

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

Есиркегенов Жанибек Ибрагимович

Разработка технологии получения черновой меди методом огневого
рафинирования с производительностью 220 тысяч тонн в год

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному работу

ОП 6В07203 – Metallургия и обогащение полезных ископаемых

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук, ассоц. проф.
М.Б. Барменшинова
“ 41 ” 06 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Разработка технологии получения черновой меди методом огневого
рафинирования с производительностью 220 тысяч тонн в год

Выполнил
Рецензент

Доктор PhD, старший научный
сотрудник
лаборатории благородных
металлов РГП «НЦ ГМСР РК»
Малдыбаев Г. К.
“ 4 ” 06 2024 г.

Научный
руководитель:

Старший препод.кафедры
МиОПИ, доктор PhD
Даруеш Г.С.
“ 03 ” 06 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

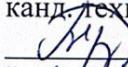
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук, ассоц. проф.

 М.Б. Барменшинова
« 4 / 06 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Есиркегенов Жанибек Ибрагимович

Тема: «Разработка технологии получения черновой меди методом огневого рафинирования с производительностью 220 тысяч тонн в год»

Утверждена приказом Ректора Университета № 1755 –п от "29".11. 2023 г.

Срок сдачи законченной работы "24" мая 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Краткое содержание дипломной работы:

- а) - Общая часть;
- б) - Специальная часть;
- в) - Описание схемы цепи аппаратов анодного участка;
- г) - Заключение;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены слайдов презентации работы.

Рекомендуемая основная литература:

1. Ванюков В.А., Н.И. Уткин «Комплексная переработка медного и никелевого сырья». М: Metallurgy, 1988.
2. Волков О. И. Экономика предприятия; М., 2006

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Основная часть	21.01 – 04.03.2024	
Специальная часть	05.03 – 12.04.2024	
Описание схемы цепи аппаратов анодного участка	13.04 – 22.04.2024	
Заклучение	08.05 – 14.05.2024	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Доктор PhD Даруеш Г.С.	03.05.24	
Специальная часть	Доктор PhD Даруеш Г.С.	03.06.24	
Описание схемы цепи аппаратов анодного участка	Доктор PhD Даруеш Г.С.	03.06.24	
Заклучение	Доктор PhD Даруеш Г.С.	03.06.24	
Нормконтролер	Таймасова А.Н.	04.06.2024	

Научный руководитель

Даруеш Г.С.

Задание принял к исполнению обучающийся

Есиркегенов Ж.И.

АННОТАЦИЯ

Дипломдық жоба 36 беттік түсіндірме жазбадан, 4 суреттен, 7 кестеден, 18 әдеби көзден тұрады.

Бұл дипломдық жұмыста еліміздің тау-кен металлургия кешенінің негізгі салаларының бірі-Қазақстанда тазартылған мыс өндірісі қарастырылады.

Зерттеудің негізгі мақсаты Қазақстанда тазартылған мыс өндірісінің әртүрлі кезеңдерінде қолданылатын технологиялық процестерді зерттеу болып табылады. Жезқазған, Балқаш, Бозшакөл және Ақтоғай сияқты мыс кенінің негізгі кен орындары, сондай-ақ "Қазақмыс" және "KAZ Minerals" сияқты ірі компаниялардың қызметі қарастырылуда. Жұмыста өртті тазарту әдісімен жылына 220 мың тонна өрескел мыс өндірісінің технологиялық және конструкторлық есептеулері ұсынылған. Пештің оңтайлы өлшемдері берілген өнімділік пен зауыттық тәжірибе деректеріне сүйене отырып есептелді. Бұл пештің жұмыс аймағын, ұзындығын, Шири және биіктігін анықтауға мүмкіндік берді, бұл жабдықтың тиімді жұмыс істеуі үшін өте маңызды.

Бастапқы есептеулерден кейін нақты өнімділікті, жұмыс уақытын және басқа факторларды ескере отырып, оларды түзету жүргізілді. Бұл пештің қажетті аймағын және сәйкесінше оның мөлшерін дәл анықтауға мүмкіндік берді. Есептеулерге тазарту процесіне қатысатын барлық компоненттер енгізілді: өрескел мыс, анодты қайтару, скрап және қалыптау. Соңғы өнімнің массасы мен сапасын толық бақылауды қамтамасыз ететін тазарту өнімдерінің шығымы мен шығыны ескерілді.

Тазарту процесінің жылу балансын есептеу процестің әртүрлі кезеңдерінде отын мен жылу қажеттіліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл тұрақты температураны ұстап тұру және сапалы балқу мен мыс өңдеуді қамтамасыз ету үшін маңызды. Жылу балансы сонымен қатар жылу шығынының негізгі көздерін анықтады және оларды азайту жолдарын ұсынды. Өндірістік мақсатқа жету үшін пештердің қажетті саны анықталды. Бұл жабдықты пайдалануды және ресурстарды тұтынуды оңтайландыруға мүмкіндік беретін жылдық жұмыс кестесін ескереді.

Жалпы, жүргізілген есептеулер мен жобалау жұмыстары өрескел мысты тазарту процесінің тұрақты және тиімді жұмысын қамтамасыз етеді. Бұл есептеулер ресурстарды оңтайлы пайдалану және технологиялық параметрлерді сақтау кезінде берілген өнімділікке қол жеткізу мүмкіндігін растайды. Бұл жоғары сапалы түпкілікті өнімнің және металлургия өндірісінің тұрақты дамуының кепілі болып табылады.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект состоит из 36 страниц пояснительной записки, 4 рисунков, 7 таблиц, 18 литературных источников.

В данной дипломной работе рассматривается производство рафинированной меди в Казахстане, одна из ключевых отраслей горно-металлургического комплекса страны.

Основная цель исследования заключается в изучении технологических процессов, используемых на различных этапах производства рафинированной меди в Казахстане. Рассматриваются основные месторождения медной руды, такие как Жезказганское, Балхашское, Бозшакольское и Актогайское, а также деятельность крупнейших компаний, таких как "Казахмыс" и "KAZ Minerals". В работе представлены технологические и конструкторские расчеты производства черновой меди 220 тыс. тонн в год методом огневого рафинирования.

Были вычислены оптимальные габариты печи, исходя из заданной производительности и данных заводской практики. Это позволило определить рабочую площадь, длину, ширину и высоту печи, что является критически важным для эффективного функционирования оборудования.

После первичных расчетов была проведена их коррекция с учетом удельной производительности, времени операций и прочих факторов. Это позволило более точно определить необходимую площадь пода печи и, соответственно, ее размеры.

В расчеты были включены все компоненты, участвующие в процессе рафинирования: черновая медь, анодный возврат, скрап и изложницы. Были учтены выходы продуктов рафинирования и потери, что обеспечивает полный контроль над массами и качеством конечного продукта.

Расчет теплового баланса процесса рафинирования позволил определить потребности в топливе и теплоте на различных стадиях процесса. Это важно для поддержания стабильной температуры и обеспечения качественного плавления и обработки меди. Тепловой баланс также выявил основные источники тепловых потерь и предложил пути их минимизации.

Для достижения производственной цели была определена необходимая численность печей. Это учитывает годовой график работы, что позволяет оптимизировать использование оборудования и ресурсопотребление.

В целом, проведенные расчеты и проектные работы обеспечивают стабильную и эффективную работу процесса рафинирования черновой меди. Данные расчеты подтверждают возможность достижения заданной производительности при оптимальном использовании ресурсов и соблюдении технологических параметров. Это является залогом высококачественного конечного продукта и устойчивого развития металлургического производства.

ANNOTATION

The graduation project consists of a 36-page explanatory note, 4 figures, 7 tables, 18 literary sources.

This thesis examines the production of refined copper in Kazakhstan, one of the key industries of the country's mining and metallurgical complex.

The main purpose of the study is to study the technological processes used at various stages of refined copper production in Kazakhstan. The main deposits of copper ore, such as Zhezkazgan, Balkhash, Bozshakol and Aktogay, as well as the activities of major companies such as Kazakhmys and KAZ Minerals, are considered. The paper presents technological and design calculations of the production of rough copper 220 thousand tons per year by the method of fire refining. The optimal dimensions of the furnace were calculated based on the specified performance and factory practice data. This made it possible to determine the working area, length, width and height of the furnace, which is critically important for the effective operation of the equipment.

After the initial calculations, their correction was carried out taking into account specific productivity, operation time and other factors. This made it possible to more accurately determine the required furnace hearth area and, accordingly, its dimensions.

All the components involved in the refining process were included in the calculations: rough copper, anode return, scrap and molds. The yields of refining products and losses were taken into account, which ensures full control over the mass and quality of the final product. The calculation of the thermal balance of the refining process made it possible to determine the needs for fuel and heat at various stages of the process. This is important to maintain a stable temperature and ensure high-quality melting and processing of copper. The heat balance also identified the main sources of heat losses and suggested ways to minimize them.

To achieve the production goal, the required number of furnaces was determined. This takes into account the annual work schedule, which allows you to optimize the use of equipment and resource consumption.

In general, the calculations and design work carried out ensure stable and efficient operation of the rough copper refining process. These calculations confirm the possibility of achieving the specified performance with optimal use of resources and compliance with technological parameters. This is the key to a high-quality end product and sustainable development of metallurgical production.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Основная часть	11
1.1 Характеристика исходного сырья	14
1.2 Технологические основы процесса анодного участка	14
1.3 Практика процесса анодного участка	16
1.4 Заключение	17
2 Специальная часть	21
2.1 Проектирование анодной печи	21
2.2 Тепловой баланс процесса рафинирования черновой меди	25
2.3 Расчет необходимого количества анодных печей	27
3 Описание схемы цепи аппаратов анодного участка	31
Заключение	33
Список литературы	35

ВВЕДЕНИЕ

Производство меди в Казахстане является одной из ключевых отраслей горно-металлургического комплекса страны. Казахстан занимает одно из ведущих мест в мире по добыче и производству меди благодаря богатым минеральным ресурсам и развитой инфраструктуре. В 2023 году производство меди в Казахстане составило около 600 тысяч тонн, что представляет собой значительный вклад в мировое производство меди, которое в 2023 году составило примерно 21 миллион тонн.

Казахстан обладает значительными запасами медной руды, сосредоточенными в крупных месторождениях, таких как Жезказганское, Балхашское, Бозшакольское и Актогайское месторождения. Месторождения расположены преимущественно в Центральном, Восточном и Южном Казахстане. Крупнейшим производителем меди в стране является корпорация "Казахмыс", занимающаяся добычей, обогащением и переработкой медной руды. Другим крупным игроком является компания "KAZ Minerals", которая ведет добычу на месторождениях Бозшаколь и Актогай.

Добытая медная руда проходит процесс обогащения для увеличения содержания меди. Используются методы флотации и гравитационного обогащения. Концентраты медной руды отправляются на перерабатывающие заводы. В Казахстане функционирует несколько крупных медеплавильных заводов, таких как Балхашский и Жезказганский медеплавильные заводы, где производится черновая и рафинированная медь. На заводах осуществляется плавка и рафинирование меди с использованием пирометаллургических и электролитических методов. [1].

Казахстан стабильно производит значительные объемы меди, занимая одно из ведущих мест в мире по этому показателю. В 2023 году Казахстан произвел около 2.9% от общего мирового объема меди. Для сравнения, ведущий производитель меди, Чили, произвел около 5.7 миллионов тонн меди, что составляет примерно 27% мирового производства. Другие крупные производители включают Перу, Китай и США. Значительная часть произведенной меди экспортируется на мировые рынки. Основными направлениями экспорта являются Китай, страны Европейского Союза и другие государства. Экспорт меди и медных изделий является важной статьей дохода для экономики Казахстана.

В рамках программы устойчивого развития в Казахстане внедряются меры по снижению экологического воздействия медеплавильных производств, включая снижение выбросов и переработку отходов. В отрасль привлекаются значительные инвестиции для модернизации существующих производств и разработки новых месторождений. Развитие инфраструктуры и внедрение передовых технологий способствуют повышению эффективности производства и снижению затрат. Производство меди в Казахстане является стратегически важной отраслью, способствующей экономическому развитию страны и интеграции в мировую экономику [2-3].

Проведение расчетов производства рафинированной меди является важным этапом в развитии металлургической промышленности. Рафинирование меди включает в себя несколько технологических процессов, таких как плавление, окисление, съем шлака, восстановление и розлив анодов. Эффективность этих процессов напрямую зависит от правильного выбора оборудования и точных расчетов материального и теплового баланса.

Основной целью данной работы является разработка производственного процесса для рафинирования черновой меди с годовой мощностью 220 тыс. тонн. Для достижения этой цели необходимо спроектировать анодные печи, определить их размеры, провести расчет материального и теплового баланса, а также установить количество необходимых печей.

1 Основная часть

Экономические аспекты производства меди также являются важной темой исследований. Стоимость производства меди зависит от многих факторов, включая цены на сырье, затраты на энергию, трудовые ресурсы и транспортные расходы. Исследования в этой области направлены на повышение эффективности производства, снижение затрат и улучшение конкурентоспособности продукции на мировом рынке.

Анодные печи бывают стационарными (широко распространёнными на отечественных заводах) и наклоняемыми, поворотными; вайербарсовые печи - только стационарные. Стационарные анодные печи отличаются от наклоняемых более длительной (в 1,5 раза) эксплуатационной кампанией. При эксплуатации электрических анодных печей следует руководствоваться соответствующими рекомендациями и требованиями правил эксплуатации рудно-термических печей, а также заводской инструкцией по обслуживанию и ремонту электропечей.

Машина диаметром 13 м для разливки меди на аноды обслуживает две анодные печи. Электрическая схема машины позволяет работать в полуавтоматическом (основном) и ручном режимах. При основном режиме заливку изложниц и пуск карусели выполняет машинист с пульта управления, а плавный разгон, торможение и точная установка карусели для заполнения и разгрузки изложниц происходят автоматически.

Отражательная печь для рафинирования установлена на столбчатом фундаменте, что способствует охлаждению пода снизу, повышает его стойкость и предотвращает прорыв меди наружу. Отличительной особенностью отражательных печей является наличие форкамеры. Это обеспечивает практически полное снижение водорода, содержащегося или образующегося в факеле горючего топлива, и, следовательно, предотвращает его поступление с топочными газами в рабочее пространство печи.

Наклоняющиеся рафинировочные печи имеют ряд преимуществ перед стационарными, но пригодны только для переработки жидкой черновой меди. Загрузка через горловину массивных слитков черновой меди приводит к быстрому разрушению футеровки пода. [1].

Виды рафинированной меди:

- 1 Электролизное рафинирование меди
- 2 Электротермическое рафинирование меди
- 3 Химическое рафинирование меди
- 4 Флотационное рафинирование меди
- 5 Пирометаллургическое рафинирование меди

Из предложенных видов разработки технологии получения черновой меди методом рафинирования - лучшим вариантом будет тот, который обеспечивает наивысшую эффективность процесса и экономическую целесообразность.

1 Оптимизация процесса: разработка технологии, которая позволяет максимально эффективно использовать ресурсы и минимизировать потери меди

в процессе рафинирования, будет наиболее предпочтительной. Это позволит обеспечить высокую производительность и снизить затраты на производство.

2 Соблюдение экологических стандартов: важным критерием выбора технологии будет ее экологическая безопасность. Технология должна быть разработана с учетом снижения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечивать соблюдение всех необходимых стандартов и требований.

3 Энергоэффективность: технология должна быть энергоэффективной, то есть обеспечивать высокую производительность при минимальном потреблении энергии. Это позволит снизить затраты на энергоносители и сделать производство более экономически выгодным.

4 Инновационность: предпочтительным вариантом будет технология, которая включает в себя инновационные решения и новейшие разработки в области огневого рафинирования меди. Это позволит обеспечить конкурентные преимущества на рынке и повысить эффективность производства.

5 Надежность и стабильность процесса: важным критерием выбора технологии будет ее надежность и стабильность процесса. Технология должна быть проверенной на практике и обеспечивать стабильное качество производимой меди.

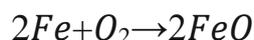
Таким образом, лучшей технологией будет та, которая обеспечивает оптимальное сочетание всех перечисленных критериев и позволяет достичь высокой производительности, экологической безопасности, энергоэффективности, инновационности, надежности и стабильности процесса производства черновой меди методом огневого рафинирования.

Анодные печи используются для рафинирования меди путем удаления примесей и получения медных анодов. Основные процессы включают плавление, окисление, съем шлака и восстановление.

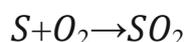
Химические реакции в анодных печах:

Окисление примесей:

Окисление железа:

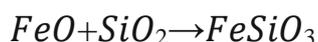


Окисление серы:



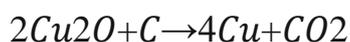
Образование шлака:

Реакция окислов примесей с флюсами:



Восстановление меди:

Восстановление оксидов меди углеродом:



Термодинамические процессы в анодных печах:

Плавление меди:

Температура плавления меди составляет около 1083°C . Процесс плавления включает поглощение тепла для перехода меди из твердого в жидкое состояние.

Уравнение теплового баланса:

$$q_{\text{плав}} = mc\Delta T + m\lambda$$

где m – масса меди;

c – теплоемкость меди;

ΔT – разница температур;

λ – теплота плавления меди.

Окисление примесей:

– Процесс сопровождается выделением тепла, что способствует поддержанию высокой температуры в печи.

Удаление шлака и примесей:

Реакции с флюсами способствуют отделению примесей в виде шлака, который удаляется с поверхности расплавленной меди.

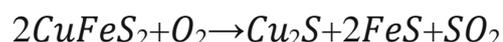
Отражательные печи

Отражательные печи используются для плавления медных концентратов и других руд. Основные процессы включают плавление, окисление, восстановление и отвод шлака.

Химические реакции в отражательных печах:

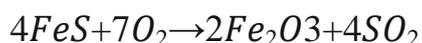
Плавление сульфидных концентратов:

Разложение сульфидов:

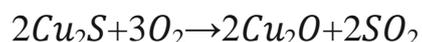


Окисление меди и железа:

Окисление железа:

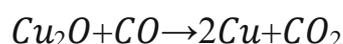


Окисление меди:



Восстановление меди:

Восстановление оксидов меди:



Термодинамические процессы в отражательных печах:

Плавление сульфидных руд:

Температура плавления сульфидов ниже, чем у чистой меди, что облегчает процесс плавления в отражательных печах.

Окисление и восстановление:

Процессы окисления и восстановления требуют точного контроля температурного режима для обеспечения эффективного удаления примесей и восстановления меди.

Отвод шлака:

Шлак образуется в результате реакций между примесями и флюсами, что способствует их отделению от расплавленной меди.

1.1 Характеристика исходного сырья

Огневому рафинированию в анодных печах подвергается вся черновая медь конвертерного участка, которая доставляется к печам в ковшах в расплавленном виде с помощью мостовых кранов.

Кроме того, в печах переплавляется привозная черновая медь в виде слитков весом 750-1200 кг, анодный возврат после электролиза и обороты анодного производства: изложницы, отслужившие свой срок, анодный брак и скрап, которые к печам доставляются на специальных вагонетках.

Таблица 1.1 - Химический состав анодной меди

Материалы	Cu + Ag не менее	Примесей, не более					
		Sb	As	Ni	Bi	Pb	S
Жидкая черновая медь							
- МЧ 3	98,8	0,15	0,15	0,75	0,02	0,20	0,06
- МЧ 4	98,9	0,20	0,20	0,85	0,03	0,40	0,06
Привозная медь твердая							
- МЧ 2	99,2	0,08	0,08	0,30	0,01	0,20	0,05
- МЧ 5	97,5	0,30	0,30	0,90	0,04	0,40	0,05
Анодный возврат	99,1	0,56	0,068		0,002	0,17	0,005
Обороты анодного производства (изложницы и брак плюс скрап)	99,1	-	-	-	-	-	-

1.2 Технологические основы процесса анодного участка

Огневое рафинирование проводят с целью удаления части примесей, обладающих по сравнению с медью повышенным сродством к кислороду.

Огневое рафинирование основано на следующих свойствах меди и ее оксида Cu_2O :

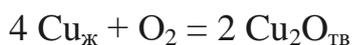
- 1 Cu_2O хорошо растворяется (до 12%) в расплавленной меди;
- 2 Cu_2O по отношению к благородным примесям является окислителем;
- 3 Большая часть оксидов примесей, образующихся в результате окисления, в меди не растворяется;

Легкая и быстрая восстанавливаемость Cu_2O после удаления окислившихся примесей.

Стадия окисления начинается с продувания ванны расплава воздухом или воздухом обогащенным кислородом. При этом медь постепенно насыщается кислородом и происходит окисление примесей.

С учетом сродства к кислороду при окислительном рафинировании черновой меди первыми должны были бы окисляться благородные примеси.

Однако вследствие их низкой концентрации в расплаве происходит, прежде всего, окисление меди по реакции:



За счет растворения Cu_2O расплавленная медь постепенно насыщается O_2 . остаточное содержание примесей определяется равновесием реакции:



С определенными трудностями при рафинировании сталкиваются также при удалении свинца. Свинец по сравнению с медью обладает несколько большим сродством к кислороду. Однако это различие не слишком велико. Кроме этого, образующийся оксид свинца, обладая большей плотностью, чем медь, не всплывает на поверхность расплава. Для устранения этих трудностей (температуре плавления меди это осуществлять) процесс рафинирования проводят в печи с кислым подом или применяют кварцевый флюс. Образующийся глет в этом случае вступает во взаимодействие с SiO_2 , образуя силикат:



Образование силиката, с одной стороны, увеличивает убыль энергии Гиббса окисления свинца, а с другой – облегчает их всплывание в шлаке вследствие меньшей плотности силиката по сравнению с глетом и шлаком. Таким образом, рафинирование меди от свинца необходимо проводить с получением силикатных шлаков.

К трудно удаляемым примесям относится также висмут. Его содержание в черновой меди, как правило, очень мало, и после огневого рафинирования он почти полностью остается в расплаве.

Конечный результат окислительной операции огневого рафинирования меди можно охарактеризовать следующим образом. Железо, цинк, свинец и алюминий удаляются почти полностью. Никель, мышьяк и сурьма при высоком их содержании в черновой меди удаляются лишь частично, а при низком содержании полностью остаются в Cu . Частично удаляется также сера. Наиболее трудно удаляются примеси висмута, селена и теллура. Они практически полностью остаются в расплавленной меди. Золото, серебро и металлы платиновой группы в процессе огневого рафинирования практически полностью сохраняются в меди.

После удаления большей части примесей, обладающих большим по сравнению с медью сродством к кислороду, в ней остаются значительное количество кислорода (0,5-0,9%) и растворенные газы (SO_2 и др.). Прежде чем приступить к следующей операции, с поверхности ванны тщательно удаляют шлак, иначе присутствующие в шлаке оксиды восстановятся, и примеси вновь растворятся в металлической меди.

По окончании окислительной продувки меди и съема шлака приступают к восстановлению Cu_2O (раскислению меди) и удалению растворенных газов. Эта операция складывается из двух последовательно проводимых стадий – дразнения на плотность и дразнения на ковкость.

Основная цель дразнения на плотность – удаление из меди серы и растворенных газов. Для этого расплавленную медь перемешивают газом, что создают благоприятные условия в первую очередь для протекания реакции. [4].

1.3 Практика процесса анодного участка

Огневое рафинирование меди является важным этапом, предшествующим электролитическому рафинированию. Этот процесс позволяет удалить значительную часть примесей, что упрощает и удешевляет дальнейшее очищение меди. Огневое рафинирование осуществляется в отражательных печах, которые отапливаются малосернистым мазутом или высококалорийным газом. Процесс огневого рафинирования включает две основные стадии:

Продувка воздухом: на этой стадии через расплавленную медь пропускается воздух, что способствует окислению примесей, таких как железо и сера. Эти примеси превращаются в оксиды и сульфиды, которые затем удаляются в виде шлака.

Дразнение: после продувки воздухом медь подвергается обработке древесиной (чаще всего древесными опилками). Этот процесс, называемый дразнением, помогает восстановить медь из ее окислов, улучшая чистоту конечного продукта.

Конструкция отражательной печи

Отражательная печь, используемая для огневого рафинирования черновой меди, имеет ряд конструктивных особенностей, направленных на обеспечение эффективного и безопасного процесса:

Материалы: под, стены и свод печи выполнены из хромомагнетитового кирпича, который обладает высокой устойчивостью к высоким температурам и химическим воздействиям.

Свод: Свод печи поддерживается стальной обвязкой, к которой прикреплены стальные пружины для смягчения нагрузки. В своде имеются температурные швы для компенсации термического расширения.

Изоляция: Внешняя часть свода покрыта теплоизоляционным материалом для уменьшения теплотерь.

Окна: Печь оборудована окнами с футерованными или водоохлаждаемыми дверцами, через которые выполняются загрузка сырья, удаление шлака, продувка металла и дразнение.

Под: Под печи имеет уклон в сторону щелевой летки для удобного выпуска металла.

Кожух: На уровне металла печь защищена кожухом из чугунных плит.

Подача топлива: Мазут и воздух подаются в печь через форсунку высокого давления.

Маркировка анодов

После завершения процесса рафинирования и формования анодов, они подвергаются маркировке. На контактных ушах анодов выбивается номер плавки. Если аноды находятся на вагонетках, маркировка ставится на двух крайних анодах с обоих концов вагонетки. Аноды, расположенные на эстакаде, маркируются поштучно каждый.

1.4 Заключение

Огневое рафинирование меди в анодных печах является важным процессом для достижения высокой степени чистоты меди перед электролитическим рафинированием. Тщательная конструкция отражательных печей, использование высококачественных материалов и соблюдение технологических процессов обеспечивают эффективность и экономичность процесса рафинирования. Этот этап значительно снижает содержание примесей в меди, повышая ее качество и рыночную стоимость.

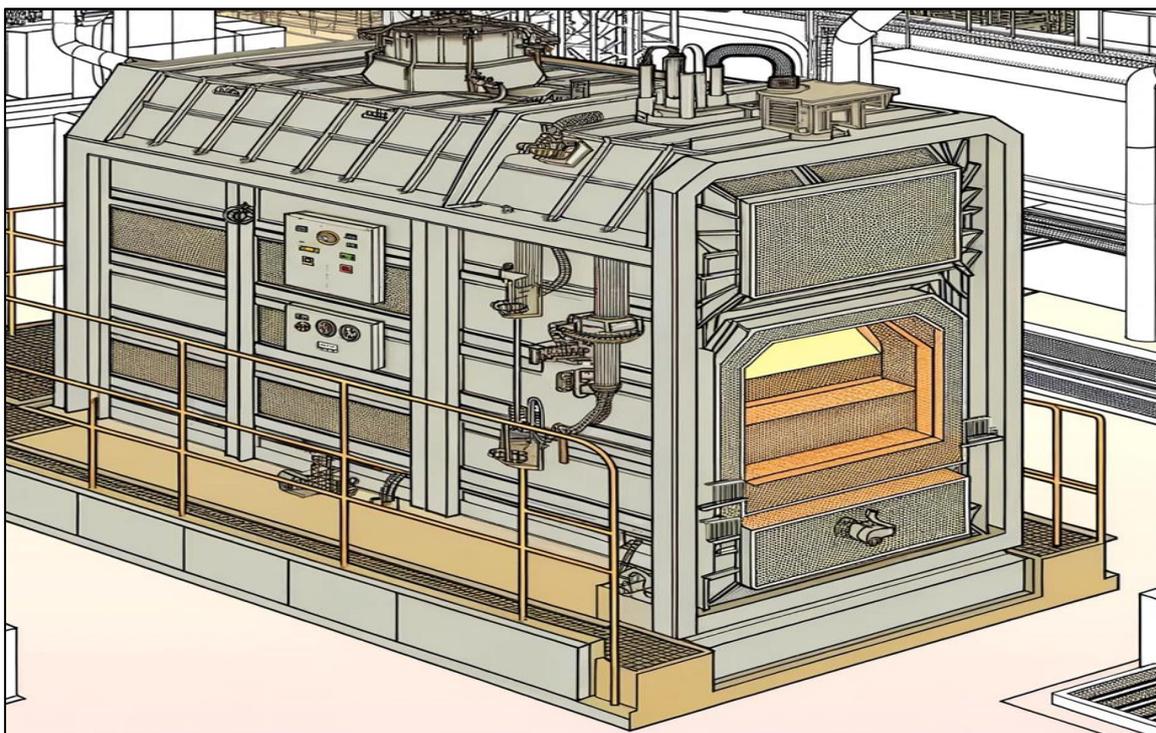


Рисунок 1.1 – Анодная печь

Таблица 1.2 - Показатели анодной печи практика процесса

Наименования показателей	Ед. изм.	Количество
Длина печи	м	15,75
Ширина печи	м	5
Емкость	т	200-250
Расход мазута	т/час	1-3
Продолжительность технологического цикла	час	10-18

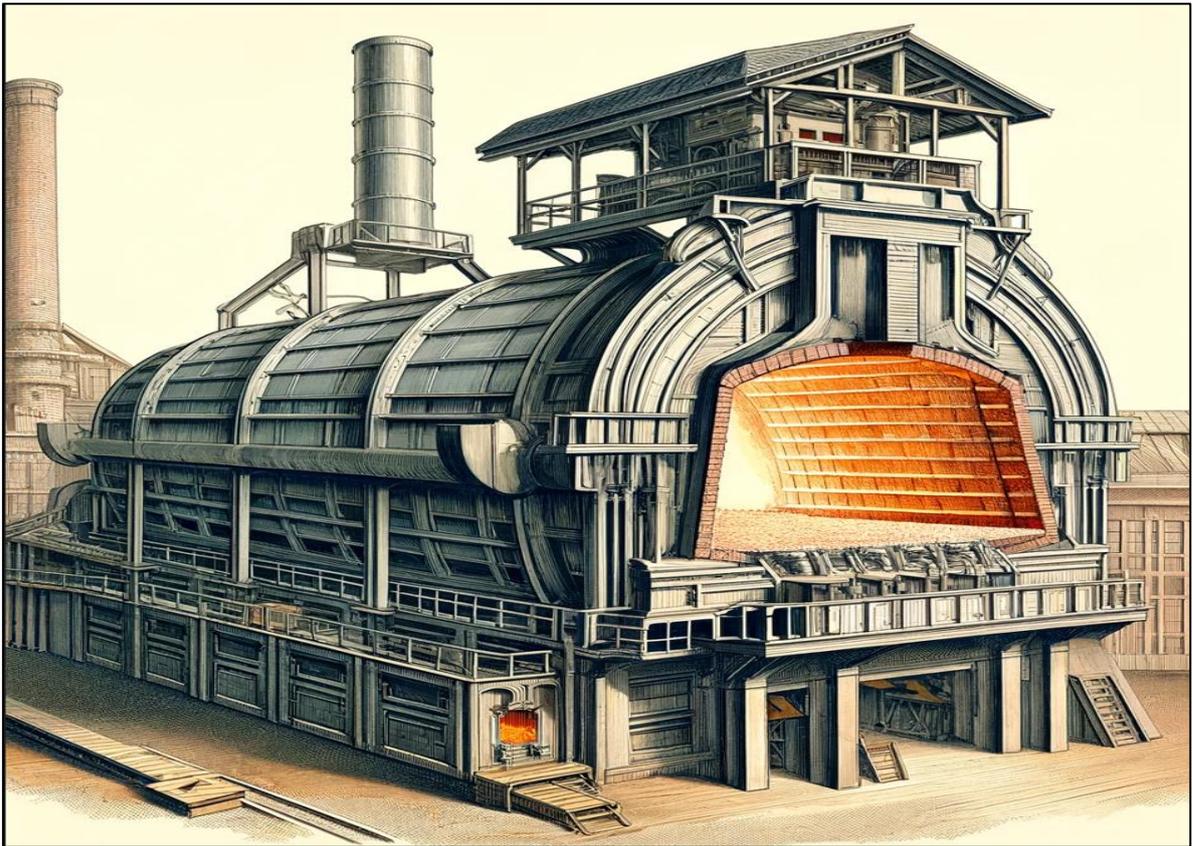


Рисунок 1.2 - Стационарная отражательная печь

Таблица 1.3 - Карусельная разливочная машина

Наименования показателей	Единица измерения	Количество
Диаметр показателей	м	10
Количество изложниц	шт	20
Производительность	т/час	30-35
Вес анода	кг	230-250
Вес изложницы	т	2

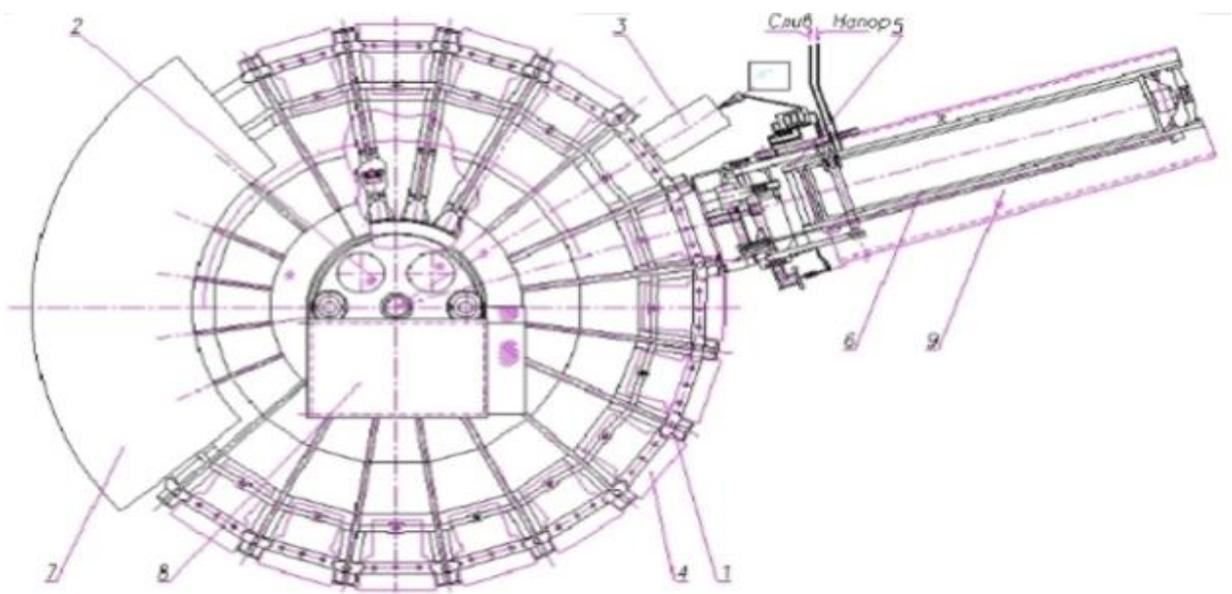


Рисунок 1.3 - Карусельная разливочная машина

2 Специальная часть

2.1 Проектирование анодной печи.

Определение предварительных размеров печи.

Для этого используем формулу:

$$F=A/a(\text{м}^2), \quad (2.1)$$

где F – Рабочая площадь печи, м^2

A - общая производительность печи, т/сутки

a - удельная производительность печи, $\text{т}/\text{м}^2$ сутки

Общая производительность печи согласно заданию равно 200т/сутки по черновой меди.

По данным заводской практики принимаем $a = 3,9 \text{ т}/\text{м}^2$ сутки

Отсюда:

$$F = 200/3,9=51,3 \text{ м}^2$$

Длина печи берется по данным заводской практики:

$$L = 12 \text{ метров}$$

Следовательно, ширина печи равно:

$$B = 51,3 : 12 = 4,3 \text{ м.}$$

Высота печи принимается по данным аналогичным действующим заводским печам:

$$H = 2,5 \text{ м.}$$

2 Уточнение размеров печи.

Для уточнения размеров печи необходимо рассчитать «а» - удельную производительность:

$$a = \frac{21,6 \text{ суммарн. т, } K}{q \text{ плавл. } t \& 2}, \text{ т}/\text{м}^2 \text{сутки} \quad (2.2)$$

где K - отношение эффективной поверхности шихты и площади пода печи.
В случае плавления совместно жидкой и твердой меди равно – 1.

t_1 - время, затрачиваемое печью за одну операцию рафинирования.

t_2 , час - практические данные: 17 часов – общее время операции рафинирования.

21,6 - число часов работы печи в сутки (0,1 • 24).

Необходимо определить «q»_{сумм.}.

$$\langle q \rangle_{\text{сумм.}} = 5,2 \cdot \varepsilon \text{ ГКМ}$$

$$\left[\left(\frac{T_{\text{Г}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{М}}}{100} \right)^4 \right] \text{ ккал/м}^2, \text{ час} \quad (2.3)$$

где - ε ГКМ - степень черноты газов, кладки и шихты для анодной печи – 0,85.

$T_{\text{Г}}$ - средняя температура газов в плавильной зоне, °К

$T_{\text{М}}$ - средняя температура поверхности ванны, °К, равная в нашем случае 1150°С или (1150 + 273) = 1423°К

Чтобы определить $T_{\text{Г}}$ используем уравнение:

$$\left(\frac{T_{\text{Г}}}{100} \right)^4 = \sqrt{\left[\left(\frac{T_{\text{Г.нач.}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{М}}}{100} \right)^4 \right]} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{Г.конеч.}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{М}}}{100} \right)^4 \right] + \left(\frac{T_{\text{М}}}{100} \right)^4, \quad (2.4)$$

где $T_{\text{Г.нач.}}$ - начальная температура газов в плавильной зоне равная 1650°С или 1923°К

$T_{\text{Г.конеч.}}$ - конечная температура газа в плавильной зоне равная 1200°С или 1473°К

Подставляя данные в уравнение:

$$\left(\frac{T_{\text{Г}}}{100} \right)^4 = \sqrt{\left[\left(\frac{1923}{100} \right)^4 - \left(\frac{1423}{100} \right)^4 \right]} \cdot \left[\left(\frac{1473}{100} \right)^4 - \left(\frac{1423}{100} \right)^4 \right] + \left(\frac{1423}{100} \right)^4$$

получаем $T_{\text{Г}} = 1597^{\circ}\text{К}$

определяем «q»_{сумм.}.

$$q_{\text{сумм.}} = 5,2 \cdot 0,85 \cdot \left[\left(\frac{1597}{100} \right)^4 - \left(\frac{1423}{100} \right)^4 \right] = 89\,792 \text{ ккал/м}^2, \text{ час}$$

определяем удельную производительность печи:

$$a = \frac{21,6 \cdot 89792 \cdot 1,6}{q_{\text{плав.}} \cdot 17} + \frac{21,6 \cdot 89792 \cdot 1,6}{179506 \cdot 17} = q_{\text{плав.}} = mc\Delta t^0 + \infty\lambda$$

где c - теплоемкость меди – 0,092 ккал/кг°К,

λ - теплота плавления – 48,59 ккал/кг

$q_{\text{плав.}} = \text{теплота на 1т.} = 1000 \cdot 0,092 \cdot 1423 + 1000 \cdot 48,59 = 3,8\text{т} = 130916 + 48590 = 179\ 506 \text{ ккал.}$

3 Окончательные размеры печи

По удельной производительности, подсчитанной ранее – 3,8 т/м² и производительности печи 200 т/сутки, получаем:

а) площадь пода печи:

$$200 : 3,8 = 52,63 \text{ м}^2$$

При ширине печи – 4,3 м получаем длину печи равную:

$$52,63 : 4,3 = 12,24 \text{ метра}$$

Высоту печи оставляем, выбранную из практических данных – 2,5 метра.

При составлении материального баланса процесса рафинирования, как правило, не используют вычислений, основанных на расчетах по реакциям, протекающим в процессе, а принимают для расчета практические коэффициенты, получаемые на предприятии.

Задаемся: (по данным МК БП БМЗ)

Содержание меди в черной меди – 98,6%. В анодную печь загружается 18% анодного возврата (из цеха электролиза меди). 1% брака и скрапа анодного цеха и 1% старых изложниц.

Из анодной печи получается, % от веса черновой меди:

- шлака огневого рафинирования - 3,5%

- угара - 0,11%

Содержание меди, %:

в анодах - 99,35%

в шлаке - 35%

Определяем общее количество загруженной в печь меди:

1 Загружено:

	%Cu вт.ч	
а) черновой меди	100 тонн (98,6%)	Cu – 98,6т.
б) анодного возврата	19 тонн (99,35%)	" - 18,88т.
в) анодного скрапа и брака	1,0 тонн (99,35%)	" - 0,99т.
г) изложниц старых	1,0 тонн (99,35%)	" - 0,99т.
		<hr/> 119,46т.

Из этого количества вычитают количество меди, содержащееся в оборотных полупродуктах – (брак анодов, скрап, изложницы и шлак) и в угаре:

- а) количество скрапа по меди - 0,99т.
- б) -//- изложниц - 0,99т.
- в) -//- меди в шлаке:

$$100 \cdot 0,032 \cdot 0,34 = 1,09\text{т.}$$

где 100 - количество черновой меди

- 0,032 – выход. шлак 3,2%

г) количество меди в угаре $118,42 \cdot 0,0014 = 0,17\text{т.}$

$$118,42 - (0,99 + 0,99 + 1,09 + 0,17) = 115,18 \text{ кг.}$$

Это количество меди входит в состав анодов, содержащих 99,1% меди. Следовательно, вес анодов составит:

$$115,18 \cdot 0,991 = 116,22 \text{ т.}$$

Затем суммируем количество получаемых продуктов и вычитаем вес загружаемых материалов:

$$(114,14 + 1 + 1 + 3,2 + 0,17) - 118,42 = 1,09 \text{ т.}$$

где: 114,14 - количество анодов

1 - количество брака

1 - количество изложниц

3,2 - количество шлака от черновой меди

0,17 - угар

получили вес материалов, перешедших с откосов печи и загружаемых флюсующих материалов, которые задаются для удаления примесей, а также примесей из черновой меди.

Составляем таблицу материального баланса огневого рафинирования черновой меди:

Таблица 2.1 - Материальный баланс огневого рафинирования черновой меди

Статьи	Всего, тонн	В т.ч. меди	
		%	т.
1	2	3	4
Загружено:			
черновой меди	100	98,6	98,6
анодного возврата	18	99,1	17,84
брака и скрапа	1	99,1	0,99
старых изложниц	1	99,1	0,99

Продолжение таблицы 2.1

Статьи	Всего, тонн	В т.ч. меди	
		%	т.
кварца из откосов и примеси из черновой меди	1,09	-	-
Итого:	121,09		118,42
Получено:			
анодов годных	116,22	99,1	115,18
брака и скрапа	1	99,1	0,99
новых изложниц	1	99,1	0,99
шлака	3,2	34,1	0,99
угара	0,17	-	0,17
Итого:	122,29		119,53

2.2 Тепловой баланс процесса рафинирования черновой меди

Технологический процесс рафинирования черновой меди состоит из следующих периодов:

- 1 Загрузка и плавление меди;
- 2 Окисление жидкой меди;
- 3 Съём шлака;
- 4 Восстановление меди;
- 5 Розлив анодной меди.

Каждый из этих процессов (периодов) имеет свой тепловой баланс. Наиболее напряженный период – это процесс плавления меди, который и определяет максимальный расход топлива.

Рассчитаем тепловой баланс процесса плавления меди.

Из практики работы предприятий по рафинированию черновой меди принимаем продолжительность стадии загрузки и плавления 6 часов. Производительность печи за одну плавку 200т., следовательно, часовая производительность по периоду плавления равна:

$$200 : 6 = 33,3 \text{ т/час}$$

Из практики работы МК БП БМЗ известно, что в анодных печах перерабатывается жидкая черновая медь и твердая медь – это привозная, а также анодный возврат из цеха электролиза меди. Соотношение жидкой и твердой меди как 60 : 40, т.е. 60% жидкой и 40% твердой меди, в нашем случае это будет:

$$33,3 \cdot 0,6 = 20 \text{ т/час и твердой } 33,3 - 20 = 13,3 \text{ т/час}$$

Для отопления анодных печей используется мазут состава:

C – 82,6%; H₂ – 10,2%; N₂ – 0,14; S – 3,2%; A – 0,2%; W – 3,45%

При горении мазута (расчет ведем на 100 кгмазута) потребуется кислорода и образуется продуктов горения:

$$\begin{aligned} 1. \text{C} + \text{O}_2 &= \text{CO}_2 \\ \text{O}_2 &= \frac{82,6 \cdot 32}{12} = 220,26 \text{ кг.} \\ \text{CO}_2 &= \frac{82,6 \cdot 44}{12} = 302,8 \text{ кг.} \\ 2. \text{H}_2 + 0,5 \text{O}_2 &= \text{H}_2\text{O} \\ \text{O}_2 &= \frac{10,2 \cdot 16}{2} = 81,6 \text{ кг.} \\ \text{H}_2\text{O} &= \frac{10,2 \cdot 18}{2} = 91,8 \text{ кг.} \\ 3. \text{S} + \text{O}_2 &= \text{SO}_2 \\ \text{O}_2 &= \frac{3,2 \cdot 32}{32} = 3,2 \text{ кг.} \\ \text{SO}_2 &= \frac{3,2 \cdot 64}{32} = 6,4 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Теоретически потребуется кислорода:

$$220,26 + 81,6 + 3,2 = 305,06 \text{ кг.}$$

При плавке меди в анодной печи $\alpha = 1,15$ и при этом потребуется кислорода:

$$305,06 \cdot 1,15 = 350,8 \text{ кг.}$$

Избыток кислорода равен:

$$350,8 - 305,06 = 45,74 \text{ кг.}$$

Азота поступит с воздухом (в воздухе 77% азота весового)

$$\frac{350,8 \cdot 77}{23} = 1174,6 \text{ кг.}$$

В отходящих газах будет содержаться:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &- 302,8 \text{ кг.} \\ \text{H}_2\text{O} &- 91,8 + 3,35 = 95,15 \text{ кг.} \\ \text{SO}_2 &- 6,4 \text{ кг.} \\ \text{N}_2 &- 1174,6 + 0,15 = 1174,55 \text{ кг.} \\ \text{O}_2 &- 45,74 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Таблица 2.3 - Материальный баланс горения мазута

Приход	Вес, кг	Расход	Вес, кг.
2	3	4	5
Мазут	100,0	Отходящие газы	1624,6
Воздух	1525	Зола	0,2
Итого:	1625	Итого:	1625

Таблица 2.4 - Состав газов на 100 кг.мазута

Газы	кг.	м ³	% объемный
2	3	4	5
CO ₂	302,8	$\frac{302,8 \cdot 22,4}{44} = 154,1$	12,36
SO ₂	6,4	$6,4 : 64 \cdot 22,4 = 2,24$	0,18
H ₂ O	95,15	$95,15 : 18 \cdot 22,4 = 118,4$	9,5
O ₂	45,74	$45,74 : 32 \cdot 22,1 = 32$	2,56
N ₂	1174,55	$1174,55 : 28 \cdot 22,4 = 939,64$	75,4
Всего:	1624,6	1246,38	100

При сжигании 100 кг мазута выделяется тепла:

$$38900 \cdot 100 = 3\,890\,000 \text{ кДж.},$$

где - 38900 – теплотворная способность мазута.

Нам известно, сколько необходимо топлива для отопления анодной печи, поэтому обозначаем его через «х»/час.

Отсюда тепло, необходимое для отопления анодной печи будет:

$$x \cdot 3890000 \text{ кДж/час}$$

Приход тепла

1 За счет горения топлива

$$x \cdot 3890000$$

2 Физическое тепло топлива

$$Q = mc\Delta t = x \cdot 1,46 \cdot 90 = 131,4x \text{ кДж}$$

где m - масса топлива

1,46 - теплоемкость мазута

90⁰C - температура мазута

1 Физическое тепло воздуха
 Теплосодержание воздуха 1 м³ равно 130,3 кДж (между 0 и 100⁰С) при 20⁰С
 равно:

$$130,3:100 \cdot 20 = 26,06 \text{ кДж на } 1 \text{ м}^3$$

Количество воздуха: $1525 \cdot x$ кг или $1525x \cdot 1,29 = 1967 \cdot x$,

где 1,29 – удельный вес воздуха.

Следовательно, физическое тепло воздуха:

$$1967x \cdot 26,06 = 51260 \cdot x \text{ кДж.}$$

2 Тепло, вносимое расплавленной медью:

$$Q = m \cdot c_1 \Delta t_1 + m\lambda + mc_2 \Delta t_2,$$

где m- масса в кг- 20 000;

c_1 - теплоемкость меди- 0,382 твердой;

Δt_1 - температура плавления меди – 1083 ⁰С;

λ - теплота плавления меди - 203,12 кДж/кг;

Δt_2 - разность температур 1150 – 1083 = 67 ⁰С;

c_2 - теплоемкость меди жидкой - 0,49.

$$Q = 20000 \cdot 0,382 \cdot 1083 + 20000 \cdot 203,12 + 20000 \cdot 0,49 \cdot 67 = 8\,274\,120 + 4\,062\,400 + 656\,600 = 12\,993\,120 \text{ кДж.}$$

3 Тепло, вносимое твердой медью:

$$Q = mc_1 \Delta t_1 = 13300 \cdot 0,382 \cdot 20 = 101\,612 \text{ кДж.}$$

Итого приход тепла:

$$3890000 \cdot x + 131,4 \cdot x + 51757,3 \cdot x + 12993120 + 101612 = 3\,941\,888,7 + 13\,094\,732$$

Расход тепла

1. Тепло расплавленной меди (всей)

$$Q = mc_1 \Delta t_1 + m\lambda + mc_2 \Delta t_2,$$

где m – общее количество меди за час периода плавления равное 33 300 кг.

$$c_1 - 0,382 \quad c_2 - 0,49 \quad \lambda - 203,12 \\ \Delta t_1 - 1083^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_2 - (1150^{\circ}\text{C} - 1083) = 67$$

$$Q = 33300 \cdot 0,382 \cdot 1083 + 33300 \cdot 203,12 + 33300 \cdot 0,49 \cdot 67 = 13\,776\,409,8 + 6\,763\,896 + 1\,093\,239 = 21\,633\,544,8 \text{ кДж}$$

1 Тепло отходящих газов при температуре 1200⁰С

$$\text{а) } CO_2 = 154,1 \cdot 2,28 \cdot 1200 \cdot x = 421617,6x$$

$$\text{б) } SO_2 = 2,24 \cdot 2,28 \cdot 1200 \cdot x = 6128,64x$$

$$\text{в) } H_2O = 118,4 \cdot 1,76 \cdot 1200 \cdot x = 250060,8x$$

$$\text{г) } O_2 = 32 \cdot 1,5 \cdot 1200 \cdot x = 57600x$$

$$\text{д) } N_2 = 939,64 \cdot 1,4 \cdot 1200 \cdot x = 1578595,2x$$

Итого: 2 317002,24x

2 Потери тепла. По данным заводской практики потери тепла составляют 23 – 30%. Принимаем потери 25%.

Следовательно, они равны:

$$(3941888,7x + 13094732) \cdot 0,25 = 985472,18x + 3273683$$

Итого расход тепла:

$$21\,633\,544,8 + 2\,314\,002,24x + 985\,472,18x + 3\,273\,683 = 24\,907\,227,8 + 3\,299\,474,42x$$

Определим расход мазута, т.е. «х», которое обозначает 100 кг мазута

$$3\,941\,888,7x + 13\,094\,732 = 24\,907\,227,8 + 3\,299\,474,42x$$

$$642\,414,28x = 11\,812\,495,8; x = 18,4, \text{ т.е. часовой расход мазута при плавлении равен } 18,4 \cdot 100 = 1840 \text{ кг.}$$

Таблица 2.5 - Тепловой баланс анодной печи

Приход тепла	кДж	%	Расход тепла	кДж	%
Горение топлива	71 576 000	83,7	Тепло жидкой меди	21 633 544,8	24,45
Физическое тепло мазута	2417,76	0,003	Тепло отходящих газов	42 577 641,22	50,54
Физическое тепло воздуха	938 624,16	1,1	Потери тепла через стенки, излучения и т.д.	22 116 611,64	25,01
Тепло, вносимое жидкой медью	12 993 120	15,2	-	-	-

Продолжение таблицы 2.5

Приход тепла	кДж	%	Расход тепла	кДж	%
Тепло, вносимое твердой медью	101 612,0	0,11	-	-	-
Итого:	85 611 763,92	100	Итого:	85 327 797,66	100

2.3 Расчет необходимого количества анодных печей

Задано: производительность по черновой меди:

$$220\,000 \text{ тонн/год}$$

Анодная печь имеет компанию годовую – 90% времени от годового количества суток, т.е. (смотри расчет размеров печи).

$$365 \cdot 0,9 = 328,5 \text{ суток}$$

Согласно материального баланса на 100 т черновой меди загрузка в печь составляет: 122,29 тонн. Эта величина составила из возвращаемых из цеха электролиза меди анодных остатков, скрапа и т.д. В год через анодные рафинированные печи должно пройти итого:

$$\frac{220000}{100} \cdot 122,29 = 269038 \text{ тонн.}$$

Производительность одной 200 тонной печи в сутки равна:

$$200 \cdot \frac{24}{17} = 282,35 \text{ тонн,}$$

где 24 – количество часов в сутки; 17 – время одной плавки.
Необходимое количество печи:

$$\frac{269038}{282,35 \cdot 328,5} \cdot 1,25 = 3,6 \text{ печей, принимаем 4 печи}$$

3 Описание схемы цепи аппаратов анодного участка

Цель огневого рафинирования сводится к частичной очистке меди от примесей, обладающих повышенным сродством к кислороду, и подготовке ее к последующему электролитическому рафинированию. При огневом рафинировании из расплавленной меди стремятся максимально удалить кислород, серу, железо, никель, цинк, свинец, мышьяк, сурьму и растворенные газы.

Стационарная рафинировочная печь по устройству похожа на отражательную печь для плавки концентратов, но имеет ряд специфических конструктивных особенностей. Вместимость современных анодных печей – до 400 т жидкой меди.

Огневое рафинирование меди – периодический процесс. Он состоит из последовательных стадий, включающих подготовку и загрузку печи, плавление или разогрев меди, окислительную обработку расплава и съем шлака, восстановительную обработку (дразнение) и разливку готовой меди.

Подготовка рафинировочной печи сводится к ее осмотру, заделке изъянов в футеровке и заправке выпускной летки. Далее производят загрузку печи. При рафинировании твердой меди массивные слитки загружают в стационарную печь через рабочие окна с помощью загрузочной машины – шарнирного крана с хоботом. Жидкую медь заливают ковшами по желобу или через горловину (в наклоняющиеся печи); продолжительность загрузки – до 2ч.

После загрузки начинается процесс плавления твердой меди, который занимает до 10 ч.

После разогрева ванны до температуры около 1200⁰С начинается стадия окисления. При окислении примесей выделяется шлак. Шлак обычно сгребают деревянными гребками 50 % Cu. Выход шлаков составляет 1-2% от массы меди. Рафинировочные шлаки для обеднения возвращают в процесс конвертирования.

После окончания процесса окисления, продутая воздухом медь насыщена кислородом и газовыми пузырьками, которые удаляются при восстановительной обработке меди (дразнения).

Определение расстояния от штабеля загруженной шихты до нижней кромки футеровки горловины производят визуально через рабочее окно, после загрузки каждой порции на горловину печи устанавливают технологическую или глухую крышку и начинают процесс плавления, при котором увеличивается до максимальной производительности форсунки по расходу мазута (750 л/ч), температура отходящих газов в аптечке печи поднимаются до 1300-1350 °С.

Для сокращения времени плавления необходимо периодически поворачивать печь на небольшой угол (20-30°). Последующую загрузку очередной порции шихты осуществляют после полной осадки и частичного расплавления ранее загруженной шихты.

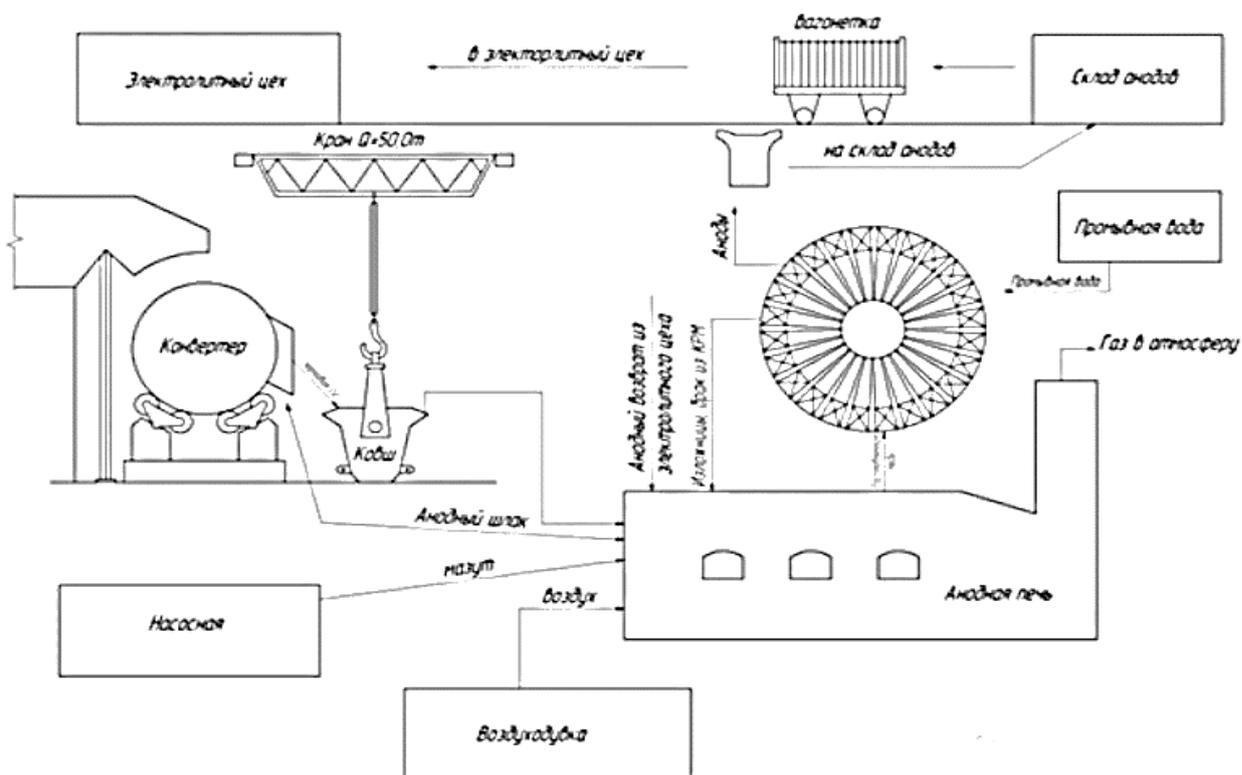


Рисунок 3.1 – Схема цепи аппаратов участка

Анодные остатки и бракованные основы разрешается загружать «лягушей», при этом высота стопки загружаемых материалов не должна превышать 500 мм.

Для предотвращения разрушения подины печи в первую очередь загружают «легкие» материалы: анодные остатки, бракованные основы, скрап, служащие «подстилкой». При отсутствии легких материалов слитки черновой меди в количестве 10-15 штук загружаются с помощью «лягуши» при наклонном положении печи в сторону рабочей площадке на 30-40°. Загрузку твердой шихты до набора полной емкости ванны (200 т) осуществляют в несколько приемов, порциями. Окончание загрузки каждой порции определяют высотой штабеля загруженных материалов в печь, расстояние от которой до нижней кромки футеровки горловины не должна быть менее 500 мм.

Для разливки применяют изложницы, установленные на горизонтальных разливочных машинах карусельного типа. Подачу жидкой меди из печи в изложницу производят через промежуточный наклоняющийся ковш, оборудованный на ряде заводов дозирующим устройством, обеспечивающим постоянство массы отливаемых анодов. Этот ковш прерывает струю меди во время перемещения изложниц. Разливку анодов из печи емкостью 200-250т продолжается до 5-6ч.

Готовые аноды имеют длину 800-900мм, ширину 800-900мм и толщину 35-40 мм. Масса анодов на разных заводах составляет 240-320кг.

Готовые аноды отправляют с помощью вагонеток в электролизный цех.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа по теме «Разработка технологии получения черновой меди методом огневого рафинирования с произвольностью 220 тысяч тонн в год» предоставляет современные исследования направлены на дальнейшее совершенствование технологий, снижение их негативного воздействия на окружающую среду и повышение экономической эффективности. Производство рафинированной меди остаётся одной из ключевых отраслей мировой промышленности, обеспечивая важные потребности в медном сырье для различных отраслей экономики. Черновая медь непригодна для непосредственного технического применения, поэтому её обязательно подвергают рафинированию для очистки от вредных примесей и извлечения благородных металлов, таких как селен и теллур. В настоящее время для огневого рафинирования черновой меди в основном используют стационарные отражательные печи и наклоняющиеся печи конвертерного типа. В отражательных печах можно рафинировать как твердую, так и жидкую медь, а в наклоняющихся - только жидкий металл. В настоящее время на долю отражательных печей в мировой практике приходится около 40%, а на долю наклоняющихся - около 55% выплавляемой анодной меди.

Основные этапы включают определение размеров анодной печи, расчет материального и теплового баланса, а также оценку необходимого количества печей.

Основные результаты и выводы:

Расчет рабочей площади печи на основе общей производительности (200 т/сутки) и удельной производительности (3,9 т/м² сутки) показал необходимость в печи с рабочей площадью 51,3 м². После уточнения, учитывая коррекцию удельной производительности, площадь пода печи составила 52,63 м².

Длина и ширина печи определены по данным заводской практики: длина - 12,24 метра, ширина - 4,3 метра, высота - 2,5 метра.

Материальный баланс:

В процессе рафинирования участвуют черновая медь (100 тонн), анодный возврат (18 тонн), анодный скрап и брак (1 тонна), старые изложницы (1 тонна), примеси из черновой меди и кварц (1,09 тонны). В результате получено 116,22 тонн годных анодов, 1 тонна скрапа и брака, 1 тонна новых изложниц, 3,2 тонны шлака и 0,17 тонн угара.

Тепловой баланс:

Период плавления меди требует максимального расхода топлива. Рассчитанный тепловой баланс показал, что основной приход тепла обеспечивается за счет горения мазута (71 576 000 кДж), физического тепла мазута (2 417,76 кДж), физического тепла воздуха (938 624,16 кДж), тепла, вносимого жидкой медью (12 993 120 кДж) и твердой медью (101 612,0 кДж).

Основные расходы тепла включают тепло расплавленной меди (21 633 544,8 кДж), тепло отходящих газов (42 577 641,22 кДж) и потери тепла (22 116 611,64 кДж).

Количество анодных печей:

Для достижения производственной цели в 220 000 тонн в год, необходимо четыре анодные печи. Этот расчет основан на производительности печи 200 тонн в сутки и учете годового графика работы печей.

Важность процесса и перспективы:

Огневое рафинирование меди является критически важным этапом для получения высококачественной рафинированной меди, что обеспечивает значительное улучшение ее чистоты перед последующим электролитическим рафинированием. Использование современных технологий и точных расчетов позволяет значительно повысить эффективность производства, снизить затраты и минимизировать экологические риски. В дальнейшем, совершенствование технологических процессов и внедрение инновационных решений будет способствовать устойчивому развитию металлургической отрасли и укреплению позиций Казахстана на мировом рынке медной продукции.

Заключение подтверждает возможность достижения заданной производительности при оптимальном использовании ресурсов и соблюдении технологических параметров. Это является залогом высококачественного конечного продукта и устойчивого развития металлургического производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ванюков В.А., Н.И. Уткин «Комплексная переработка медного и никелевого сырья». – М: Metallurgy, 1988. (https://www.studmed.ru/view/vanyukov-av-utkin-ni-kompleksnaya-pererabotka-mednogo-i-nikelevogo-syrya_82c09a327ba.html)
- 2 Волков О. И. Экономика предприятия. – М., 2006 г. (http://www.tak.on.kg/images/lybrary/Ekonomika_predpriyatiya_O_I_Volkov.pdf).
- 3 Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. «Общая металлургия». – М. Металлургия, 2002. (<https://djvu.online/file/348nQIP6ixTym>)
- 4 Уткин Н.И. «Металлургия цветных металлов». – М. Металлургия, 1985. (<https://reallib.org/reader?file=630148&pg=8>)
- 5 Хабаши, Ф. (1998). «Справочник по добывающей металлургии». Вайли-ВЧ.
- 6 Бисвас, А.К., Давенпорт, WG (2013). «Добывающая металлургия меди» Эльзевир.
- 7 Шлезингер, М.Э., Кинг, М.Дж., Соле, К.К., и Давенпорт, В.Г. (2011). «Добывающая металлургия меди, пятое издание». Эльзевир.
- 8 Крамер, Лос-Анджелес, и Маунси, Э.Н. (1986). «Химия триад меди и цинка. Королевское химическое общество».
- 9 Гупта, К.К., и Мукерджи, Т.К. (1990). «Гидрометаллургия в процессах добычи». ЦРК Пресс.
- 10 Кинг, Р.П. (2001). «Моделирование и моделирование систем переработки полезных ископаемых». Эльзевир.
- 11 Питерс Э. и Берг Р.Б. (1982). «Металлургия и обработка материалов: принципы и технологии. Металлургическое общество АИМЕ».
- 12 Сон, Х.Ю., и Уодсворт, М.Е. (1981). «Трактат по технологической металлургии, Том 3: Промышленные процессы». Эльзевир. 18. Валенсуэла, Дж. (1992). «Технология выщелачивания меди, экстракции растворителями и электролиза. Общество горной промышленности, металлургии и геологоразведки».
- 13 Лидделл, КС (2005). «Справочник по цветной металлургии, Том. 2: Восстановление металлов. МакГроу-Хилл».
- 14 Буркин, А.Р. (1987). «Производство металлов высокой чистоты: обзор технологий нефтепереработки». Джон Уайли и сыновья.
- 15 Рикард Р.С. и Джонс Т.А. (2009). «Достижения в области технологий производства и переработки меди. Металлургическое общество».
- 16 Андерсон К.Г., Чандер С. и Шлезингер МЭ (2005). «Медь 2003-Sobre 2003: Том VI, Гидрометаллургия меди. Общество минералов, металлов и материалов (TMS)».
- 17 Моррис А.Е. и Пренгаман Р.Д. (2012). «Энциклопедия железа, стали и их сплавов». ЦРК Пресс.

18 Уорнер, Северная Каролина (2014). «Металлургическое машиностроение: принципы и процессы. Независимая издательская платформа CreateSpace».