

The background of the cover is a collage of industrial images. The central image shows a large, dark, metallic ladle being lifted by a crane hook. To the left, there's a close-up of a glowing orange molten metal stream. To the right, two workers in safety gear are visible in a dimly lit industrial setting. The overall color palette is dark with highlights of orange and blue.

Н. В. Марченко, Н. В. Олейникова, В. С. Чекушин, Л. В. Крупнов

**Заполярный филиал
ГМК
«Норильский никель»**

Учебно-наглядное пособие

**из цикла
«Технологическая галерея»**

КРАСНОЯРСК | 2024

УДК 669.2/.8
ББК К335
М30

Марченко, Н. В.

М30 Заполярный филиал ГМК «Норильский никель» : учебно-наглядное пособие из цикла «Технологическая галерея» / Н. В. Марченко, Н. В. Олейникова, В. С. Чекушин, Л. В. Крупнов. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2024. – 60 с.

ISBN 978-5-907608-42-9

DOI: 10.12731/978-5-907608-42-9

Рецензенты:

Д. В. Румянцев, кандидат технических наук, заведующий лабораторией пирометаллургии ООО «Институт Гипроникель»

О. Н. Вязовой, кандидат технических наук, руководитель проекта ООО «Институт Гипроникель»

Н. Д. Ванюкова, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Консультант:

Р. А. Пахомов, старший научный сотрудник лаборатории пирометаллургии ООО «Институт Гипроникель»

В пособии приведены сведения о структуре и технологическом цикле Заполярного филиала ГМК «Норильский никель». Доступным языком изложены сведения о минерально-сырьевой базе, обогатительных процессах, пиро- и гидрометаллургических технологиях, реализуемых при переработке медно-никелевого сырья.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Металлургия». Может быть полезно аспирантам, а также инженерно-техническим работникам предприятий цветной металлургии. Пособие может быть использовано при проведении профориентационной работы.

УДК 669.2/.8
ББК К335

ISBN 978-5-907608-42-9

© Институт цветных металлов ФГАОУ ВО «СФУ», 2024

© Н. В. Марченко, Н. В. Олейникова, В. С. Чекушин, Л. В. Крупнов, 2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»	6
НОРИЛЬСКАЯ ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА (НОФ)	8
Сырьевая база НОФ	10
Технологический процесс НОФ	11
ТАЛНАХСКАЯ ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА	14
Сырьевая база ТОФ	14
Структурв ТОФ	14
Технологический процесс Талнахской обогатительной фабрики	19
МЕДНЫЙ ЗАВОД	23
Структура цехов Медного завода	24
Описание технологической схемы Медного завода	26
НАДЕЖДИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД ИМЕНИ Б. И. КОЛЕСНИКОВА	37
Структура Надеждинского металлургического завода	38
Описание технологической цепочки гидрометаллургического передела	40
Описание технологической цепочки пирометаллургического передела	43
ЗАПУСК «СЕРНОГО ПРОЕКТА»	
НА НАДЕЖДИНСКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ ИМЕНИ Б. И. КОЛЕСНИКОВА	50
РАСШИРЕНИЕ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ	
НАДЕЖДИНСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА	
ПО ПЕРЕРАБОТКЕ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	58

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое учебное наглядное пособие открывает серию рассказов об отечественном металлургическом производстве под названием «Технологическая галерея». В данном издании мы постарались доступно и наглядно отобразить структуру предприятий Заполярного филиала ГМК «Норильский никель» и рассказать о технологических процессах, реализуемых на различных этапах производства металлов – начиная от производства концентратов из рудного сырья и заканчивая товарной продукцией.

Данное издание подготовлено преподавателями Сибирского федерального университета и сотрудниками Заполярного филиала ГМК «Норильский никель».

Необходимо отметить, что здесь мы не претендуем на полноту изложения сведений о тех или иных металлургических процессах. Об этом написано, в том числе и нами, немало количество учебников. Однако в ходе преподавания специальных дисциплин, связанных с теоретическими основами и технологическими особенностями производства цветных металлов, мы сталкиваемся с тем, что студенты начальных курсов и абитуриенты, выбирающие соответствующую специальность или специализацию, имеют весьма поверхностное представление о предприятиях цветной металлургии. Отсюда возникла идея рассказать об этих предприятиях доступным языком, показать масштабы и красоту металлургической профессии.

Проект реализуется при поддержке Фонда Потанина.

Авторы



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ



- 1 р. Таймырский
- 2 р. Октябрьский
- 3 ш. Комсомольская

- 4 ш. Маяк
- 5 ш. Скалистая
- 6 р. Заполярный

Заполярный филиал ГМК «Норильский никель»

История

С «Норильским никелем» тесно связана история возникновения одного из самых северных городов мира – Норильска и одной из самых северных металлургических площадок мира – Норильского промышленного района (Большого Норильска).

23 июня 1935 года Совет Народных Комиссаров СССР принял Постановление «О строительстве Норильского комбината». Строительство комбината шло силами заключенных «Норильлага», переброшенных в Норильск из лагерей на Соловецких островах, большую часть которых составляли репрессированные по политическим мотивам, представители интеллигенции, ученые, инженеры и религиозные деятели.

10 марта 1939 года на Малом металлургическом заводе был получен первый медно-никелевый штейн, а спустя три месяца, 16 июня, завод выдал первый файнштейн.

В годы Великой Отечественной войны Норильский комбинат не только продолжал активное строительство, но и внес значительный вклад в укрепление обороноспособности страны. Норильский никель использовался как в производстве сверхпрочных бронированных сплавов для тяжелой техники, так и в сверхлегких конструкциях военной авиации.

В послевоенные годы активное развитие вывело комбинат на лидирующие позиции в цветной металлургии страны: уже в 1953 году комбинат производил 35 % никеля, 12 % меди, 30 % кобальта и 90 % платиноидов от общего производства этих металлов в Советском Союзе.

Следующей вехой в истории «Норильского никеля» становится открытие в 1966 году Октябрьского месторождения медно-никелевых руд и основание рядом с ним города Талнах. В течение следующих 10 лет в окрестностях Талнаха были построены рудники и обогатительная фабрика, а в 1981 году – введен в строй Надеждинский металлургический завод, крупнейшее металлургическое предприятие Норильска и «Норильского никеля».

Основу сырьевой базы горнодобывающих предприятий ЗФ «ГМК «Норильский никель» составляют сульфидные медно-никелевые руды. На данный момент комбинат имеет в пользовании 35,8 % всех мировых запасов никеля, 14,5 % всех запасов кобальта, 9,7 % всех мировых запасов меди и 40,2 % мировых запасов металлов платиновой группы. Обеспеченность компании запасами всех промышленных типов руд позволяет планировать развитие горного производства на далекую перспективу. В настоящее время в компании разработана концепция развития горного производства до 2050 года, в которой закреплено, что только совместная отработка всех типов руд обеспечивает устойчивую работу предприятия в современных условиях и отвечает требованиям рационального использования недр.

Почти все виды грузов Норильского промышленного района доставляются водным транспортом:

- **морским флотом двух пароходств** – Мурманского (г. Мурманск) и Северного (г. Архангельск);
- **речным флотом Енисейского речного пароходства** (г. Красноярск и г. Лесосибирск).



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

НОРИЛЬСКАЯ ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА (НОФ)



ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ
ПАО «ГМК «Норильский никель»



Норильская обогатительная фабрика (НОФ)

Норильская обогатительная фабрика (НОФ) перерабатывает весь объем вкрапленных руд месторождений, расположенных на Таймырском полуострове, и часть богатых и медистых руд Талнахского рудоуправления и Октябрьского месторождения.

Переработка руды осуществляется на двух независимых технологических линиях:

ЛИНИЯ 1 – обогащение шихты вкрапленных руд месторождений Норильск-1 (рудник Заполярный) и Талнахское (рудники Маяк и Комсомольский) и бедных оборотов (шлаков) Медного завода по гравитационно-флотационной технологической схеме.

ЛИНИЯ 2 – обогащение медистых руд Талнахского и Октябрьского месторождений (рудники Комсомольский и Октябрьский) по селективно-коллективной флотационной технологической схеме.

Товарная продукция Норильской обогатительной фабрики:

ПО ЛИНИИ ПЕРЕРАБОТКИ ШИХТЫ ВКРАПЛЕННОЙ РУДЫ – гравитационный, медный и никелевый концентраты;

ПО ЛИНИИ ПЕРЕРАБОТКИ ШИХТЫ МЕДИСТЫХ РУД – медный и никель-пирротинный концентраты.



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

Рудник
СКАЛИСТЫЙ

Рудник
МАЯК

Рудник
ОКТЯБРЬСКИЙ

Рудник
ЗАПОЛЯРНЫЙ

Рудник
ТАЙМЫРСКИЙ

Рудник
КОМСОМОЛЬСКИЙ

ЛИНИЯ 1

РУДА

ГРАВИТАЦИОННОЕ
ОБОГАЩЕНИЕ

ФЛОТАЦИОННОЕ
ОБОГАЩЕНИЕ

ГРАВИТАЦИОННЫЙ КОНЦЕНТРАТ

МЕДНЫЙ КОНЦЕНТРАТ

НИКЕЛЕВЫЙ КОНЦЕНТРАТ

ЛИНИЯ 2

РУДА

СЕЛЕКТИВНО-
КОЛЛЕКТИВНАЯ
ФЛОТАЦИЯ

МЕДНЫЙ КОНЦЕНТРАТ

НИКЕЛЕВЫЙ КОНЦЕНТРАТ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
НОРИЛЬСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ
ФАБРИКИ (НОФ)**

Сырьевая база НОФ

Рудник Октябрьский

Богатая руда

1,9–2,0 % никеля,
2,9–3,0 % меди,
до 0,1 % кобальта,
22 % серы

Состав рудной минерализации – пентландит-халькопирит-пирротиновый. Пирротин слагает основную часть сульфидной массы руды и представлен преимущественно моноклинной разновидностью, реже – гексагональной. Редкими рудными минералами в руде являются макинавит, сфалерит, галенит, пирит, валлериит, борнит, халькозин. Благородные металлы присутствуют в руде в виде примеси в сульфидах и образуют собственные минеральные формы. Доля платины в минеральной форме – 78 %, палладия – 62 % и золота – 56 %. Отмечается высокое содержание палладия в пентландите (42,38 г/т).

Вкрапленная руда

0,38–0,59 % никеля,
0,9–1,3 % меди,
до 0,03 % кобальта,
5–6 % серы.

Основной минерал руды – пирротин, содержащий пламеновидные включения пентландита. Халькопирит образует сростания с пирротинном, которые содержат включения пентландита и иногда сфалерита. По крупным зернам пирротина развивается поздний метазернистый пирит. Отдельные агрегаты пирита присутствуют в силикатных минералах. Основная доля платины (99,7 %) и палладия (90 %) находится в минеральной форме – сперрилит, куперит, паоливит. Золото содержится в руде преимущественно в самородной форме.

Медистая руда

1,24–1,25 % никеля,
4,4–4,5 % меди,
до 0,05 % кобальта,
13,5–13,6 % серы.

Состав рудной минерализации медистой руды рудника «Октябрьский»: пентландит-пирротин-халькопиритный, пентландит-халькопирит-пирротиновый, миллерит-пирит-халькопиритовый, пирит-пирротин-валлериитовый. Основная доля платины (87 %), палладия (64 %) и золота (93 %) находится в минеральной форме. Самыми распространенными минералами металлов платиновой группы являются сульфиды – куперит, брэггит, а также меренскиит, котульскит и самородное золото.

Рудник Таймырский

Богатая руда

2,6 % никеля,
2,8 % меди,
до 0,12 % кобальта,
24–28 % серы.

Основные минералы руды – пирротин, халькопирит и пентландит. Пирротин резко преобладает над всеми минералами по количеству и размерам выделений. Редкие сульфидные минералы – пирит, сфалерит, галенит и макинавит. Благородные металлы присутствуют в руде как в минеральной форме – атоцит, рустенбургит, паларстанид, меренскиит, паоловит, самородное золото, так и в рассеянной – в сульфидах – пентландите и халькопирите.

Вкрапленная руда

0,55 % никеля,
0,99 % меди,
до 0,02 % кобальта,
2,8 % серы.

В настоящее время эта руда не обрабатывается, за исключением случаев вовлечения вкрапленной руды в переработку богатых руд. Минеральный состав руды: сульфиды – 8 %, нерудные минералы – 85 %, оксиды – 7 %. Сульфиды представлены в основном пирротин (3,5 %), халькопиритом (3 %) и пентландитом (1,5 %); в меньшей степени – пиритом, кубанитом, валлеириитом и сфалеритом.

Рудник Комсомольский

Богатая руда

2,3 % никеля,
1,9 % меди,
до 0,11 % кобальта,
21–22 % серы.

Содержание сульфидов в руде – 57 %, из которых 45 % – пирротин, 6 % – халькопирит и 6 % пентландит. В небольшом количестве в руде присутствуют минералы – пирит, макинавит, галенит, сфалерит. В руде распространен магнетит, образующий неравномерную, но густую вкрапленность в сульфидах. Присутствуют типичные для руд пирротинового состава минералы благородных металлов – сперрилит, тетраферроплатина, природные сплавы золота различного состава, аргентопентландит и др.

Вкрапленная руда

0,58 % никеля,
0,95 % меди,
до 0,01 % кобальта,
3–4 % серы.

Сульфидная вкрапленность имеет пентландит-халькопирит-пирротинный и пиритовый состав. Пентландит образует зернистые агрегаты по границам халькопирита и пирротина, а также наблюдается в виде продуктов распада в пирротине и халькопирите. Халькопирит образует порфиридные сростания с пирротин и пентландитом. Минеральный состав руды: сульфиды – 10 %, нерудные минералы – 89 %. Среди сульфидов преобладает пирротин (5 %), халькопирит (3 %), пентландит (1,5 %) и пирит (0,5 %). Среди минеральных видов драгоценных металлов абсолютно преобладает сперрилит, а также куперит и тетраферроплатина. Эти три минерала являются основными носителями платины. Палладий в руде присутствует в основном в виде арсенидов, станнидов и теллуру-висмутидов палладия образуя тесное сростание с золото-серебряной фазой.

Медистая руда

0,5–0,8 % никеля,
1,8–2,0 % меди,
до 0,016 % кобальта,
7–8 % серы.

Минеральный состав руды: сульфиды – 12–14 %, магнетит и титано-магнетит – 3 %, нерудные минералы – 85 %. Среди сульфидов преобладает халькопирит (3,8–6,6 %), пирротин (3,7–5,7 %) и пирит (1,1–4,2 %). Основная доля платины (91 %), палладия (73 %) и золота (82 %) в медистой руде находится в минеральной форме. Среди минеральных видов благородных металлов абсолютно преобладает сперрилит, а также куперит и тетраферроплатина. Эти три минерала являются основными носителями платины. Палладий в руде присутствует в основном в виде арсенидов, станнидов и теллуру-висмутидов, образуя тесное сростание с золото-серебряной фазой.

Рудник Скалистый

Товарная богатая руда

2,4 % никеля,
2,3 % меди,
до 0,09 % кобальта,
22–24 % серы.

В товарную богатую руду рудника Скалистый входит богатая и медистая руда, добываемая на руднике.

Богатая руда на 90 % состоит из сульфидов.

Основной сульфидный минерал – пирротин (47 %), количество которого значительно преобладает над халькопиритом. Пирротин сростается с халькопиритом и содержит зерна пентландита. В сульфидной массе присутствуют зерна магнетита. Кубанит встречается в виде пластинчатых включений в халькопирите. Макинавит наблюдается в зернистых агрегатах пентландита.

Медистая руда содержит около 20 % сульфидов и 1 % оксидов (магнетит, ильменит, рутил). На долю нерудных минералов приходится 79 %.

В целом, по данным минералогического и химического анализа, в товарной руде рудника «Скалистый» содержится 47 % сульфидов. Основными сульфидными минералами являются пирротин (33,4 %), халькопирит (7,1 %) и пентландит (6,6 %). Доля пирита в руде не превышает 0,2 %. Благородные металлы в руде присутствуют как в минеральной, так и рассеянной форме. Доля платины в минеральной форме составляет 89 %, палладия – 24 %, золота – 10 %. Главным минералом, содержащим благородные металлы, является сперрилит, второстепенными – куперит, паоловит, самородное золото.

Рудник Маяк

Товарная богатая руда

3,0–3,1 % никеля,
13,2 % меди,
до 0,06 % кобальта,
26–27 % серы.

В товарную богатую руду рудника Маяк входит богатая, медистая и вкрапленная руда, добываемая на руднике.

Богатая руда рудника Маяк представлена сплошными сульфидными агрегатами (сульфидов в руде 96 %), в основном крупнозернистой структуры. Выделяются три разновидности богатых руд: кубанит-пентландит-халькопиритовая, пентландит-халькопирит-пирротиновая и халькопирит-пентландит-кубанитовая. Сульфиды богатых руд представлены халькопиритом (60 %), кубанитом (15 %), пентландитом (13,5 %) и пирритом (8 %). Содержание пентландита во всех минеральных разновидностях постоянно и составляет 10–15 %.

Вкрапленная руда рудника Маяк содержит около 6 % сульфидов, в том числе пирит (1,9 %), халькопирит (1,8 %), пирротин (1,6 %), пентландит (0,6 %).

Минеральная форма благородных металлов представлена минералами платины – куперит и сперрилит, палладия – котульскит, меньшиковит, палладоарсенит, фрудит и др. В руде присутствует самородное золото и его сплавы с серебром.



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ



ТАЛНАХСКАЯ ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА (ТОФ)

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ
ПАО «ГМК «Норильский никель»

Талнахская обогатительная фабрика

История фабрики

1971 г. – утвержден проект Талнахской обогатительной фабрики (ТОФ).

1981 г. – запуск 1-й очереди ТОФ.

1982 г. – запуск 2-й очереди ТОФ.

Реконструкция ТОФ с увеличением мощности с 3,8 до 7,2 млн т в год.

Модернизация ТОФ с наращиванием мощности до 7,5 млн т в год.

В проекте поэтапное увеличение мощности фабрики за счет освоения новых технологий до 18 млн т в год.

Сырьевая база ТОФ

Рудник Октябрьский

Богатая руда

1,9–2,0 % никеля,
2,9–3,0 % меди,
до 0,1 % кобальта,
22 % серы.

Состав рудной минерализации – пентландит-халькопирит-пирротинный. Пирротин слагает основную часть сульфидной массы руды и представлен преимущественно моноклинной разновидностью, реже – гексагональной. Редкими рудными минералами в руде являются макинавит, сфалерит, галенит, пирит, валлериит, борнит, халькозин. Благородные металлы присутствуют в руде в виде примеси в сульфидах и образуют собственные минеральные формы. Доля платины в минеральной форме – 78 %, палладия – 62 % и золота – 56 %. Отмечается высокое содержание палладия в пентландите (42,38 г/т).

Вкрапленная руда

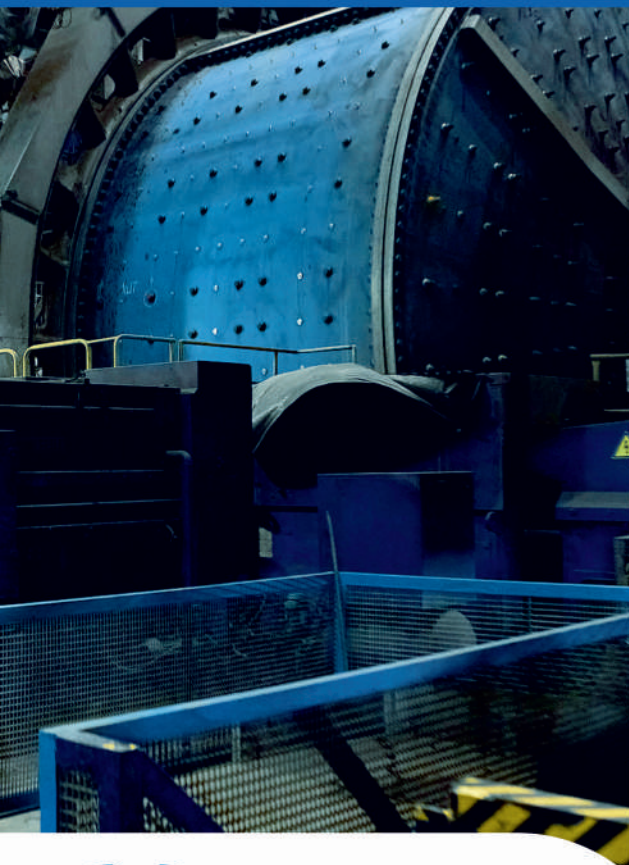
0,38–0,59 % никеля,
0,9–1,3 % меди,
до 0,03 % кобальта,
5–6 % серы.

Основной минерал руды – пирротин, содержащий пламеновидный пентландит. Халькопирит образует сростания с пирротинном, которые содержат включения пентландита и иногда сфалерита. По крупным зернам пирротина развивается поздний метазернистый пирит. Отдельные агрегаты пирита присутствуют в силикатных минералах. Основная доля платины (99,7 %) и палладия (90 %) находится в минеральной форме – сперрилит, куперит, паоливит. Золото содержится в руде преимущественно в самородной форме.

Медистая руда

1,24–1,25 % никеля,
4,4–4,5 % меди,
до 0,05 % кобальта,
13,5–13,6 % серы.

**Комплекс
рудного
измельчения**



**Комплекс
обезвоживания
продуктов**



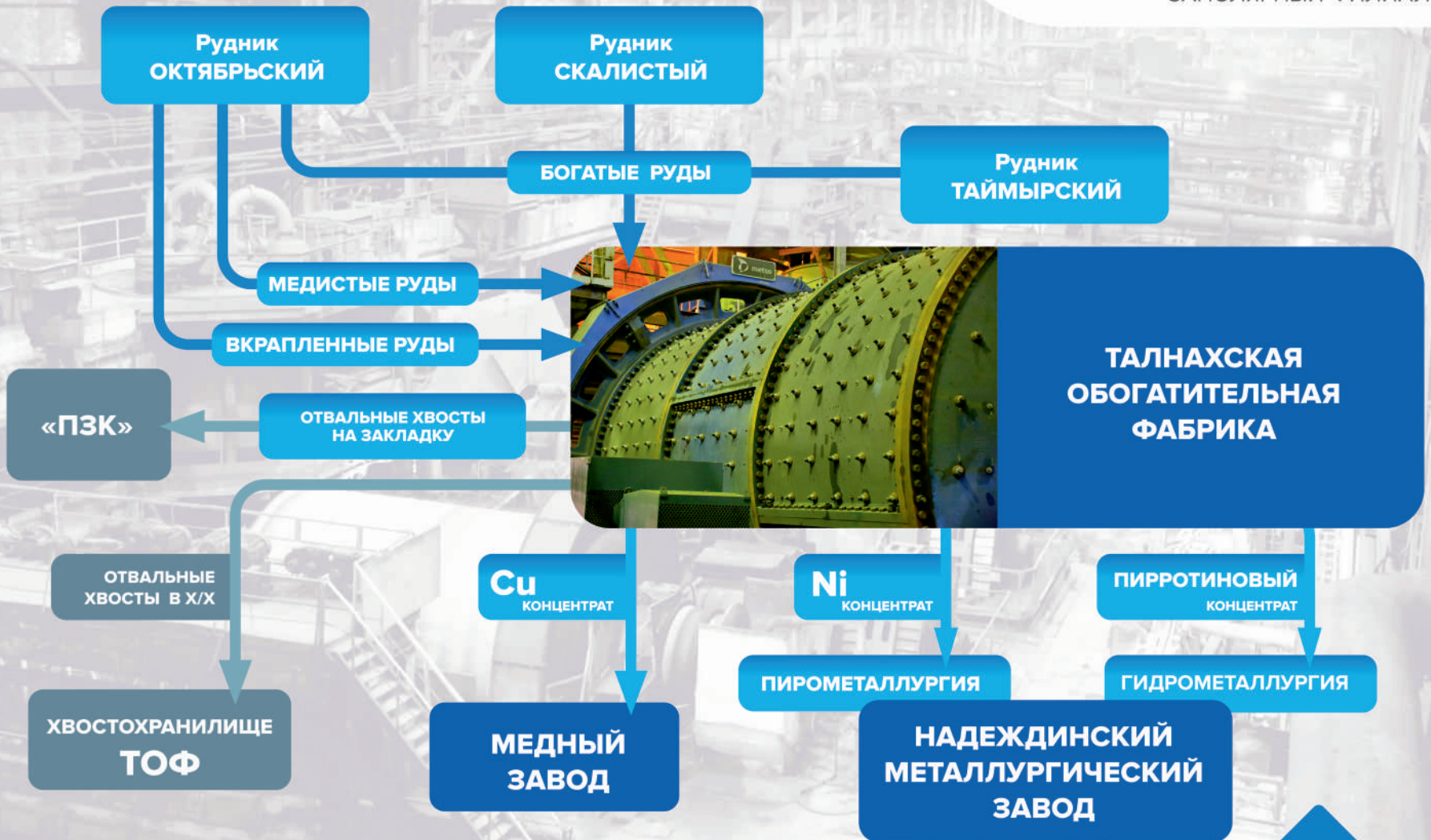
**Флотационный
комплекс**



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА
ТАЛНАХСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ
ФАБРИКИ**



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТАЛНАХСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Состав рудной минерализации медистой руды рудника Октябрьский: пентландит-пирротин-халькопиритный, пентландит-халькопирит-пирротинный, миллерит-пирит-халькопиритовый, пирит-пирротин-валлериитовый. Основная доля платины (87 %), палладия (64 %) и золота (93 %) находится в минеральной форме. Самыми распространенными минералами металлов платиновой группы являются сульфиды – куперит, брэггит, а также меренскиит, котульскит и самородное золото.

Рудник Таймырский

Богатая руда

2,6 % никеля,
2,8 % меди,
до 0,12 % кобальта,
24–28 % серы.

Основные минералы руды – пирротин, халькопирит и пентландит. Пирротин резко преобладает над всеми минералами по количеству и размерам выделений. Редкие сульфидные минералы – пирит, сфалерит, галенит и макинавит. Благородные металлы присутствуют в руде как в минеральной форме – атоцит, рустенбургит, паларстанид, меренскиит, паоловит, самородное золото, так и в рассеянной – в сульфидах – в пентландите и халькопирите.

Вкрапленная руда

0,55 % никеля,
0,99 % меди,
до 0,02 % кобальта,
2,8 % серы.

В настоящее время эта руда не обрабатывается, за исключением случаев вовлечения вкрапленной руды в обработку богатых руд. Минеральный состав руды: сульфиды – 8 %, нерудные минералы – 85 %, оксиды – 7 %. Сульфиды представлены в основном пирротинном (3,5 %), халькопиритом (3 %) и пентландитом (1,5 %) и в меньшей степени – пиритом, кубанитом, валлериитом и сфалеритом.

Рудник Скалистый

Товарная богатая руда

2,4 % никеля,
2,3 % меди,
до 0,09 % кобальта,
22–24 % серы.

В товарную богатую руду рудника «Скалистый» входит богатая и медистая руда, добываемая на руднике.

Богатая руда на 90 % состоит из сульфидов.

Основной сульфидный минерал – пирротин (47 %), количество которого значительно преобладает над халькопиритом. Пирротин сростается с халькопиритом и содержит зерна пентландита. В сульфидной массе присутствуют зерна магнетита. Кубанит встречается в виде пластинчатых включений в халькопирите. Макинавит наблюдается в зернистых агрегатах пентландита.

Медистая руда содержит около 20 % сульфидов и 1 % оксидов (магнетит, ильменит, рутил). На долю нерудных минералов приходится 79 %.

В целом, по данным минералогического и химического анализа, в товарной руде рудника «Скалистый» содержится 47 % сульфидов. Основными сульфидными минералами являются пирротин (33,4 %), халькопирит (7,1 %) и пентландит (6,6 %). Доля пирита в руде не превышает 0,2 %. Благородные металлы в руде присутствуют как в минеральной, так и рассеянной форме. Доля платины в минеральной форме составляет 89 %, палладия – 24 %, золота – 10 %. Главными минералами благородных металлов являются сперрилит, второстепенными – куперит, паоловит, самородное золото.



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

ИСХОДНАЯ РУДА

**ДРОБИЛЬНЫЙ
ЦЕХ**

**ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНО-
ФЛОТАЦИОННЫЙ
ЦЕХ**

**Рудник
ОКтябрьский**

**Рудник
Скалистый**

**Рудник
Таймырский**

**ЦЕХ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ
И ГИДРОТРАНСПОРТ**

**МЕДНЫЙ
КОНЦЕНТРАТ**

**НИКЕЛЬ-ПИРРОТИНОВЫЙ
КОНЦЕНТРАТ**

**МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИЙ
ПРОДУКТ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
ТАЛНАХСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ
ФАБРИКИ (ТОФ)**

Технологический процесс Талнахской обогатительной фабрики



Дробление и измельчение

На фабрике установлен комплекс рудного измельчения, включающий:

- **мельницу полусамозмельчения** (МПСИ 10,4×5,2)
- **мельницы шаровые** (МШЦ 6,7×10,7)
- **насосные гидроциклонные установки**
- **вертикальные мельницы тонкого помола Vertimill**





Флотация

На фабрике установлен флотационный комплекс, состоящий из флотационных машин объемом 100 м³, 50 м³, 20 м³ (суммарно 136 камер) и насосного оборудования.



Вспомогательные процессы

К вспомогательным относятся процессы **обезвоживания** продуктов обогащения для доведения их до содержания твердого в пределах установленной нормы.

Обезвоживание пульповых продуктов осуществляется в **сгустителях**. На фабрике установлено 7 высокопроизводительных радиальных сгустителей с периферическим приводом Outotec Supaflo 50HRT.

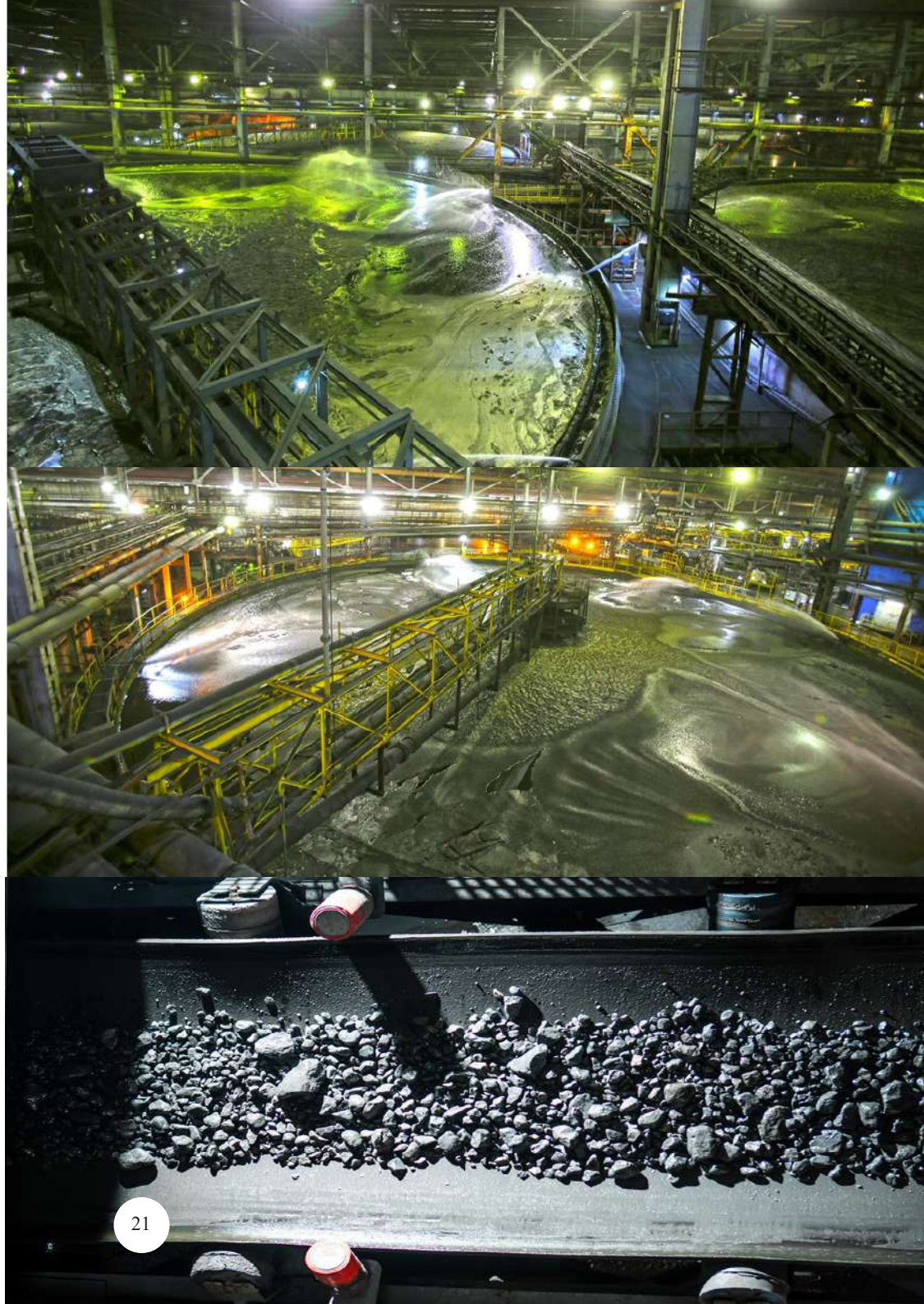
Сеть технологических трубопроводов передает концентраты ТОФ на металлургические подразделения Заполярного филиала. Протяженность трассы гидротранспорта составляет около 30 км. Общая протяженность трубопроводов составляет порядка 300 км.

Сеть хвостопроводов передает отходы обогащения к месту складирования (хвостохранилище ТОФ).

Сеть трубопроводов оборотной воды возвращает воду, переданную с концентратами и хвостами, в технологический процесс ТОФ, образуя замкнутый контур использования воды для технологических нужд.

Продукцией Талнахской обогатительной фабрики является:

- **никелевый** (6–11 % никеля, 4–6 % меди),
- **медный** (25–30 % меди, 1,5–1,6 % никеля)
- **пирротиновый** (0,1–1,5 % никеля, 0,05–0,17 % меди) концентраты.





НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

МЕДНЫЙ ЗАВОД

**ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ
ПАО «ГМК «Норильский никель»**

Медный завод

История

Март 1945 года – председатель ГКО СССР И.В. Сталин подписал постановление «Об увеличении производства цветных металлов на Норильском комбинате». В постановлении говорилось и о строительстве Медного завода.

1948 год – выполнен проект завода.

7 ноября 1949 года – отражательная печь поставлена на разогрев.

15 декабря 1949 года – начата загрузка первой партии медного концентрата.

20 декабря 1949 года – штейн залит в конвертер для первой плавки.

21 декабря 1949 года – завод успешно запущен.

19 декабря 1950 года – под нагрузку поставлен цех электролиза меди.



Структура цехов Медного завода

Сушильный цех предназначен для подготовки рудного сырья к плавке. В его структуру входят:

- **участок фильтрации медного концентрата**
- **сушильный участок**
- **участок производства кислоты**
- **участок производства элементарной серы**
- **участок очистки промышленных стоков**

Плавильный цех предназначен для переработки медесодержащих материалов на штейн в печах Ванюкова, конвертирования штейнов на черновую медь, огневое рафинирование черновой меди с получением анодного металла. Цех включает:

- **плавильный участок № 1**
(передел плавки в печах Ванюкова)
- **плавильный участок № 2**
(конвертирование медных штейнов)
- **плавильный участок № 3**
(огневое рафинирование меди)
- **вспомогательные службы**

Цех электролиза меди предназначен для переработки анодов медных в катоды медные с качеством не ниже 99,99 %, с получение шлама с высоким содержанием драгоценных металлов и для извлечения никеля из электролита. В состав цеха входят:

- **электролизный участок № 1–4**
- **склад готовой продукции**
- **электролизный участок № 5** (матричный передел)
- **участок получения металлосодержащих продуктов**

Металлургический цех предназначен для переработки медеэлектролитного шлама, получения концентратов благородных металлов, серебра в порошке, селена и теллура в слитках. В структуру цеха входят:

- **обжиговый участок**
- **гидрометаллургический участок**
- **плавильный участок**
- **электролизный участок**
- **участок получения черного серебра**
- **селеновый участок**
- **теллутовый участок**

Цех обеспечения основного производства предназначен для обеспечения бесперебойной работы основного производства медного завода и включает:

- **участок автоматизации производства**
- **участок по обслуживанию механического оборудования**
- **участок по обслуживанию энергетического оборудования**
- **участок обеспечения основного производства.**

**СУШИЛЬНЫЙ
ЦЕХ**



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

**ПЛАВИЛЬНЫЙ
ЦЕХ**

**ЦЕХ ЭЛЕКТРОЛИЗА
МЕДИ**

**МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
ЦЕХ**

**ЦЕХ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ОСНОВНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

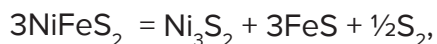
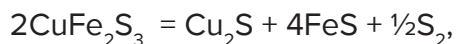
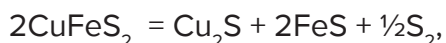
**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА
МЕДНОГО ЗАВОДА**

Описание технологической схемы Медного завода

В плавильном цехе Медного завода осуществляется плавка медного сырья в печи Ванюкова на штейн, конвертирование штейнов с получением черновой меди и огневое рафинирование меди с получением анодного металла. В цехе электролиза получают катодную медь и медный шлам, содержащий благородные металлы. Медный шлам перерабатывают в металлургическом цехе.

Процесс плавки в печи Ванюкова (ПВ) заключается в окислении сульфидов сырья в интенсивно перемешиваемой шлако-штейновой ванне с использованием тепла окислительных реакций. Процесс Ванюкова непрерывный, осуществляется в печах шахтного типа (в печах Ванюкова). Обогащенное кислородом дутье подают в расплав через фурмы, расположенные симметрично с обеих сторон печи.

Нагрев шихты и диссоциация высших сульфидов начинаются во время вертикального движения шихты к поверхности расплава и завершаются в барботируемой области ванны. При этом могут идти следующие реакции диссоциации высших сульфидов:

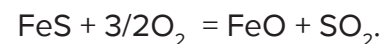


Образующаяся сера частично окисляется кислородом дутья по реакции:

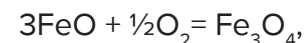


частично испаряется в элементарном виде или окисляется над расплавом подсасываемым с воздухом кислородом.

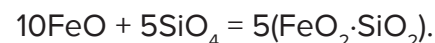
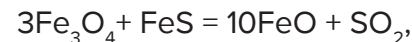
В процессе плавки Ванюкова практически отсутствует прямой контакт кислорода дутья с исходной шихтой. Высокая скорость массообмена в барботируемой ванне приводит к образованию однородной шлако-штейновой эмульсии. При этом кислород взаимодействует с сульфидом железа, растворенным как в штейновом, так и в шлаковом расплаве:



Оксид железа (II), попадая в область дутьевого факела, окисляется до магнетита по реакции:

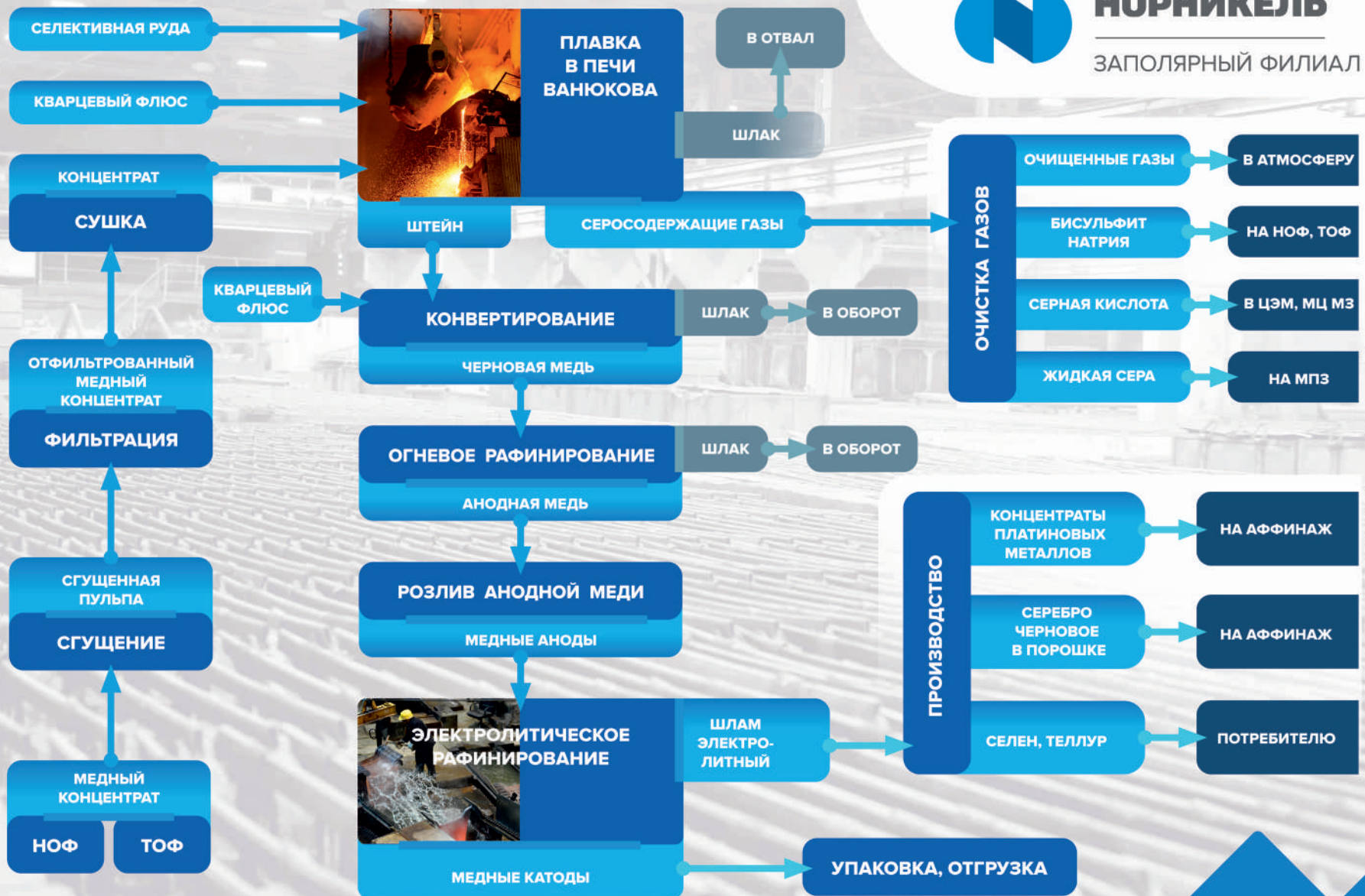


который в интенсивно барботируемой ванне контактирует с сульфидом железа и снова восстанавливается до оксида железа (II):



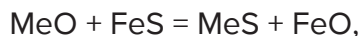
Помимо сульфидов, в шихте плавки Ванюкова присутствуют оксиды (SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 и др.), которые наряду с образующимися оксидами железа формируют шлак.

Потери цветных металлов со шлаками слагаются из механических и растворенных потерь. Механические потери обусловлены недостаточным временем отстаивания мелких сульфидных капель. Растворенные потери, составляющие около 70–75 % от всех потерь, обусловлены окислением цветных металлов и физической растворимостью их сульфидных и металлических форм. Процесс в печи Ванюкова обеспечивает хорошие условия для снижения потерь цветных металлов со шлаками. Интенсивный массообмен повышает вероятность соударения штейновых включений и вероятность их слияния в устойчивые, крупные, быстро оседающие капли с размерами от 0,5 до 5,0 мм. Интенсивный массообмен так-



ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЦЕПОЧКА МЕДНОГО ЗАВОДА

же благоприятствует сульфидизации оксидов цветных металлов:



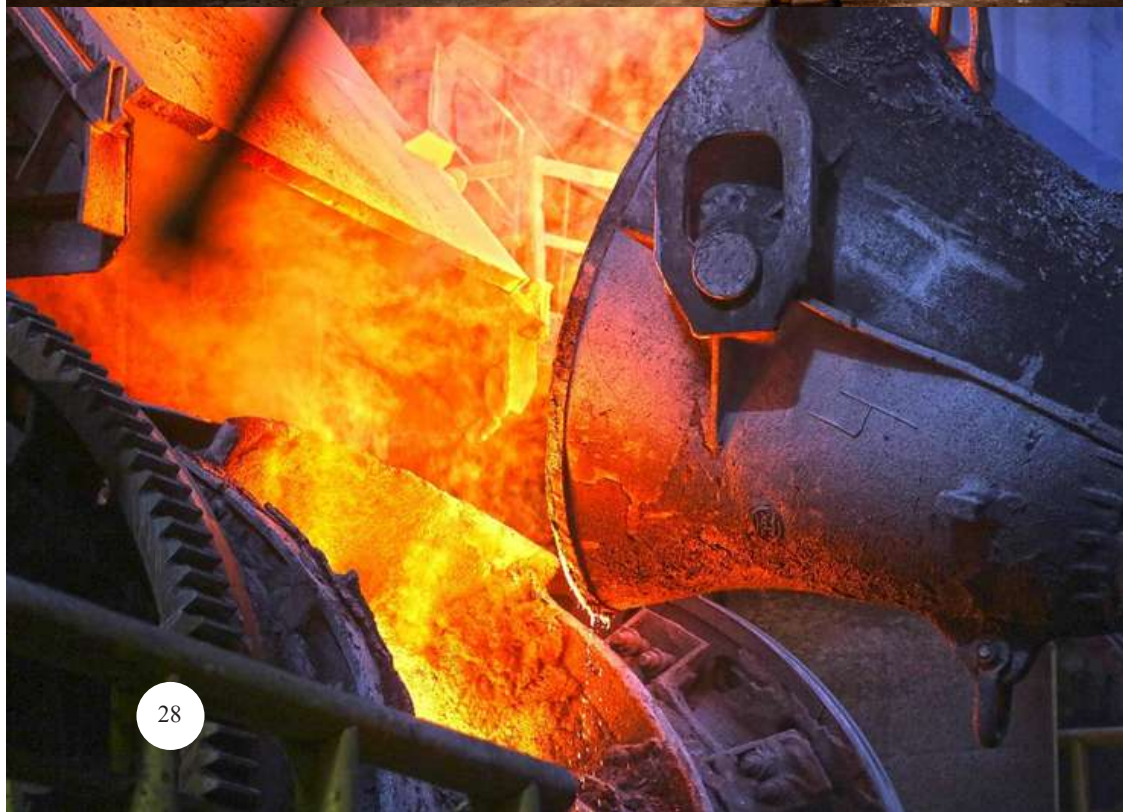
где Me – медь, никель, кобальт.

Поведение основных элементов-спутников в окислительных условиях, создаваемых в плавильном агрегате, определяется составом газовой фазы и интенсивностью барботажа расплава газами. Спутники (Pb, Re, Ge, As, Sb, Se, Tl), сульфиды и оксиды которых обладают высокой упругостью пара, в большей степени возгоняются и концентрируются в возгонах, причем переход их в возгоны тем выше, чем богаче получаются штейны. Из-за малого уноса шихтовых материалов при плавке в печи Ванюкова (около 1 %) возгоны характеризуются высоким содержанием ценных летучих компонентов.

Благородные металлы (Au, Ag, Pt, Pd) практически полностью переходят в штейн.

Химический состав штейна плавки Ванюкова: Cu 40–55 %, Ni 4,5–5,5 %, Fe 12,1–14,5 %, S 23,6–24,3 %, прочие. Извлечение меди в штейн составляет более 98 %.

Химический состав отвального шлака плавки Ванюкова: Cu 0,55–0,65 %, Ni 0,13–0,22 %, Co 0,03–0,05 %, Fe 43,7–45,8 %, S 0,9–1,2 %, SiO₂ 29,0–31,5 %, CaO 1,7–2,4 %, MgO 1,2–1,6 %, Al₂O₃ 4,2–4,5 %.



Конвертирование медных штейнов – это процесс получения черновой меди путем окисления железа и серы продувкой воздуха через слой расплава штейна. Продувка штейна сопровождается переводом оксидов железа в шлак, а диоксида серы – в отходящие газы.

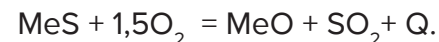
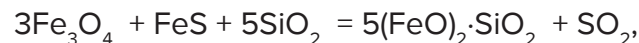
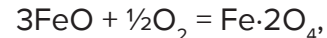
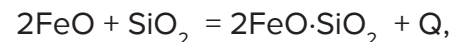
Дутье подается в конвертер через фурменные трубки, устанавливаемые в кладке. Снабжение конвертера воздухом представляет собой достаточно сложную гидродинамическую задачу, заключающуюся в том, чтобы за счет статического давления, создаваемого воздушными машинами, получить интенсивный струйный режим истечения воздуха из фурм в штейновый расплав.

Воздушная струя, поступающая в ванну конвертера, является одновременно носителем вещества (газообразного кислорода), обеспечивающего протекание реакций окисления, и кинетической энергии, способной обеспечить массообмен во всем объеме расплава, необходимый для осуществления всей полноты реакций обменного взаимодействия.

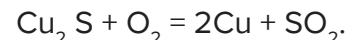
Заметное влияние на пропускную способность фурм оказывает глубина их погружения под слой расплава. С точки зрения достижения максимальной нагрузки на фурмах при давлении 98 – 118 кПа (1 – 1,2 кгс/см²), глубину погружения следует ограничить 300 – 400 мм. При повышении давления до 157 кПа (1,6 кгс/см²) целесообразно увеличить глубину погружения до 600 - 800 мм.

Вследствие экзотермичности реакций окисления сульфидов и шлакообразования процесс конвертирования является автогенным.

Процесс конвертирования протекает в два периода. В первом периоде (набор массы) практически полностью окисляется сульфид железа с получением богатого по содержанию цветных металлов сульфидного продукта – богатой массы (белый матт):



Во втором периоде, который называют варка меди получается черновая медь за счет окисления полусернистой меди:



Процесс конвертирования медных штейнов ведется в горизонтальных конвертерах, которые представляют собой цилиндрическую емкость, опирающуюся с помощью опорных бандажей на ролики. Для заливки штейна, загрузки флюсов и холодных материалов, слива расплава и удаления газов в верхней части цилиндрической поверхности корпуса имеется горловина. Поворот конвертера вокруг горизонтальной оси осуществляется от электродвигателя через редуктор и зубчатую пару, в которую входит зубчатый венец, охватывающий корпус, и ведущая шестерня.

Штейн, заливаемый в конвертер, имеет температуру около 1100 °С. Продолжительность продувки 40–45 мин. За это время температура повышается до 1200–1240 °С.

Образующиеся при конвертировании горячие газы через горловину поступают в напыльник, затем в систему газоходов и пылеулавливания. Конвертерные газы на выходе из расплава теоретически содержат около 15 % SO₂. Однако подсосы воздуха к отходящим газам конвертеров очень велики и составляют до 300–400 % от объема первичных конвертерных газов, что приводит к их существенному разбавлению по содержанию SO₂ (до 2–4 %).

Черновая медь (97,5–98 % Cu; до 1,75 % Ni; до 0,1 % Fe; 0,1 % S; 0,35–0,6% O₂), полученная при конвертировании, направляется на огневое рафинирование.

Огневое рафинирование меди – это процесс удаления примесей из черновой меди и получение плотных анодов для процесса электролитического рафинирования.

Процесс огневого рафинирования черновой меди осуществляется в наклоняющихся печах, отапливаемых природным газом, и основан на различном сродстве металлов к кислороду и малой растворимости большинства оксидов примесей в жидкой меди.

По сродству к кислороду при температуре расплава (1150–1170 °С) примеси могут быть расположены в следующем порядке: цинк, олово, сурьма, никель, висмут, мышьяк, свинец, теллур, селен, серебро и золото.

Стадия окисления начинается с продувки ванны расплава воздухом. При этом протекает реакция окисления меди:



Качественные характеристики товарной продукции МЕДНОГО ЗАВОДА



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

КАТОДЫ МЕДНЫЕ

Химический состав	Марка	Минимальное содержание меди, %
ГОСТ 859-2014	M00к	99,99*
	M0к	99,97
	M1к	99,95

КОНЦЕНТРАТЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Порошки марок ОК, ОКу

СЕРЕБРО ЧЕРНОВОЕ в порошке

Химический состав соответствует
ТУ 1794-028-44577806-2012,
минимальное содержание серебра не менее 88 %

СЕЛЕН технический

Химический состав соответствует
ГОСТ 10298-79 «Селен технический»,
минимальное содержание селена в марках:
СТ0 – 99,8 %, СТ1 – 99,0 %

ТЕЛЛУР в слитках для термоэлементов

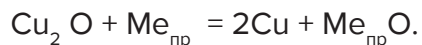
Химический состав соответствует
ТУ 1769-009-44577806-2002,
массовая доля теллура не менее 99,99 %

В настоящее время участок законсервирован



Образующаяся закись меди практически мгновенно растворяется в меди и распространяется по всей ванне расплава, чему способствует интенсивное перемешивание расплава вдуваемым воздухом.

Растворенная закись меди является передатчиком кислорода – окислителем примесей:

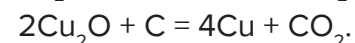
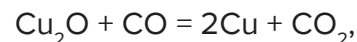
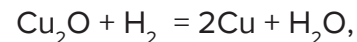


Образующиеся в процессе оксиды металлических примесей в большинстве своем практически нерастворимы в расплавленной меди и всплывают на поверхность расплава, образуя анодный шлак, который удаляется из печи.

По окончании окислительной продувки меди и съема анодного 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.

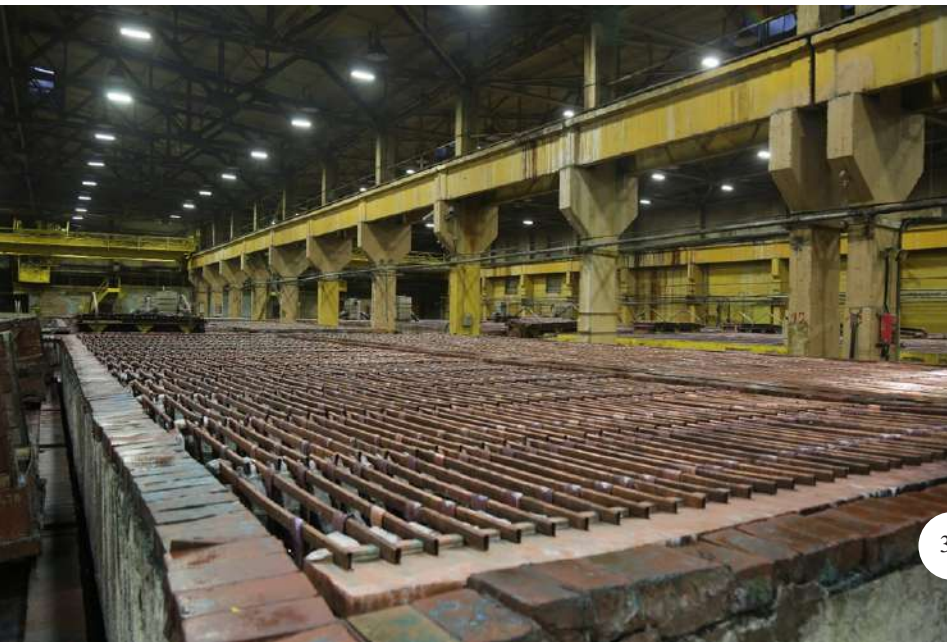
Основная цель дразнения на плотность – удаление из меди серы и растворенных газов. Дразнение на

ковкость осуществляют в сильно восстановительной атмосфере при загрузке восстановителя на поверхность ванны. В качестве восстановителя можно использовать древесину, древесный уголь, нефтяной кокс, конверсионный газ и мазут:



При дразнении возможно «заражение» меди водородом вследствие его растворения. При затвердевании растворимость водорода резко снижается и он выделяется, образуя в затвердевшей меди многочисленные пузырьки. Такая пузырчатая медь чрезвычайно нежелательна для последующего электролитического рафинирования. Во избежание насыщения меди водородом нельзя полностью восстанавливать оксид меди Cu_2O . На практике обычно оставляют в готовой меди 0,05–0,2 % Cu_2O .

После завершения процесса огневого рафинирования медь разливают в аноды (295–300 кг) на карусельных разливочных машинах.



Электролитическое рафинирование меди предназначено для получения меди, удовлетворяющей по электропроводности требованиям международного стандарта ($1,724 \cdot 10^{-6}$ Ом·см). Такая медь содержит обычно более 99,96 % меди, около 0,02 % кислорода и 0,02 % девяти нормируемых в сумме примесей.

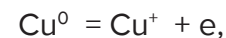
Процесс электролитического рафинирования меди заключается в растворении под действием электрического тока медных анодов и осаждении чистого металла на катодах.

Исходным сырьем для электролитического рафинирования является анодная медь, %: 99,5–99,8 Cu, до 0,015 S, до 0,015 Fe, до 0,5 Ni, до 0,05 Pb, до 0,01 Bi, до 0,2 As, до 0,06 Se+Te, до 0,03 (300 г/т) Au и до 0,5 (5000 г/т) Ag.

Оптимальный состав электролита, используемый при электролитическом рафинировании меди, г/л: $170 \div 180 \text{ H}_2\text{SO}_4$; $23 \div 25 \text{ Ni}^{2+}$; $55 \div 56 \text{ Cu}^{2+}$, ПАВ (клей мездровый, тиомочевина, соль поваренная). Оптимальная температура электролита – 55–65 °С

Литые аноды и тонкие катодные основы из электролитной меди завешивают в электролизную ванну. Аноды и катоды помещают, располагая электроды в ваннах вертикально, параллельно друг другу. Все аноды соединяются с положительным, а катоды – с отрицательным полюсом источника постоянного тока. В ванны подают электролит и через эту систему пропускают постоянный ток.

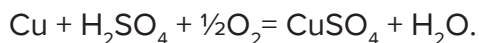
На медном аноде возможны следующие электрохимические реакции:



Соотношение концентраций одновалентной и двухвалентной меди в растворе определяется равновесием реакции диспропорционирования:



На аноде также имеет место прямое химическое растворение меди по реакции:



На катоде выделение меди идет в основном за счет разряда ионов двухвалентной меди:



В результате протекания реакций происходит обогащение электролита ионами двухвалентной меди и обеднение серной кислотой. Для поддержания в электролите постоянной концентрации меди и серной кислоты необходимо электролит регенерировать.

Наращивание катодной меди в ваннах товарного передела производится при плотности тока 290–315 А/м², срок наращивания 5–8 суток. Анодная компания составляет 21 день.

Масса катода перед выгрузкой из ванны достигает 60–120 кг. Анодные остатки (12–18 % от первоначальной массы) переплавляют в анодных печах.

Катоды из ванн выгружаются мостовым краном при помощи бороны и направляются для промывки от электролита на промывочную машину. Промытые и размещенные стопками на вагонетках катоды отправляются на склад готовой продукции.

При производстве электролитной меди в цехе электролиза меди получают:

медные катоды марок М00к, М0к и М1к, скомплектованные в пакеты и партии и отгруженные потребителям;

товарные полуфабрикаты: медный шлам (средний состав, %: 22 Ni; 28 Cu; 2,7 Pd; до 23 влаги), медно-никелевый купорос;

богатые полуфабрикаты: скрап; отходы анодных основ ЦЭМ; медь регенерации; бракованные медные катоды. Они предназначены для переработки в сушильном цехе и плавильном цехе Медного завода.

Медные катоды имеют геометрические размеры:

длина – от 880 до 970 мм;

ширина – от 830 до 860 мм;

толщина – от 5 до 20 мм;

масса – от 60 до 120 кг (средняя масса – 82 кг).

Медные катоды марки М00к – массовая доля меди не менее 99,99 %, марки М0к – массовая доля меди не менее 99,97 %.

Медь марки М00к сертифицирована в системе добровольной сертификации России на соответствие требованиям межгосударственных стандартов ГОСТ 859-2014 «Медь. Марки», ГОСТ 546-2001 «Катоды медные. Технические условия».

Медные катоды зарегистрированы на Лондонской бирже металлов и внесены в листинг под брендом «Norilsk».

Упаковка: пакеты высотой не более 600 мм, перевязанные стальной лентой, масса нетто – до 2550 кг.



Концентрат платиновых металлов получают в металлургическом цехе медного завода из анодного шлама.

Форма изготовления: порошки темного цвета, крупность не более 1 мм.

Упаковка: два полиэтиленовых мешка (один из которых запаян) укладывают в полипропиленовый ламинированный мешок, который прошивают по горловине и пломбируют.

Серебро черновое в порошке

Химический состав соответствует ТУ 1794-028-44577806-2012, минимальное содержание серебра не менее 88 %.

Формы изготовления: порошок темного цвета, крупность не более 2 мм.

Упаковка: два полиэтиленовых мешка (один из которых запаян) укладывают в полипропиленовый ламинированный мешок, который прошивают по горловине и пломбируют.

Масса нетто порошка в мешке: не более 25 кг.

Селен технический

Химический состав соответствует ГОСТ 10298-79 «Селен технический. Технические условия», минимальное содержание селена в марках: СТ0 – 99,8 %, СТ1 – 99,0 %.

Форма изготовления: сыпучий порошкообразный продукт тёмно-серого цвета.

Упаковка: полипропиленовые мешки с полиэтиленовыми вкладышами укладывают в металлические или деревянные ящики (типа II-1, II-2 с металлической проволокой). Масса нетто селена в мешке: не более 25 кг.

Теллур в слитках

Химический состав соответствует ТУ 1769-009-44577806-2002, массовая доля теллура не менее 99,99 %.

Форма изготовления: трапецеидальный слиток размером 140 × 98 × 70 мм.

Упаковка: слитки теллура упаковывают в полиэтиленовый мешок. Мешок запаивают. Мешки с теллуром укладывают в деревянные ящики типа III-1 с ленточной обшивкой. Масса брутто ящика от 20 до 50 кг.

В настоящее время участок по получению теллура законсервирован.





НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

**НАДЕЖДИНСКИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД
имени Б.И. Колесникова**

**ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ
ПАО «ГМК «Норильский никель»**

Надеждинский металлургический завод имени Б. И. Колесникова

История

Решение о строительстве Надеждинского металлургического завода принято Советом Министров СССР в 1970 году (постановление № 959 от 27.11.1970). Первоначальное название завода – Второй никелевый завод Норильского горно-металлургического комбината им. А.П. Завенягина.

Генпроектировщики завода – институты «Гипроникель» (г. Ленинград) и «Норильскпроект» (г. Норильск).

В состав НМЗ входят три производства: гидрOMETаллургическое (ГМП), пирометаллургическое (ПМП), производство кислорода.

Технология ГМП разработана специалистами Норильского горно-металлургического комбината, а также институтов «Гипроникель» (г. Ленинград) и «Гинцветмет» (г. Москва). Основана на использовании отечественного оборудования. Строительство гидрOMETаллургического производства начато в 1971 году, 10 октября 1979 года подписан акт Государственной комиссии о приемке объектов 1-й очереди завода (ГМП) в эксплуатацию.

Технология ПМП основана на использовании взвешенной плавки никелевых сульфидных концентратов. Разработана специалистами финской компании «Оутокумпу» с использованием импортного комплексного оборудования, закупленного по контракту, заключенному между Внешнеторговым объединением «Техмашимпорт» (г. Москва) и Акционерным объединением «МЭТЕКС» (г. Хельсинки, Финляндия). Строительство объектов ПМП начато в 1975 году. 9 июля 1981 года подписан акт о приемке в эксплуатацию 2 очереди (ПМП) НМЗ.

«Надежда» или Надеждинский металлургический завод имени Б.И. Колесникова, – самое молодое металлургическое предприятие ОАО ГМК «Норильский никель».

Структура Надеждинского металлургического завода

Завод имеет два производства – гидрометаллургическое и пирометаллургическое.

Гидрометаллургическое производство предназначено для переработки пирротинового концентрата, ранее складировавшегося в хранилищах. Введено в эксплуатацию в октябре 1979 года.

Пирометаллургическое производство перерабатывает медно-никелевый концентрат Талнахской обогатительной фабрики, никелевый концентрат Норильской обогатительной фабрики, и сульфидный концентрат гидрометаллургического производства.

Основными цехами завода являются:

- **плавильный цех,**
- **цех производства элементарной серы,**
- **цех обезвоживания и складирования концентратов,**
- **цех подготовки сырья и шихты,**
- **кислородная станция.**

Готовой продукцией завода являются: файнштейн, который отправляется для дальнейшей переработки на Кольскую ГМК.

Гидрометаллургический участок (ГМУ) входит в состав цеха по производству элементарной серы № 1 Надеждинского металлургического завода имени Б.И. Колесникова ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель».

Используемая на участке технология обеспечивает химическое обогащение пирротинового концентрата, в результате которого цветные металлы извлекаются в сульфидный концентрат, обогащенный в 4–6 раз по сравнению с исходным сырьем. Полученный в ГМУ сульфидный концентрат направляется на пирометаллургическую переработку, в смеси с никелевым концентратом на взвешенную плавку.

Гидрометаллургический участок состоит из трех основных переделов:

- **сгущения**, где осуществляется сгущение пульпы пирротинового концентрата ТОФ;
- **автоклавного**, где осуществляется процесс автоклавного окислительного выщелачивания;
- **реакторного**, где осуществляется приготовление пульпы сгущенного пирротинового концентрата, приготовление раствора лигносульфоната технического, осаждение цветных металлов и охлаждение пульпы осаждения.



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

**ЦЕХ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ
И СКЛАДИРОВАНИЯ
КОНЦЕНТРАТОВ**

**КИСЛОРОДНЫЕ
СТАНЦИИ**

**ЦЕХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
СЕРЫ**

**ПЛАВИЛЬНЫЙ
ЦЕХ**

**ЦЕХ ПОДГОТОВКИ
СЫРЬЯ И ШИХТЫ**

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА
НАДЕЖДИНСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

Описание технологической цепочки гидрометаллургического передела

Пирротиновый концентрат, поступающий в виде водной пульпы с Талнахской обогатительной фабрики, должен соответствовать следующим требованиям:

- массовая доля никеля – не менее 1,5 %;
- меди – не более 1,2 %;
- серы – не более 28 %;
- содержание класса крупности минус 0,044 мм – не менее 65 %;
- плотность пульпы – (1,12–1,40) т/м³;
- рН пульпы – 7,0–9,0.

Пульпа пирротинового концентрата, поступающая с фабрики, транспортируется в сгуститель. Далее сгущенная пульпа перекачивается в реакторы приготовления пульпы.

Приготовление пульпы заключается в ее разбавлении оборотными растворами. На автоклавном переделе эту пульпу подвергают **окислительному автоклавному выщелачиванию**. В процессе выщелачивания пульпы в автоклавах при повышенной температуре (около 1500 °С) под давлением кислорода (1,1–1,5 МПа) происходит разложение высших сульфидов. При этом железо, соединяясь с кислородом, образует в основном оксиды (гидроксиды), а большая часть серы переходит в элементную форму.

Химизм процесса окисления пирротина при выщелачивании описывается следующей основной реакцией:



Заметное разложение пентландита начинается после разложения не менее 50 % пирротина и протекает по следующей реакции:



Халькопирит в тех же условиях окисляется по реакции:

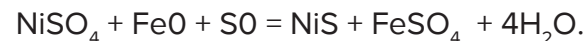


Перешедшее в раствор в процессе окисления сульфидов двухвалентное железо далее подвергается окислению и гидролизу.

Одним из основных технологических показателей процесса выщелачивания является степень разложения пирротина, поддерживаемая при реализации высокотемпературного процесса в пределах 92–98 %.

В качестве основного аппарата для проведения окислительного выщелачивания пирротиновых концентратов используют горизонтальный автоклав емкостью 125 м³.

Осаждение цветных металлов из растворов пульпы автоклавного окислительного выщелачивания металлическим железом и элементной серой протекает в кислой среде (рН пульпы на входе 1,6–2,0; на выходе – 4,0–4,7):



Осаждение проводят при атмосферном давлении и температуре 80–90 °С, продолжительность процесса осаждения 40–120 мин, в зависимости от содержания цветных металлов в окисленной пульпе.

Охлаждение пульпы после осаждения производят в теплообменниках типа «труба в трубе». Пульпу охлаждают до 45–50 °С, что вызвано технологическим режимом последующей операции серосульфидной флотации.



ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ПЕРЕДЕЛ



**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЦЕПОЧКА
НАДЕЖДИНСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

Назначение **серосульфидной флотации** – выделение в пенный продукт коллективного серосульфидного концентрата, содержащего сульфиды железа, цветных металлов и элементарную серу. Вторым продуктом являются хвосты серосульфидной флотации, которые далее поступают на операции железоочистки и нейтрализации, ведущиеся в пачуках. Нейтрализованные хвосты серосульфидной флотации являются конечным продуктом и отправляются в хвостохранилище.

Выделенный в пенный продукт серосульфидный концентрат поступает на сгущение и далее на операцию дезинтеграции. Пульпу сгущенного серосульфидного концентрата закачивают в первый автоклав одной из цепочек **дезинтеграции**. Также туда подают «острый» пар и закачивают известковое молоко. Самотеком пульпа перетекает из первого во второй, а затем в третий автоклав. В последнем автоклаве цепочки пульпу охлаждают водой.

Охлажденная пульпа дезинтеграции поступает на **серную флотацию**. Флотационное разделение сульфидов и серы обеспечивается путем депрессии флотационной активности сульфидов.

Сульфидный концентрат является камерным продуктом операции серной флотации и отправляется на обезвоживание, сушку и далее на взвешенную плавку. Серный концентрат является пенным продуктом операции серной флотации, его перекачивают в сгустители. Сгущенный продукт откачивается в автоклавы-подогреватели на операцию подогрева серного концентрата до температуры 113 °С. Серный концентрат закачивают в автоклавы-сероплавильники. После заполнения в него подают «острый» пар и, при необходимости, ПАВ. По истечении нужного для формирования слоя жидкой серы времени отстаивания производят отдельную выгрузку жидкой серы из автоклава в отстойники и сброс пульпы хвостов плавки в реактор-охладитель.

При отстаивании выплавленной серы минеральные частицы осаждаются и через донную разгрузку периодически выпускаются в виде сгущенной суспензии в гранулятор.



Описание технологической цепочки пиromеталлургического передела

Пиromеталлургическое производство входит в состав плавильного цеха Надеждинского металлургического завода имени Б.И. Колесникова ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель».

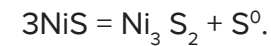
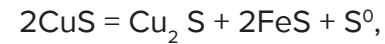
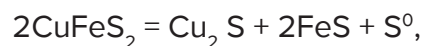
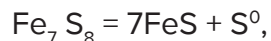
Подготовка сырья к плавке – сгущение пульпы никелевого концентрата, фильтрация и сушка – осуществляется в цехах обезвоживания и складирования концентратов, подготовки сырья и шихты.

В плавильном цехе осуществляется плавка сырья во взвешенном состоянии на штейн, конвертирование штейнов, с получением фанштейна, и электропечное обеднение плавильных и конвертерных шлаков.

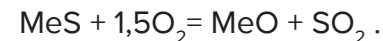
Переработка сульфидных концентратов в печах взвешенной плавки (ПВП)

Это процесс окисления сульфидов металлов в факеле, образующемся при горении сульфидов шихты, подаваемых в раскаленное пространство печи через специальные горелки вместе с кислородсодержащим дутьем. За счет теплоты, выделяющейся при горении сульфидов, расплавленная шихта нагревается и плавится непосредственно в факеле. Образовавшиеся при этом капли расплава падают на поверхность шлаковой ванны, находящейся в отстойной камере, где и происходит расслаивание шлака и штейна.

Высшие сульфиды, входящие в состав концентратов, диссоциируют при нагревании на низшие сульфиды и серу по реакциям:

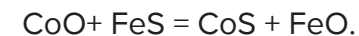
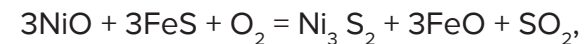
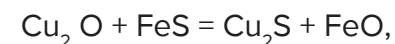
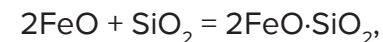
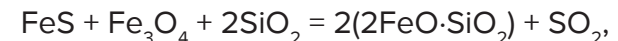


Сера воспламеняется в интервале температур от 280 до 360 °С, в зависимости от содержания кислорода в дутье. Низшие сульфиды частично окисляются, образуя оксиды соответствующих металлов, переходящие в шлак. Неокислившиеся низшие сульфиды переходят в штейн. В общем виде основную реакцию, протекающую в реакционной шахте печи взвешенной плавки (ПВП), можно представить следующим уравнением:



Эта реакция экзотермическая, и ее тепловой эффект обеспечивает самопроизвольный ход процесса, который металлурги называют автогенным.

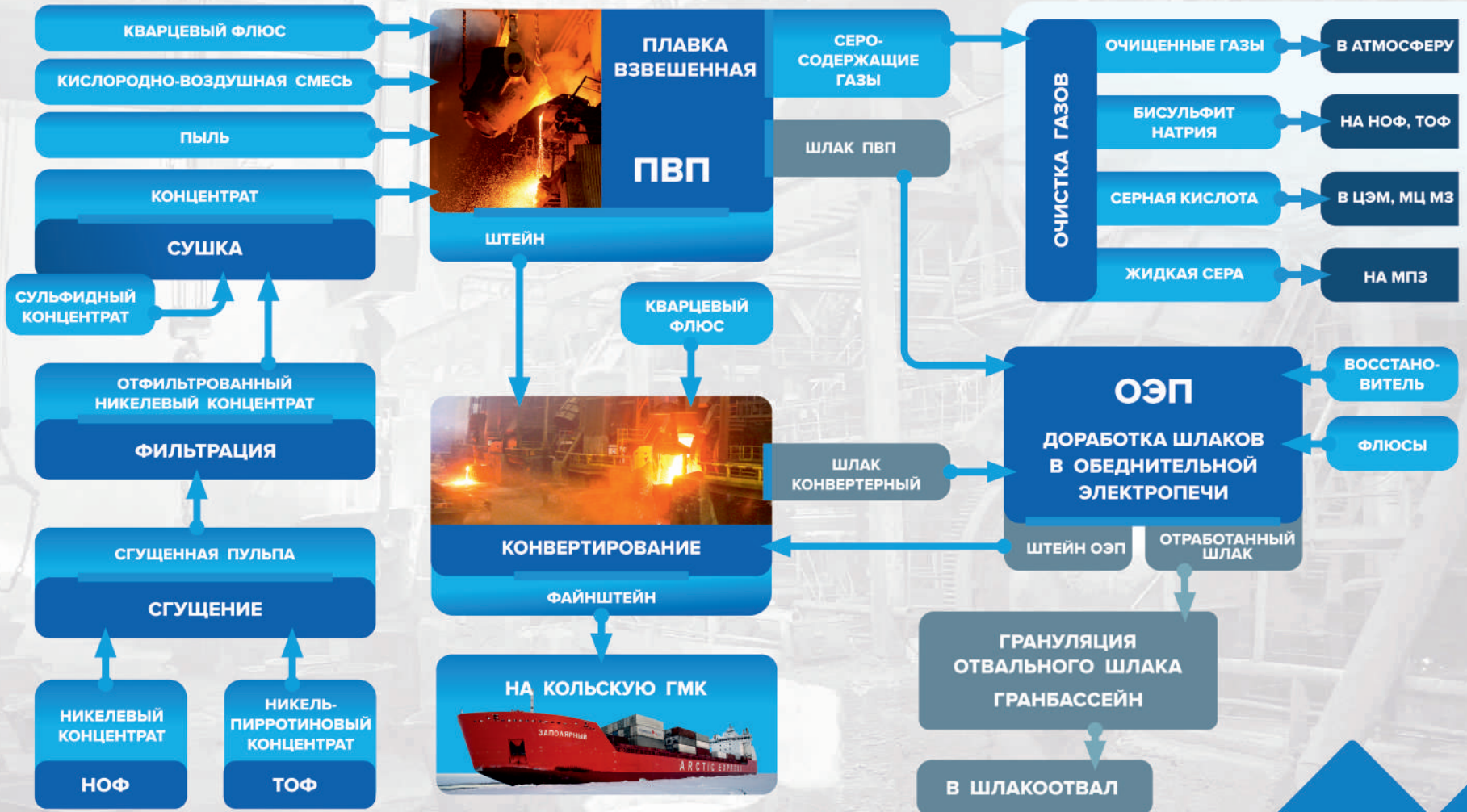
В отстойной камере печи проходят основные реакции шлакообразования, обменные реакции и процесс физического разделения на штейн и шлак, связанный с разностью их удельных весов:



Плавку осуществляют на подогретом дутье, обогащенном кислородом до 94–95 %. Перед подачей в печь шихту подсушивают до влажности менее 0,2 %. Температура в реакционной шахте составляет 1350–1400 °С, в отстойнике – 1250–1300 °С.



ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ПЕРЕДЕЛ



**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЦЕПОЧКА
НАДЕЖДИНСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

Процесс взвешенной плавки отличается большой степенью десульфуризации – 70–85 %, что позволяет получать богатые штейны. Извлечение цветных металлов (никеля, меди и кобальта) в штейн составляет 90 %, 93 %, 42 % соответственно.

Оптимальным режимом плавки считается плавка на штейн с содержанием около 45 % по сумме никеля и меди.

Печи взвешенной плавки «Оутокумпу» на Надеждинском металлургическом заводе оснащены оборудованием для смешивания концентрата; устройством сушки подаваемых твердых материалов; загрузочными бункерами и системой подачи твердого материала в печь; установкой по производству кислорода; подогревателем дутья; котлом-утилизатором тепла отходящих газов; системой извлечения и возврата пыли; системой очистки отходящих газов; установкой по производству серной кислоты.

Конвертирование медно-никелевых штейнов

Конвертерный передел предназначен для переработки никелевых штейнов печей взвешенной плавки (22–35 % никеля, 10–16 % меди, 0,6–0,8 % кобальта), штейнов обеднительных электропечей (11–20 % никеля, 12–27 % меди, 0,6–2,5 % кобальта), а также оборотных материалов.

Целью процесса никелевого конвертирования является удаление из штейна практически всего железа. В результате конвертирования получают фاینштейн, в который с максимально возможной полнотой должны быть извлечены никель, медь, кобальт, благородные и редкие металлы. Средний состав фاینштейна, %: 40–55 Ni; 20–30 Cu; 0,6–1,2 Co.



Процесс заключается в окислительной продувке расплавленного штейна воздухом, офлюсовании и удалении образующихся при этом окислов железа в виде шлака, который является оборотным материалом (шлаки содержат 1,2–1,8 % суммы меди и никеля) и направляется в расплавленном виде в электрические печи обеднения.

К продуктам конвертирования относятся также конвертерные газы, содержащие сернистый ангидрид (SO_2), уносящие из конвертера значительное количество тепла и пыли. Конвертерная пыль является оборотным продуктом, улавливается в газоходной системе и подается для переработки в печи взвешенной плавки.

Процесс конвертирования медно-никелевых штейнов ведется в горизонтальных конвертерах (80 т) в два периода: первый период – период набора штейна и второй – «варки» файнштейна.

Во время набора штейна каждая его порция должна продуваться с таким расчетом, чтобы в богатой штейновой массе содержание железа составляло не меньше той концентрации, при которой сульфид железа еще надежно экранирует от окисления сульфиды цветных металлов. В настоящее время рекомендуемое содержание железа в богатой массе первого периода составляет 8–12 % масс.

«Варка» файнштейна начинается после того, как в конвертере накопится полный объем богатой массы. Основной задачей этой стадии процесса является максимально возможное извлечение в файнштейн никеля и кобальта. Поэтому процесс «варки» ведут при пониженной температуре, которая обеспечивается режимом загрузки кварцевого флюса и холодных присадок (оборотных материалов), и заканчивают «варку» с таким расчетом, чтобы в файнштейне осталось некоторое количество железа, так как по мере резкой убыли концентрации железа появляются предпосылки для необратимого окисления никеля и кобальта.



Доработка шлаков взвешенной плавки и конверторных шлаков в обеднительной электропечи.

Процесс обеднительной электроплавки шлаков проводят с целью извлечения цветных металлов в штейновую фазу и снижения их потерь с отвальными шлаками.

Технологический процесс в обеднительной электропечи включает в себя следующие основные операции:

- **плавка;**
- **грануляция шлака;**
- **очистка газов.**

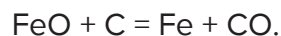
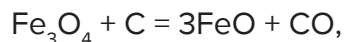
В электропечь заливают жидкий шлак следующих составов:

шлак печей взвешенной плавки, %: 0,7–0,95 Ni; 0,37–0,43 Cu; 0,22–0,23 Co; 0,8–1,0 S; 39–43 Fe; 7–9 Fe₃O₄; 33–35 SiO₂;

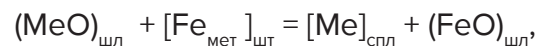
конвертерный шлак, %: 1,2–1,8 суммы Cu и Ni; 0,6–0,8 Co; 1,1–1,3 S; 50–53 Fe; 19–31 Fe₃O₄; 19–22 SiO₂.

На шлак загружают дробленую рудную шихту (богатая руда рудников Таймырский и Скалистый), дробленые бедные обороты плавильного цеха, коксовый орешек (87–88 % C), кварцит.

Вблизи графитовых электродов и в присутствии восстановителя в обедняемом шлаке происходит восстановление не только цветных металлов, но и большого количества железа, концентрат в шлаке которого более 50 %. Процесс идет по следующим реакциям:



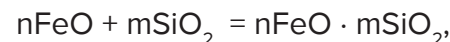
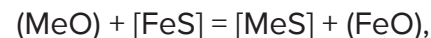
По мере плавления твердых компонентов загрузки образующиеся капли сульфидов насыщаются металлическим железом, которое является активным восстановителем оксидов цветных металлов:



где Me – Cu, Ni или Co.

Капли расплавленных сульфидов, двигаясь через слой шлака к штейну, взаимодействуют с оксидами цветных металлов, присутствующих в шлаке, и переводят их в штейновую фазу.

Основные реакции сульфидирования и шлакообразования в обеднительной электропечи следующие:



где Me – Cu, Ni или Co.

Сульфиды никеля, меди, кобальта, железа, расплавляясь и взаимно растворяясь, образуют основной продукт электроплавки – штейн. В штейне растворяются также благородные металлы и часть кислорода.

Окисленное железо и другие основные оксиды (CaO, MgO), вступая во взаимодействие с диоксидом кремния, образуют шлак.



Средний химический состав получаемых продуктов плавки следующий:

- **штейн**, %: 24,5 Ni; 12,5 Cu; 2,1 Co; 20,5 S; 39 Fe;

- **гранулированный отвальный шлак**, %: 0,12 Ni; 0,21 Cu; 0,13 Co; 0,9 S; 38 Fe; 34,5 SiO₂. Основной составляющей гранулированного шлака является фаялит (2FeO·SiO₂), доля которого составляет от 90 до 93 %.

Продолжительность технологического цикла обеднения составляет шесть часов. В первые два часа цикла производят заливку конвертерного шлака и шлака печей взвешенной плавки с одновременной загрузкой в электропечь кварцита, коксового орешка, рудной шихты и дробленых бедных оборотов. Затем в течение двух часов перерабатывают откосы шихты и отстаивают шлак. В последние два часа цикла осуществляют скачивание обедненного шлака (отвальный шлак), который поступает на грануляцию шлака.

На обеднительных электропечах применена водная грануляция отвального шлака, которая заключается в том, что струя шлака при температуре от 1270 до 1300 °С и расчетном расходе от 80 до 160 т/ч разбивается струей воды (расход от 600 до 900 м³/ч на один грануляционный желоб). Время грануляции шлака в сутки – 16 часов.

Штейн обеднительной плавки поступает на конвертирование в плавильный цех с получением файнштейна.

Гранулированный шлак дальнейшей переработке не подлежит и используется в качестве мелкого наполнителя в строительстве.

Для обеднения шлаков применяются четыре электрические печи круглого сечения диаметром 15,7 и 15,0 м с кессонным охлаждением.

Продукция НМЗ.

Файнштейн представляет собой в основном сплав сульфидов никеля и меди, в котором растворены сульфиды железа и кобальта, платиновые металлы и другие ценные компоненты (Au, Ag, Se, Te). Кроме того, медленно охлажденные медно-никелевые файнштейны обязательно содержат металлическую фазу.

Состав медно-никелевых файнштейнов, %: 40–55 Ni; 20–30 Cu; 0,6–1,2 Co; 2–3,5 Fe; 21–24 S, отношение Cu : Ni составляет 0,8 : 1. Химический состав соответствует ТУ 1732-014-44577806-2012. (содержание суммы Ni, Cu и Co составляет до 72 %).

Данный продукт отправляется на переработку в АО «Кольская горно-металлургическая компания», входящую в группу предприятий ПАО ГМК «Норильский никель».

Элементарная сера (содержание 99,2 % серы). Марка 9920, ГОСТ 127.(1-5)-9. Сера реализуется потребителям.



Качественные характеристики товарной продукции НАДЕЖДИНСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

ФАЙНШТЕЙН МЕДНО- НИКЕЛЕВЫЙ

Химический состав соответствует ТУ 1732-014-44577806-2012

Содержание Ni + Cu + Co до 72 %

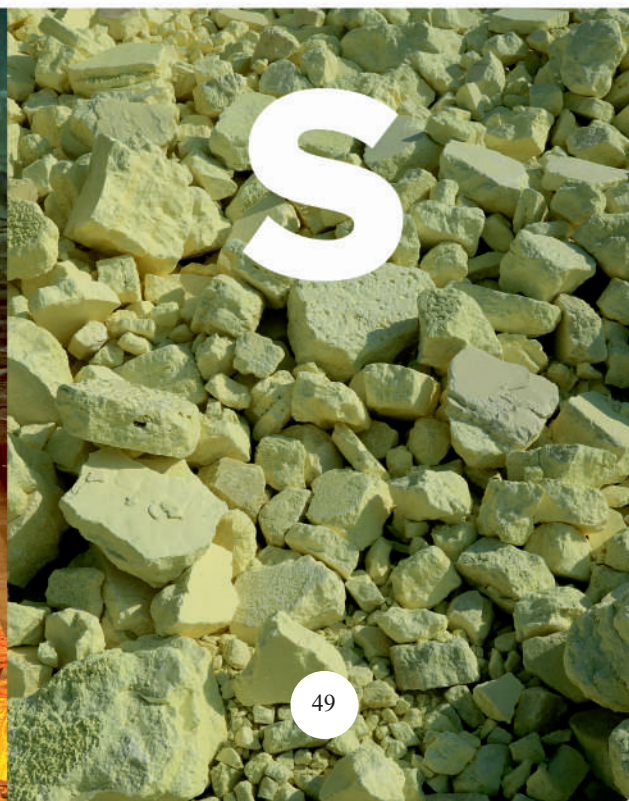
Отправляется на переработку в АО «Кольская горно-металлургическая компания», входящую в группу предприятий ПАО «ГМК «Норильский никель»

СЕРА

Марка 9920, ГОСТ 127.(1-5)-9
Содержание серы – 99,2 %

КИСЛОРОД

ГОСТ 5583-78
Содержание кислорода
не менее 99,4 %



Запуск «Серного проекта» на Надеждинском металлургическом заводе имени Б. И. Колесникова

Общая технологическая схема состоит из комбинации переделов производства серной кислоты и подготовки известнякового молока с дальнейшей нейтрализацией серной кислоты.

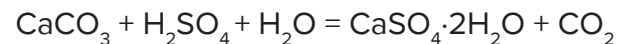
Диоксид серы, содержащийся в отходящих газах, окисляют до триоксида серы в присутствии ванадиевого катализатора, который далее регенерируется до первоначального состояния в присутствии кислорода воздуха. В результате взаимодействия триоксида серы с влагой, содержащейся в отходящих газах и слабом растворе серной кислоты, образуется концентрированная серная кислота, которую затем нейтрализуют пульпой известняка (молоком) с образованием гипсовой пульпы.

Процесс производства серной кислоты осуществляется следующим образом:

- охлаждение и мокрая очистка газа в башнях испарительного охлаждения, расположенных в отделении мокрой очистки газа;
- охлажденный и очищенный газ смешивается с атмосферным воздухом в башне смешения и разбавляется до необходимого содержания SO_2 ;
- далее газ подвергается осушке в сушильной башне сушильно-абсорбционного отделения;
- конверсия диоксида серы в триоксид осуществляется в четырехслойных контактных аппаратах;
- абсорбция триоксида серы в промежуточном и конечном моногидратных абсорберах сушильно-абсорбционного отделения;
- получение продукционной H_2SO_4 .

Для приготовления известнякового молока известняк дробят до класса 20 мм, измельчают в шаровых мельницах до класса крупности 0,071 мм и направляют на

приготовление известняковой пульпы. Пульпу известнякового молока закачивают в реакторы нейтрализации, туда же плавно подают серную кислоту и осуществляют перемешивание. При этом протекает реакция нейтрализации кислоты



и образуется гипс (гипсовая пульпа), которую откачивают в гипсохранилище.





ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ, ПЛАНИРУЕМЫЕ К РЕАЛИЗАЦИИ

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ SO₂



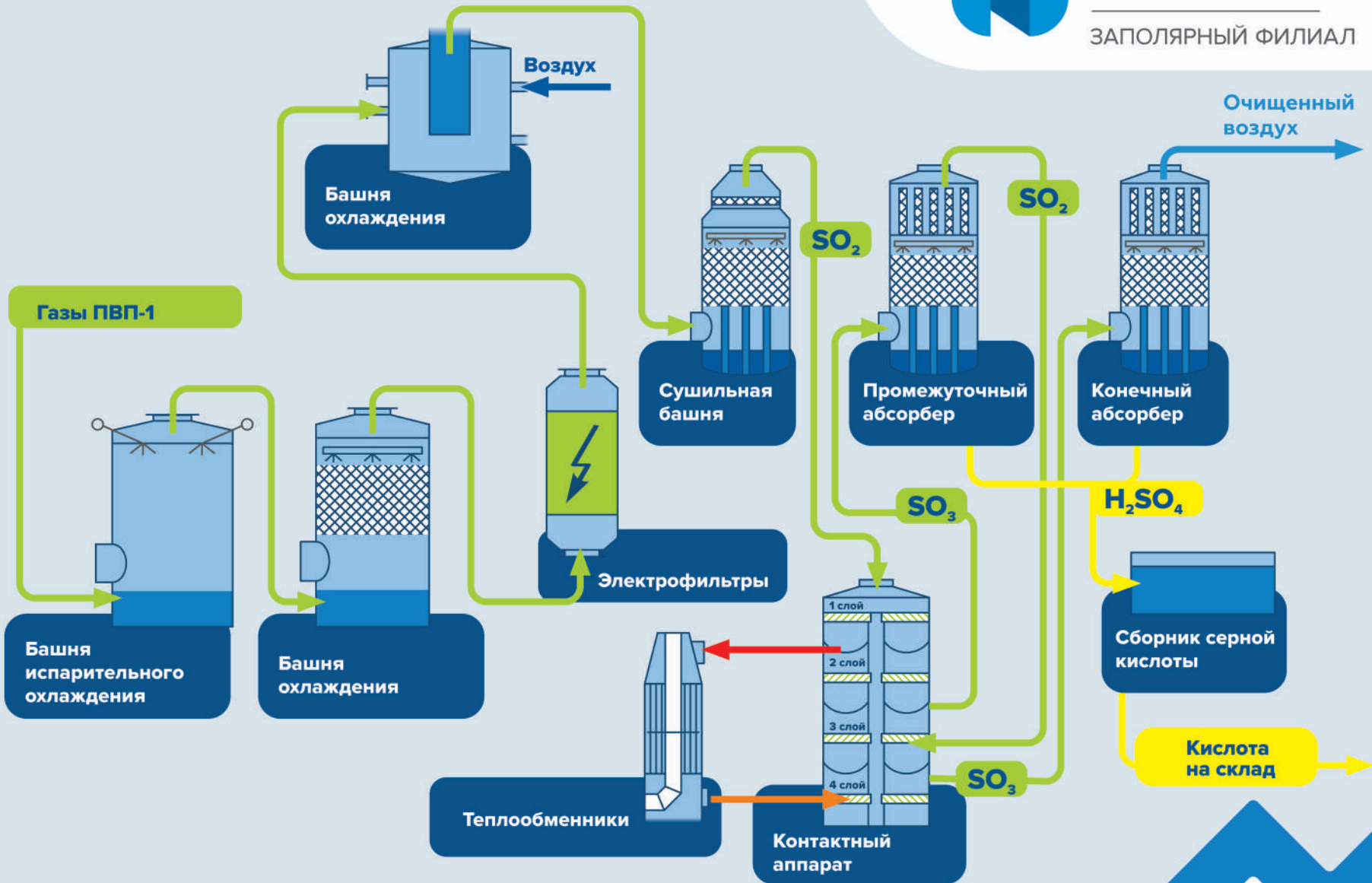
1. «Серный проект» - экологическая программа, предусматривающая сокращение суммарных выбросов диоксида серы в ЗФ на 75%.

2. Проект по строительству третьего плавильного агрегата на НМЗ.



НОРНИКЕЛЬ

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ



ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ



НОРНИКЕЛЬ

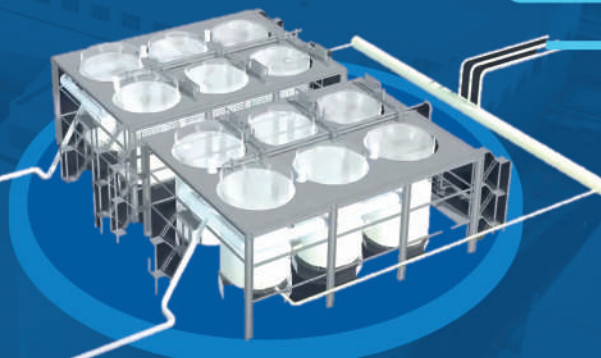
ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ

Серная кислота

Гипсовая пульпа
в хранилище



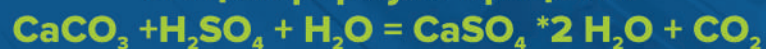
СКЛАД СЕРНОЙ КИСЛОТЫ
резервуары 1, 4



РЕАКТОРЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ
реакторы 1-6

Известковое молоко

Общая формула процесса



НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Процесс нейтрализации осуществляется поэтапно
(циклично)

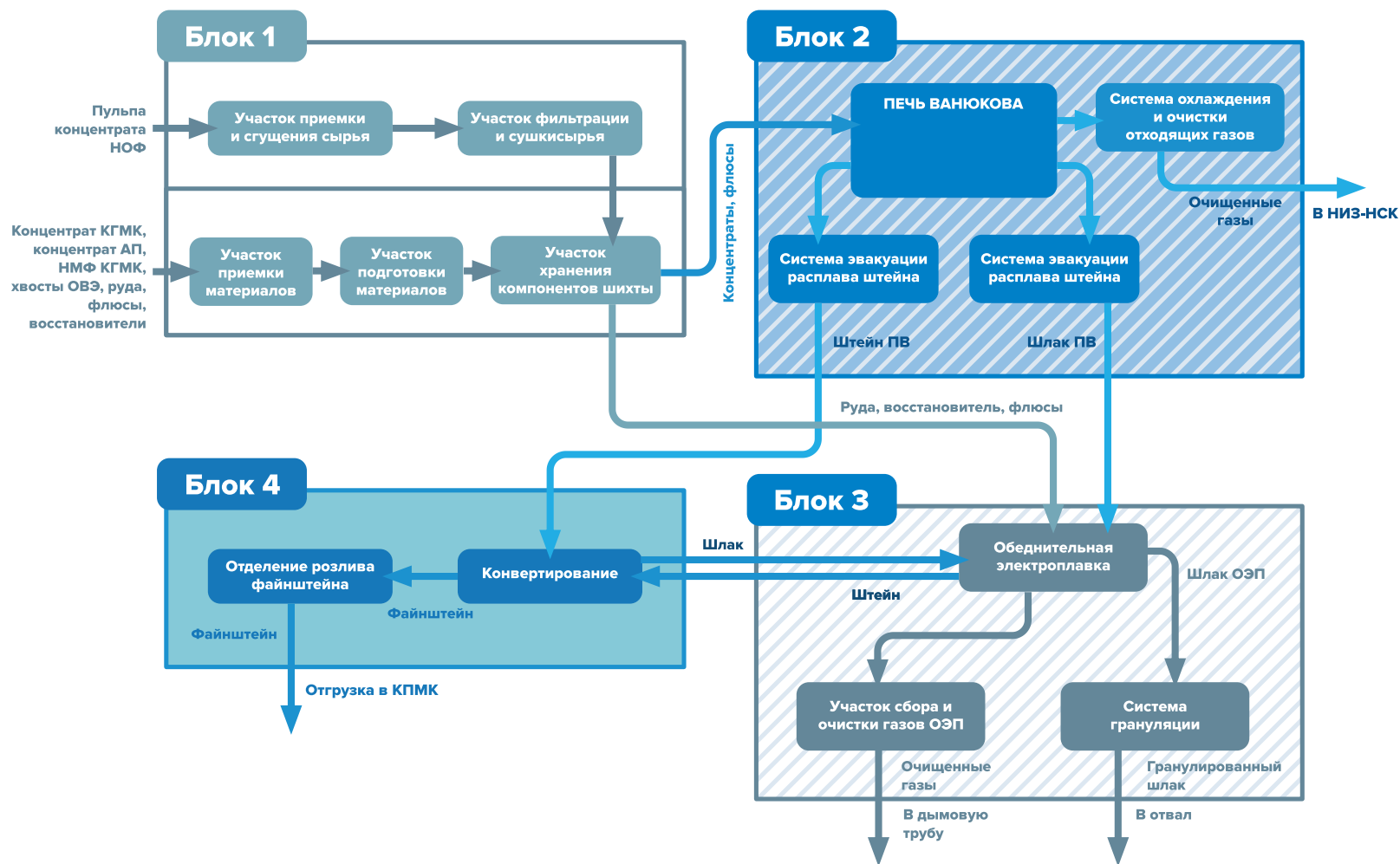
Расширение пирометаллургических мощностей Надеждинского металлургического завода по переработке никельсодержащего сырья

Строительство третьего плавильного комплекса на Надеждинском металлургическом заводе планируется для увеличения количества металлсодержащих материалов, вовлекаемых в переработку в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», и роста производства товарного медно-никелевого фанштейна, направляемого на переработку в АО «Кольская ГМК».

В составе плавильного комплекса предусматривается 5 взаимосвязанных технологических блоков:

Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	Блок 5
система подготовки шихты и участок хранения готовых компонентов шихты.	комплекс печи Ванюкова с площадками обслуживания и обслуживающими системами, в т.ч. эвакуации расплавов шлака и штейна, системами охлаждения и очистки от пыли отходящих газов.	комплекс обеднительных электропечей со вспомогательными системами, расходными бункерами, системами эвакуации штейна и грануляции шлака, охлаждения и очистки от пыли отходящих газов.	конвертерное отделение, отделение розлива фанштейна, модернизированные под повышенную производительность, транспортные галереи.	объекты инфраструктуры, в т.ч. системы электро-, кислородоснабжения, камера подогрева газа, технологические газоходы и трубопроводы, здание дымососной, водоочистные сооружения, канализация, трассы трубопроводов.

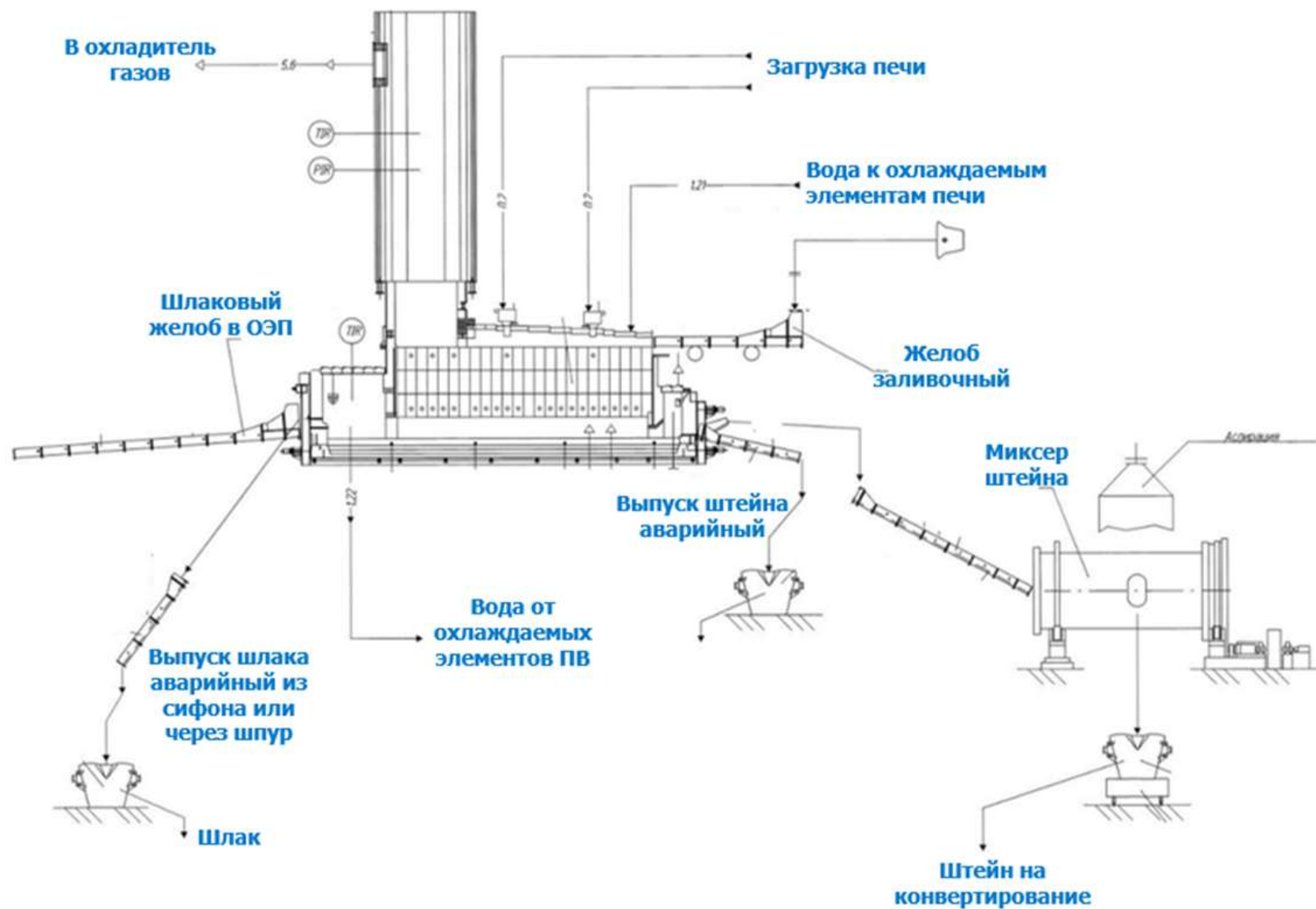
Схема взаимосвязи технологических блоков



На плавку в печь Ванюкова из Блока 1 поступают следующие сырьевые материалы: никелевый концентрат НОФ, богатый концентрат АО «Кольская ГМК», коллективный концентрат проекта «Арктик Палладий», хвосты флотации, концентраты ТОФ.

Шлак печи Ванюкова, содержащий цветные металлы, подвергается обеднению в электропечах (блок 3), штейн, получаемый в печи Ванюкова, совместно со штейном, образующимся в обеднительных электропечах, передается на конвертирование в существующее конвертерное отделение (Блок 4).

Комплекс печи Ванюкова



В связи с увеличением плавильных мощностей и, как следствие, количества штейнов, поступающих на конвертирование, предусматривается техническое перевооружение существующего конвертерного отделения.

Производительность печи Ванюкова, тыс. т/год:

- по сырью 867–980;
- по штейну 208–214;
- по шлаку 640–904.

Суммарное содержание никеля и меди в штейне печи Ванюкова не менее 59 %; содержание никеля в шлаке не более 0,776 %; содержание меди в шлаке не более 0,756 %.

Штейн печи Ванюкова направляют на конвертирование совместно со штейном печи взвешенной плавки и штейном печей обеднения. В качестве холодных при-

садок используют бедные обороты конвертерного отделения и сплавы обеднительной печи комплекса непрерывного конвертирования (проект). В качестве флюсов используют кварцит.

Файнштейн сливается в ковши и при помощи ковшовых телег направляется на разливку в отделение розлива файнштейна.

Конвертерные шлаки сливаются в ковши и направляются на обеднение в электропечи.

Технологические газы процесса конвертирования по существующим газоходам направляются в котлы-утилизаторы и далее в электрофильтры для очистки от пыли. Очищенные газы направляются в сборный газоход и далее в дымовую трубу.

Содержание основных компонентов в продуктах плавки, %

Компонент	Ni	Cu	Co	Fe	S	МПГ (г/т)
Штейн	24,4	35,3	0,3	14,4	24,7	408,3
Шлак	0,776	0,756	0,111	40,2	1,2	6,4

Состав отходящих газов печи Ванюкова на выходе из аптейка, %

Содержание, % (об.)						Запыленность, г/нм ³
SO ₂	O ₂	N ₂	H ₂ O	Ar	CO ₂	
33,12	1,90	14,28	42,90	2,72	5,09	25,64

Состав файнштейна, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	МПГ, (г/т)
41,362	31,646	0,836	3,200	22,856	291,3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт группы компаний «Норильский никель». URL:<https://nornickel.ru/>
2. Атлас минерального сырья, технологических промышленных продуктов и товарной продукции ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель» / под ред. Л. Б. Цымбулова. – СПб.: Политех-пресс, 2021.
3. Марченко, Н.В. Комплексная переработка минерального, вторичного и техногенного сырья тяжелых цветных металлов. Технология производства тяжелых цветных металлов: в 3 ч. Часть 2. Metallургия меди, никеля и кобальта: учебник / Н. В. Марченко, Н. В. Олейникова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, Ин-т цвет. металлов и материаловедения, 2018.
4. Производство металлов за полярным кругом/ под ред. Н. Г. Кайтмазова. – Норильск, 2007.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данное учебное пособие разработано с помощью и при поддержке людей и организаций, которым мы выражаем искреннюю благодарность.

Мы благодарим

Благотворительный фонд Владимира Потанина (<https://fondpotanin.ru/>) за поддержку, оказанную в рамках гранта на развитие проектного наследия #фондпотанина25;

директора Института цветных металлов (<http://icmim.sfu-kras.ru/>) Сибирского федерального университета **Владимира Николаевича Баранова** за активное участие в разработке идеи и организационную поддержку;

главного инженера Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» **Максима Владимировича Глибовца** за содействие при подготовке пособия;

службу главного инженера Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» за предоставленную техническую информацию и консультации по техническим вопросам;

департамент общественных связей Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» в лице начальника управления корпоративных коммуникаций **Вересова Константина Юрьевича**, а также сотрудника департамента **Екатерины Смородниковой** за предоставленные фотографии и консультации;

фотографа **Марину Пешкову** за великолепные снимки;

дизайнера **Шайхутдинову Анастасию Владимировну** за кропотливую работу по подготовке постеров и пособия.

Авторы

Учебное издание

МАРЧЕНКО Наталья Владимировна

ОЛЕЙНИКОВА Наталья Васильевна

ЧЕКУШИН Владимир Семенович

КРУПНОВ Леонид Владимирович

ЗАПОЛЯРНЫЙ ФИЛИАЛ ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

Учебное наглядное пособие из цикла «Технологическая галерея»

Дизайнер А. В. Шайхутдинова

Компьютерная верстка А. В. Шайхутдинова

Корректор Т. Ю. Чабан

Подписано в печать 25.10.2024.

Усл. печ. л. 4,28. Бумага типографская.

Заказ №ПТ221024. Тираж 25 экз.

По вопросам приобретения и издания литературы обращаться по адресу:

Издательство «Научно-инновационный центр»

ул. 9 Мая, 5/192, г. Красноярск, 660127 Россия

тел. +7 (995) 080-90-42

Электронная почта: monography@nkras.ru

Дополнительная информация на сайте: www.nkras.ru