мм) и смешанную, состоящую из смеси вьюнообразной и сыпучей стружки, а также содержащей посторонние примеси. Стружка используется после предварительной подготовки в качестве металлической составляющей шихты при выплавке стали и сплавов. При обработке заготовок на металлообрабатывающих станках применяют смазывающе-охлаждающие жидкости. Поэтому необходимо перед загрузкой стружки в плавильный агрегат ее промывка, сушка, компактирование на вальцевых брикетирующих прессах. Вьюнообразную сливную стружку предварительно измельчают в валковых или молотковых дробилках.

В литейные цеха на переплавку стружка доставляется россыпью с различных предприятий, при этом, как правило, значительно отличается величиной насыпной массы, фракционным составом, степенью загрязнения и др. параметрами.

Условно можно разделить всю стружку на две группы – смешанная «крупная» и смешанная «мелкая» (рис. 1, 2), без учета степени загрязнения. Соответственно насыпная плотность (ρ_c) данных групп стружки колеблется от 1000-1300 до 1500-1600 кг/м³. Кроме того необходимо принимать во внимание сроки хранения стружки на складах, так как при длительном хранении на площадках насыпная плотность увеличивается до 1700-1900 кг/м³. ГОСТ регламентирует среднее значение $\rho_c = 1800$ кг/м³, ориентируясь на максимальные сроки хранения, что не всегда возможно.



Рисунок 1 – Чугунная элементная стружка.



Рисунок 2 – Чугунная элементная мелкая стружка.

Классификация чугуной стружки с учетом объемной массы и методов ее обработки приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Виды и группы чугуной стружки

Вид стружки	Группа стружки	Объемная масса, т/м ³	Тип станков, дающих стружку
Элементная	1	1,5—2,0	Все виды металлорежущих станков
Элементная (мелкая крошка, куски)	2	1,0—2,0	Фрезерные, зубообрабатывающие, сверлильные, строгальные, долбежные станки и дисковые пилы

При длительном хранении стружка слеживается, подвергается коррозии. Насыпная масса увеличивается до 1,7-1,9 т/м³.

Порядок проведения работы

Исходные материалы: стружка чугунная элементная, стружка чугунная элементная мелкая.

1 Определение насыпной плотности чугунной стружки

Насыпаем в мерную емкость 200-400 мл стружки свободно без уплотнения, измеряем массу этого объема и определяем насыпную плотность по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где m – масса стружки в емкости, кг;

V – объем стружки в мерной ёмкости, м³.

Опыт повторяем по 3 раза для каждой группы стружки. Результаты записываем в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты определения насыпной плотности стружки

№ п/п	Элементная чугунная стружка			Элементная (мелкая крошка, куски) чугунная стружка		
	Объем, м ³	Масса, кг	Плотность, кг/м ³	Объем, м ³	Масса, кг	Плотность, кг/м ³
1						
2						
3						
Среднее значение						

2 Определение фракционного состава чугунной стружки

Отмеряем на весах 100 грамм чугунной стружки. Проводим ситовой анализ:

1. Собираем сита. Под нижнее сито устанавливаем тазик.

2. Снимаем крышку со стопки сит и на верхнее сито насыпаем 100г чугунной стружки.

3. Накрываем стопку сит крышкой, ставим всю собранную стопку на поддон прибора модели 029 для ситового анализа и накрываем верхней крышкой.

4. Включаем прибор и после 15-минутной работы останавливаем его.

5. Освобождаем стопку сит и снимаем её с поддона.

6. Аккуратно снимаем со стопки каждое верхнее сито по очереди, высыпая содержимое на бумагу, после чего изымаем застрявшие в отверстиях кусочки, прочистив сито с обеих сторон мягкой кисточкой. Остаток в тазике также высыпая на бумагу.

7. Высыпанную на бумагу стружку из каждого сита тщательно взвешиваем с точностью до 0,01г, заносим результаты в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты ситового анализа

Элементная чугунная стружка		Элементная (мелкая крошка, куски) чугунная стружка	
Размер сита, мм	Масса, г	Размер сита, мм	Масса, г
10		10	
7		7	
3		3	
2		2	
тазик		тазик	
потери		потери	
всего		всего	

По полученным данным построить диаграмму и проанализировать полученные результаты.

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы

1. Что такое стружка?

2. По каким признакам классифицируется стружка?
3. Где применяется стружка?
4. Как определить насыпную плотность стружки?
5. Порядок определения фракционного состава стружки?
6. Как наличие влаги и масла влияет на качество стружки?

Лабораторная работа №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКАЛИНЫ

Цель работы: определить основные характеристики окалины.

Основные положения

Окалина – продукт высокотемпературного окисления металла или газовой коррозии. На готовом стальном полуфабрикate обычно имеется окалина толщиной ≤ 20 мкм (чаще 7-15 мкм). Наружный слой окалины обычно вюстит (FeO), внутренний слой, прилегающий к металлу – гематит (Fe₂O₃). Различают первичную окалину, образующуюся при нагреве под деформацию, и вторичную окалину, появляющуюся в процессе деформации и последующего охлаждения. При прокатке окалина удаляется на окалиноломателях и гидросбивом. Окалинообразование наиболее интенсивно развивается при температурах выше 900-1000°C, при прокатке оно приводит к потерям металла до 3-4%.

В таблице 1 приведен химический состав окалины, образующейся на ОАО "Белорусский металлургический завод - управляющая компания холдинга "Белорусская металлургическая компания"

Таблица 1 – Химический состав окалины

Материал	Место образования	Fe _{общ}	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃	C	S	P	Mn
Окалина крупночешуйчатая	заготовки ЭСПЦ	72	2,6	61	31	0,22	0,02	0,012	0,45
Окалина мелкочешуйчатая	прокатное производство	73	4,3	61	31	0,15	0,02	0,01	0,43
Пыль аспирационная	фильтры ЭСПЦ	30	0,7	4,1	37	1,99	0,82	0,011	2
Пыль абразивная	Станки при обтачивании	85	79	7,2	0,6	4,1	0,02	0,007	0,04

Порядок проведения работы

1 Определение насыпной плотности окалины

Насыпаем в мерную емкость 200 мл окалины свободно без уплотнения, измеряем массу этого объема и определяем насыпную плотность по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где m – масса стружки в емкости, кг;
 V – объем стружки в мерной ёмкости, м³.

Опыт повторяем по 3 раза для каждой группы окалины. Результаты записываем в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты определения насыпной плотности окалины

№ п/п	Окалина крупночешуйчатая			Окалина мелкочешуйчатая		
	Объем, м ³	Масса, кг	Плотность, кг/м ³	Объем, м ³	Масса, кг	Плотность, кг/м ³
1						
2						
3						
Среднее значение						

2 Определение фракционного состава чугушной стружки

Отмеряем на весах 100 грамм окалины. Проводим ситовой анализ:

1. Собираем сита. Под нижнее сито устанавливаем тазик.
2. Снимаем крышку со стопки сит и на верхнее сито насыпаем 100г окалины.
3. Накрываем стопку сит крышкой, ставим всю собранную стопку на поддон прибора модели 029 для ситового анализа и накрываем верхней крышкой.
4. Включаем прибор и после 15-минутной работы останавливаем его.
5. Освобождаем стопку сит и снимаем её с поддона.

6. Аккуратно снимаем со стопки каждое верхнее сито по очереди, высыпая содержимое на бумагу, после чего изымаем застрявшие в отверстиях кусочки, прочистив сито с обеих сторон мягкой кисточкой. Остаток в тазике также высыпая на бумагу.

7. Высыпанную на бумагу окалину из каждого сита тщательно взвешиваем с точностью до 0,01г, заносим результаты в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты ситового анализа

Окалина крупночешуйчатая		Окалина мелкочешуйчатая	
Размер фракции, мм	Масса, г	Размер фракции, мм	Масса, г
более 2,5		более 2,5	
1,6-2,5		1,6-2,5	
1,0-1,6		1,0-1,6	
0,63-1,0		0,63-1,0	
0,4-0,63		0,4-0,63	
0,315-0,4		0,315-0,4	
0,2-0,315		0,2-0,315	
0,16-0,2		0,16-0,2	
0,1-0,16		0,1-0,16	
0,063-0,1		0,063-0,1	
0,05-0,063		0,05-0,063	
менее 0,05		менее 0,05	
потери		потери	
всего		всего	

По полученным данным построить диаграмму и проанализировать полученные результаты.

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы

1. Что такое окалина?
2. Строение окалины?
3. Какие оксиды железа существуют? Назовите высший и низший оксид.
4. Что такое вюстит, гематит, магнетит?
5. Порядок проведения ситового анализа?

Лабораторная работа №3 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУЖКИ

Цель работы: определить зависимость скорости восстановления от типа восстановителя.

Основные положения

Одним из способов переработки стружки является брикетирование.

Технология горячего брикетирования чугунной стружки заключается в следующем: поставляемая из структурных подразделений стружка с влажностью до 8% без предварительной очистки от СОЖ брикетируются на гидравлическом прессе. Полученные брикеты через транспортную систему загружают в печь, где при нагревании до температуры $t=700-800$ °С из них происходит выпаривание влаги и разложение масла с выделением свободного углерода, частички которого, оседая на фракциях стружки, препятствуют окислению металла. Затем брикеты выдаются из печи, в горячем состоянии доуплотняются во втором прессе и выдаются в тару. Для реализации этого технологического процесса необходимо следующие оборудование:

- приемные бункера;
- конвейер подачи стружки;
- грохот для удаления из стружки посторонних предметов;
- конвейер подачи стружки в приемный бункер;
- приемный бункер с вибратором;
- пресс гидравлический усилием 600 тс;
- транспортер наклонный для накопления брикетов и их подачи на позицию загрузки;
- манипулятор загрузки;
- газовая печь для нагрева брикетов;
- механизм выгрузки из печи;
- манипулятор для загрузки брикетов во второй пресс;
- пресс усилием 600 тс со штампом и штамповой оснасткой для горячего прессования;

- транспортер для приема горячих брикетов и выдачи их в тару.

Кроме того, комплекс оборудован емкостями для сбора отжатых маслоэмульсионных примесей.

В состав печи входят: пятиручьевого конвейер со специальными ложементами для размещения брикетов, система дожигания, состоящая из двух специальных камер со стороны загрузки и выгрузки и отапливаемых газовыми горелками, система удаления дымовых газов с дымососом и трубой, а также рекуператоры для подогрева воздуха, подаваемого на горение.

Порядок проведения работы

Изучить технологический процесс получения брикетов из стальной стружки, описать порядок требуемых операций и оборудования.

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы

1. Что такое стружка?
2. Классификация стружки?
3. Способы утилизации стружки?
4. Описать последовательность операций при брикетировании стружки?

Лабораторная работа №4 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОКАЛИНЫ

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

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 также 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 салазке 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.

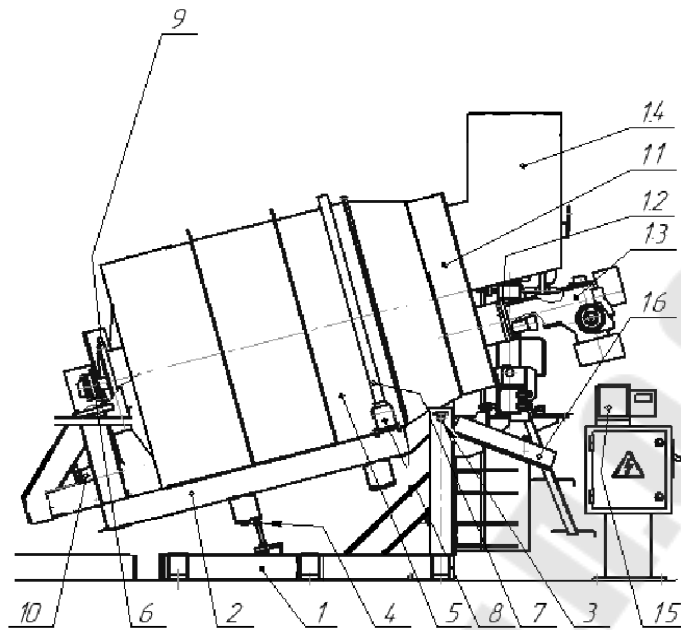


Рисунок 1 – Ротационная наклоняемая печь

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.

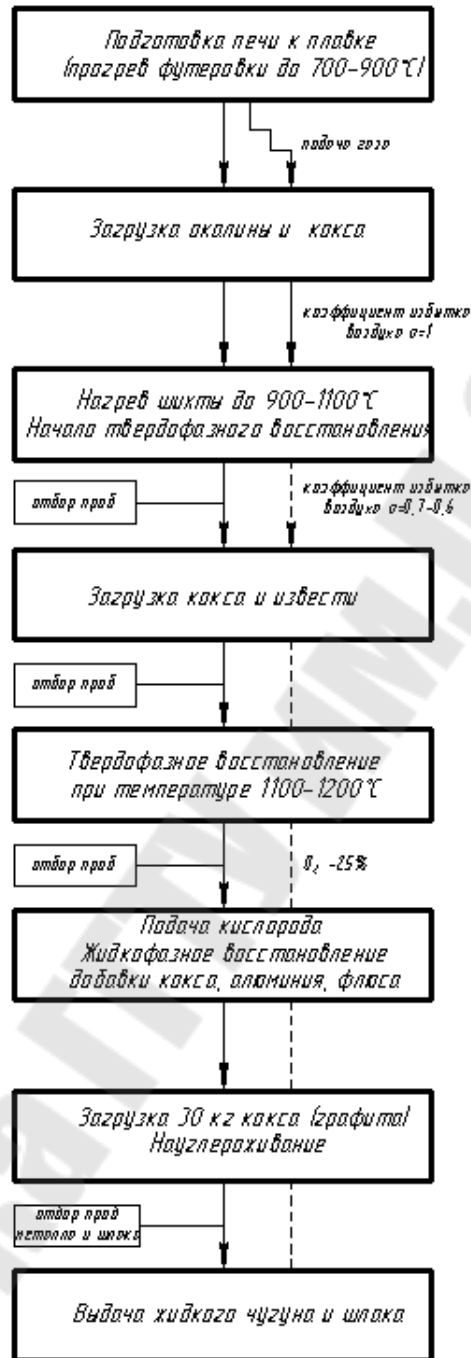


Рисунок 2 – Технологическая схема переработки окалины в РНП

Загрузка окалины в печь



Твердофазное восстановление окалины



*Подача кислорода.
Жидкофазное восстановление*



Слив металла и шлака

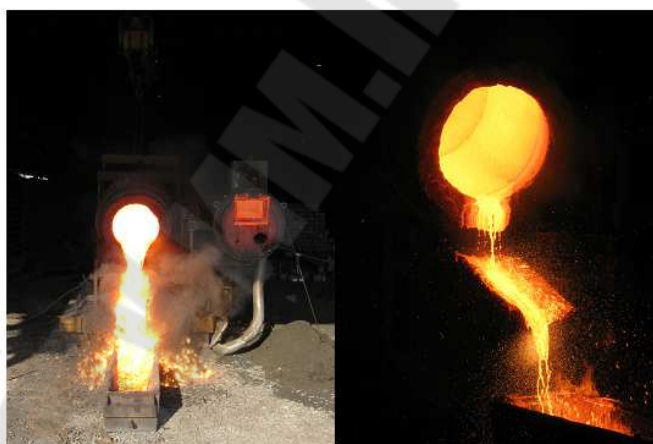


Рисунок 3 - Переработка окалины в РНП

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?

Лабораторная работа №5 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ

Цель работы: изучить различные способы сепарации и область их применения.

Основные положения

При переработке твердых отходов (особенно минеральных, содержащих черные и цветные металлы; вышедшей из строя радиоэлектронной аппаратуры и других изделий на основе металлов и сплавов; некоторых топливных зол; шлаков цветной и черной металлургии и ряда других вторичных материальных ресурсов) используют различные методы сепарации.

Процесс сепарации может осуществляться в воздушной среде (сухие способы) или в различных жидкостях (мокрые способы).

Сепарация (от лат. *separatio* – отделение) [separation] – процессы разделения смесей разнородных частиц твердых материалов, жидкостей разной плотности, эмульсий; взвесей твердых частиц или капелек в газе или паре. При сепарации разделенные компоненты не изменяют химического состава. Сепарация основана на различии в физических или физико-химических свойствах компонентов смеси: формы, прочности, плотности, смачиваемости поверхности, магнитных и электрических свойств и т.п. В обогащении полезных ископаемых сепарация – почти все операции разделения (включая грохочение и классификацию) полезных минералов от пустой породы и вредных примесей.

К сухим способам сепарации относятся: магнитные, электродинамические, электрические и пневматические. К мокрым способам сепарации относятся: тяжелосредные, магнитогидростатические и гидравлические.

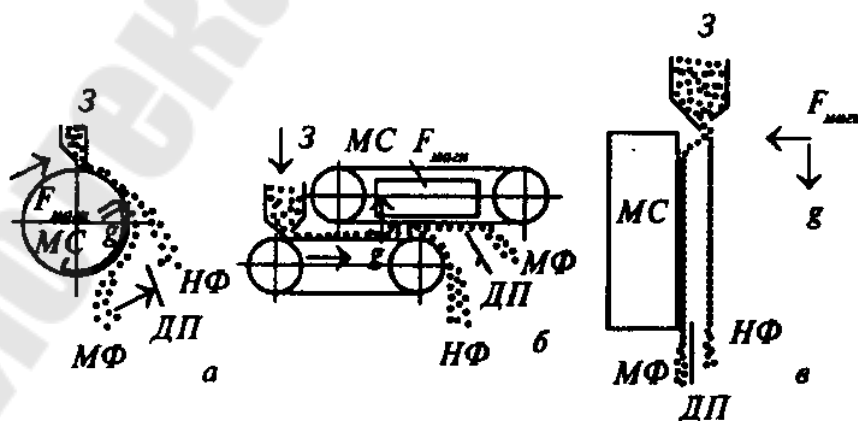
Вакуумная сепарация — сепарация двух компонентов металлургической системы, основанная на различии давлений их паров и интенсифицировании вакуумом. С целью снижения температуры процесс проводят под вакуумом.

Винтовая сепарация – сепарация двух материалов по плотности в безнапорном наклонном потоке малой глубины. В винтовых сепараторах наклонный желоб винтовой (с вертикальной

осью). Пульпа загружается в верхнюю часть желоба и под действием силы тяжести стекает вниз по сечению желоба тонким потоком разной глубины. Под действием гравитационных, гидродинамических и центробежных сил тяжелые минералы концентрируются у внутреннего борта желоба, а легкие – у внеш. Винтовая сепарация – один из методов гравитационного обогащения. Применяется для обогащения тонкозерновых материалов (< 74 мкм), содержащих благородные металлы, ильменит, циркон, рутил, железные руды, фосфориты, хромиты и пр.

Магнитная сепарация – сепарация двух минералов, основанная на их разделении по магнитным свойствам. Минералы с высокой магнитной восприимчивостью при магнитной сепарации отделяются от немагнитных и слабомагнитных частиц. Это основной метод обогащения магнетитных железных руд, а также гематитных руд. Магнитная сепарация может осуществляться в сухом состоянии и в пульпе (мокрая м. с.).

По характеристике магнитного поля различают магнитные сепараторы с сильным магнитным полем (> 320 кА/м) – для сепарации слабомагнитных руд и со слабым полем (< 320 кА/м) – для сепарации сильномагнитных руд. По способу подачи сырья различают магнитные сепараторы с верхней, нижней и вертикальной загрузкой (рис. 1). По конструкции различают барабанные магнитные сепараторы с радиальной и секторной системой, вертикальные, горизонтальные и наклонные ленточные магнитные сепараторы, индукционно-винтовые и индукционно-роликовые магнитные сепараторы.



а – верхняя; б – нижняя; в - вертикальная

Рисунок 1 – Способы подачи материала в магнитное поле сепаратора

Электрическая сепарация – сепарация двух смесей материалов (руд, вторичного сырья и т.д.), основанная на использовании взаимодействия электрически заряженных частиц и сильных электрических полей. Электрическая сепарация использует различие условий зарядки, движения и удержания на электродах компонентов, отличающихся по своим электрическим свойствам, размерам, плотности, форме, массе. Частный случай электрической сепарации – электростатическая сепарация.

Электростатическая сепарация – разделение частиц путем подачи на сыпучий материал высокого электрического напряжения и разделение частиц вследствие разной способности материалов приобретать и сохранять электрический заряд, в результате чего под действием электрического поля изменяется траектория движения этих частиц.

Порядок проведения работы

Изучить технологический процесс переработки низкокачественных отходов цветных металлов с использованием комплекса радиометрической сортировки, приведенный на рис. 2.

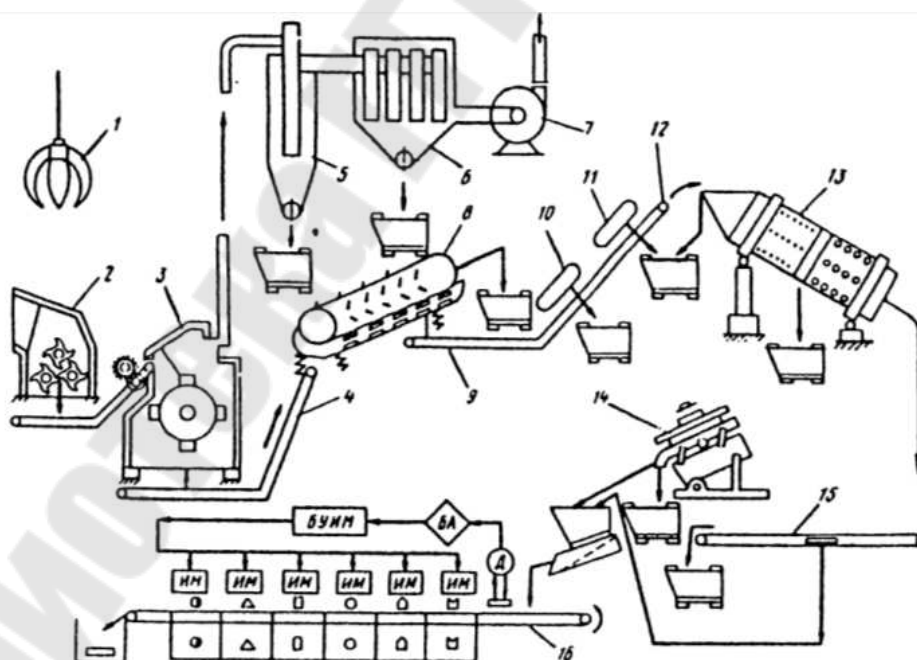


Рисунок 2 – Линия переработки низкокачественных отходов цветных металлов

Исходное сырье грейфером 1 подают на фрагментатор 2, откуда фрагментированный лом поступает в молотковую дробилку 3. Из дробленого продукта воздушным потоком от вентилятора 7 удаляется пылевидная фракция (пыль, бумага, текстиль, мелкие частицы металла и др.), которая накапливается в циклоне 3 и рукавном фильтре 6. Куски металла пластинчатым питателем 4 подаются на сепаратор-пучковыведитель 8, с помощью которого из дробленого лома выделяются пучки проволоки, текстиля и т. п. Далее сырье поступает на ленточный конвейер 9, над которым установлены два подвесных саморазгружающихся магнитных сепаратора 10 и 11. Первый сепаратор со слабым магнитным полем предназначен для выделения из смеси только кусков свободного железа, второй сепаратор с сильным магнитным полем – для выделения механических сростков ферромагнитных материалов и цветных металлов. Для выделения этих сростков используется также электромагнитный шкив 12 с сильным магнитным полем. Оставшийся на ленточном конвейере немагнитный продукт подается в барабанный грохот 13. Здесь дробленый продукт разделяется по классам крупности – 10, +10 – 40 и +40 – 150 мм. Фракции крупностью +10 – 40 и +40 – 150 мм подаются соответственно на вибрационный 14 и ленточный 15 электродинамические сепараторы. С помощью этих сепараторов получают два продукта: первый – концентрат цветных металлов, который преимущественно содержит куски алюминиевых сплавов, второй – неметаллические материалы, нержавеющую сталь, титан.

Концентраты цветных металлов после дробления, магнитной и электродинамической сепарации поступают на комплекс автоматизированной сортировки 16 отходов цветных металлов по группам и маркам сплавов.

Комплекс состоит из бункера-накопителя, устройства формирования покусковой подачи исходного сырья, транспортирующих устройств, узла облучения кускового сырья, блока детекторов Д, блока анализатора БА, блока управления исполнительными механизмами БУИМ, системы исполнительных механизмов ИМ, приемников продуктов сепарации.

Комплекс работает следующим образом. Исходное сырье поступает через бункер-накопитель на вибропитатель и далее на устройства покусковой подачи дробленого материала, где обеспечивается заданная скорость транспортировки и необходимый

интервал между кусками дробленого лома, которые подаются в зону облучения, создаваемую рентгеновскими трубками. Регистрация вторичного характеристического излучения каждого сепарируемого куска осуществляется с помощью спектрометрического детектора. Сигнал с детектора поступает в блок-анализатор, который определяет элементный состав кусков. Выделение кусков в соответствующий короб осуществляется исполнительными механизмами блока управления.

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы

1. Что такое сепарация?
2. Виды сепарации?
3. Что такое грохочение?
4. Что такое магнитная сепарация?
5. Классификация магнитных сепараторов?
6. Что такое винтовая сепарация?
7. Что такое вакуумная сепарация?
8. Что такое электрическая сепарация?
9. Что такое электростатическая сепарация?
10. Расскажите технологический процесс переработки низкокачественных отходов цветных металлов с использованием комплекса радиометрической сортировки.

Лабораторная работа №6 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВТОРИЧНОЙ ПЛАВКИ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Цель работы: изучение технологического процесса плавки в индукционной тигельной печи.

Основные положения

Индукционные тигельные печи (ИТП) широко применяются в промышленности для плавки черных и цветных металлов, как на воздухе, так и в вакууме и в защитных атмосферах. В настоящее время используются такие печи емкостью от десятков грамм до десятков тонн. Тигельные индукционные печи применяют главным образом для плавки высококачественных сталей и других специальных сплавов, требующих особой чистоты, однородности и точности химического состава, что недостижимо при плавке в пламенных и дуговых печах.

Плавка обычных сортов стали в печах без сердечника менее экономична, чем в дуговых, так же как и обычных цветных металлов и сплавов, по сравнению с индукционными канальными печами.

Достоинства тигельных плавильных печей:

- Выделение энергии непосредственно в загрузке, без промежуточных нагревательных элементов.

- Интенсивная электродинамическая циркуляция расплава в тигле, обеспечивающая быстрое плавление мелкой шихты и отходов, быстрое выравнивание температуры по объему ванны и отсутствие местных перегревов и гарантирующая получение многокомпонентных сплавов, однородных по химическому составу.

- Принципиальная возможность создания в печи любой атмосферы (окислительной, восстановительной, нейтральной) при любом давлении (вакуумные или компрессионные печи).

- Высокая производительность, достигаемая благодаря высоким значениям удельной мощности (особенно на средних частотах).

- Возможность полного слива металла из тигля и относительно малая масса футеровки печи, что создает условия для снижения

тепловой инерции печи благодаря уменьшению тепла, аккумулированного футеровкой. Печи этого типа весьма удобны для периодической работы с перерывами между плавками и обеспечивают возможность для быстрого перехода с одной марки сплава на другую.

- Простота и удобство обслуживания печи, управления и регулирования процесса плавки, широкие возможности для механизации и автоматизации процесса.

- Высокая гигиеничность процесса плавки и малое загрязнение воздушного бассейна.

Необходимо отметить следующие недостатки тигельных печей:

- Относительно низкая температура шлаков, наводимых на зеркало расплава с целью его технологической обработки. Относительно холодные шлаки затрудняют протекание реакций между металлом и шлаком и, следовательно, затрудняют процессы рафинирования. Шлак в ИТП, индифферентный к электрическому току, нагревается только от расплавляемого металла, поэтому его температура всегда ниже.

- Сравнительно низкая стойкость футеровки при высоких рабочих температурах расплава и при наличии теплосмен (резких колебаний температуры футеровки при полном сливе металла).

- Высокая стоимость электрооборудования, особенно при частотах выше 50 Гц.

- Более низкий КПД всей установки вследствие необходимости иметь в установке источник получения высокой или повышенной частоты, а также конденсаторов, а также при плавке материалов с малым удельным сопротивлением.

Сочетанием таких качеств (высокая стоимость электрооборудования и низкий КПД) определяется область применения индукционных тигельных печей: плавка легированных сталей и синтетического чугуна, цветных тяжелых и легких сплавов, редких и благородных металлов. Поскольку область применения этих печей ограничивается не техническими, а экономическими факторами, по мере увеличения производства электроэнергии она непрерывно расширяется, захватывая все более дешевые металлы и сплавы.

Тигельные печи все чаще стали использовать в комплексе с другими плавильными агрегатами (вагранками, дуговыми печами). В этих случаях металл, предварительно расплавленный в указанных

печах, поступает в индукционную электропечь для рафинирования и доведения до заданного химического состава.

Принцип действия индукционной тигельной печи

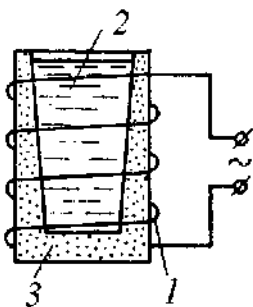


Рисунок 1 - Индукционная плавка металлов в тигельной печи:

- 1 – индуктор; 2 – расплав;
- 3 – огнеупорный тигель

В основе работы тигельной печи лежит трансформаторный принцип передачи энергии индукцией от первичной цепи ко вторичной. Подводимая к первичной цепи электрическая энергия переменного тока превращается в электромагнитную, которая во вторичной цепи переходит снова в электрическую, а затем в

тепловую.

Индукционные тигельные печи также называют индукционными печами без сердечника. Печь представляет собой плавильный тигель, как правило, цилиндрической формы, выполненный из огнеупорного материала и помещенный в полость индуктора, подключенного к источнику переменного тока (рис. 1). Металлическая шихта (материал, подлежащий плавлению) загружается в тигель и, поглощая электрическую энергию, плавится. В тигельной печи (рис. 1) первичной обмоткой служит индуктор, обтекаемый переменным током, а вторичной обмоткой и одновременно нагрузкой – сам расплавляемый металл, загруженный в тигель и помещенный внутрь индуктора.

Магнитный поток в тигельной печи проходит в той или иной степени по самой шихте. Поэтому для работы печи без сердечника имеют большое значение магнитные свойства, а также размеры и форма кусков шихты.

Основные элементы конструкции печей промышленной частоты.

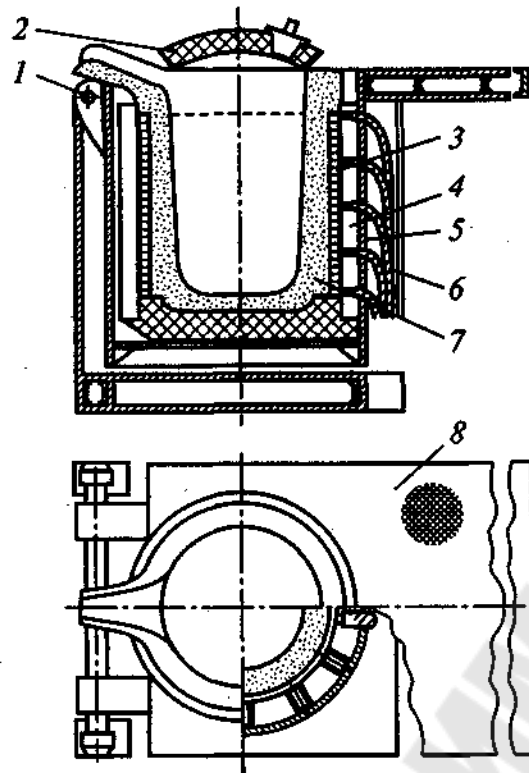


Рисунок 2 - Общий вид тигельной печи

Каркас индукционной тигельной печи 5 (рис. 2) может поворачиваться вокруг оси 1 для слива металла под действием гидравлических цилиндров. Индуктор 3 опирается на магнитопроводы 4, представляющие собой пакеты трансформаторной стали. Магнитопроводы служат для замыкания внешнего магнитного поля индуктора и позволяют, таким образом, избежать нагрева металлоконструкций, расположенных рядом с индуктором. Кроме того, они обеспечивают жесткость индуктору. Набивной из спекаемых огнеупорных масс тигель 7 закрывается крышкой 2. Подводы воды и тока к индуктору осуществляются гибкими водоохлаждаемыми кабелями и шлангами 6. При замерах температуры, отборе проб и вводе присадок плавильщик находится на рабочей площадке печи 8.

Индуктор печи промышленной частоты выполняется из медной неравностенной трубки, утолщенная часть которой обращена к оси индуктора.

Охлаждение индуктора обычно секционное. Каждая секция имеет свой вход и выход охлаждающей воды. Это обеспечивает

необходимую пропускную способность при небольшом давлении охлаждающей воды.

Технология плавки в индукционной печи.

Плавкой называется процесс переработки материалов (металлов) в плавильных печах с получением конечного продукта в жидком виде.

Технологический процесс плавки в индукционной печи включает следующие операции: загрузку шихты, нагрев и расплавление ее, перегрев, науглероживание и доведение химического состава чугуна до заданного, а также термовременную обработку (выдержку).

Загружаемая шихта частично погружается в расплав, создавая сплошную электропроводную среду, в которой индуктором наводятся вихревые токи. В печах промышленной частоты необходимым условием нормальной эксплуатации является работа печи с неполным сливом расплавленного металла, т. е. с остаточной емкостью (с «болотом»). Загрузка в жидкий металл (остаток от предыдущей плавки, называемый зумпфом или «болотом») необходима потому, что при использовании электрического тока промышленной частоты в дискретных элементах шихты наведение вихревых токов малоэффективно. Вихревые токи разогревают металл, и он плавится. Масса зумпфа доходит до 50 % от общей массы металла в печи (емкости печи) и соответственно влияет на длительность периодов плавки. С увеличением «болота» производительность печи заметно возрастает. Это объясняется улучшением условий теплопередачи от жидкого металла к твердой шихте (благодаря интенсивному движению жидкого металла), и увеличением потребляемой печью мощности. Наиболее рациональным режимом работы печей промышленной частоты являются частые отборы металла небольшими порциями, составляющими 20 - 30 % от емкости тигля.

В печах средней частоты, которые обычно работают с полным сливом металла, производительность во многом зависит от плотности укладки шихты в тигле и ее чистоты. В этом случае (при плотной укладке) потребляется мощность, близкая к номинальной, и плавка по времени производится быстро - близко к расчетному времени.

Порядок проведения работы

Рассчитать основные геометрические размеры индукционной тигельной печи. Исходные данные для расчета выдает преподаватель.

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы

1. Принцип работы индукционной тигельной печи (ИТП)?
2. Преимущества и недостатки ИТП?
3. Конструкция ИТП?
4. Классификация ИТП?
5. От чего зависит частота тока ИТП?
6. Технология плавки в ИТП

Литература

1 Бобович, Б.Б., Переработка отходов производства и потребления: справочное издание/ Б.Б.Бобович, В.В.Девяткин; под ред. Б.Б. Бобовича/ М. СП Интернет инжиниринг, 2000.-496 с.

2 Бобович, Б.Б Переработка промышленных отходов/Б.Б. Бобович - учебник для ВУЗов. - М.: СП Интернет инжиниринг, 1999.- 445 с.

3 Шуберт, Г. Подготовка металлургических материалов: Ресурсы, классификация, измельчение/ Г. Шуберт - М.: Металлургия, 1989.-359 с.

4 Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии /М.И.Панфилов [и др.] - М.:Металлургия, 1987.-239 с.

5 Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды/ А.И.Родионов и др./ учебник для ВУЗов- М.: Химия, 1989.- 360 с.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

**Практикум
по одноименному курсу
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**

Составитель: **Заяц** Татьяна Михайловна

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 14.12.15.

Рег. № 25Е.

<http://www.gstu.by>