

РАЗДЕЛ II

СЫРЬЕВАЯ БАЗА, МЕТОДЫ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД

РАЗДЕЛ II. СЫРЬЕВАЯ БАЗА, МЕТОДЫ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД

Коммерциализация КИВЦЭТ-процесса в Китае	98
<i>В.А. Шумский</i>	
Экологические аспекты освоения новых свинцово-цинковых месторождений	105
<i>С.П. Киселева, И.Ф. Марченков, Н.С. Парилова, А.Е. Аркуша</i>	
Перспективы развития технологии горячего цинкования	108
<i>А.А. Бицура</i>	
Технологические особенности и перспективы разработки Озернинского рудного узла ...	115
<i>С.Г. Федоров, А.С. Баранов</i>	
Состояние и перспективы развития цинковой отрасли Республики Казахстан	118
<i>Н.Н. Ушаков, А.И. Ананин, В.А. Шумский, Н.М. Ни</i>	
Получение свинца высокой чистоты электролизом из свинца-сырца низкого качества ...	124
<i>Сяо Вэйсун, Сю Бин, Ли Живэн, Жао Синшэнг</i>	

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ КИВЦЭТ-ПРОЦЕССА В КИТАЕ

В.А. Шумский

Дочернее государственное предприятие «Восточный научно-исследовательский
горно-металлургический институт цветных металлов»
Республиканского государственного предприятия «Национальный центр
по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан»
(ДГП «ВНИИцветмет» РГП «НЦ КПМС РК»),
г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

В период 2008 и 2009 гг. подписаны лицензионные соглашения с институтом «ВНИИцветмет» на приобретение технологии КИВЦЭТ крупными металлургическими компаниями Китая – Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter Group Co. В настоящее время ведется проектирование двух свинцовых заводов для этих компаний производительностью 100 и 120 тыс. т свинца в год с использованием КИВЦЭТ-процесса для выплавки чернового свинца из сырья различного типа. В докладе отражены некоторые аспекты коммерциализации КИВЦЭТ-процесса в Китае, включая специфику проектируемых КИВЦЭТ-агрегатов.

Введение

Интенсивный рост производства, наблюдаемый в Китае последние годы, сопровождается масштабными проектами строительства новых и реконструкции существующих промышленных предприятий. В рамках государственного регулирования этого процесса разработаны и претворяются в жизнь программы модернизации металлургической промышленности КНР, целью которых является:

- ликвидация мелких, технически изношенных и технологически устаревших металлургических производств, представляющих экологическую угрозу для окружающей среды и населения страны;
- создание новых или модернизация существующих крупных металлургических производств на базе современных, высокопроизводительных и экологически безопасных процессов;
- повышение объемов производства металлов для нужд развивающихся отраслей перерабатывающей промышленности страны (стройиндустрии, транспорта, машиностроения, приборостроения и прочих).

При реализации этих программ широко применяются передовые зарубежные технологии и оборудование. Как правило, выбираются известные бренды, апробированные на предприятиях ведущих металлургических компаний мира. Это позволяет снизить риски и ускорить освоение инноваций.

Важная роль в процессе модернизации металлургической промышленности Китая отводится обновлению консервативного свинцового производства.

1. Модернизация свинцовой промышленности Китая

В значительной степени актуальность модернизации свинцовой промышленности Китая обусловили следующие экологические факторы:

- повсеместное использование неэкологичного процесса агломерации – шахтной плавки на свинцовых заводах Китая при общем обострении экологической обстановки в регионах их размещения;
- получение значительного количества чернового свинца в условиях множества кустарных и малотоннажных производств, работающих с низкой эффективностью, большими затратами ресурсов и без соблюдения установленных санитарных норм и экологических стандартов.

Именно поэтому программа ее модернизации предполагает решение 2-х основных задач:

- 1) ликвидацию кустарных и малотоннажных свинцовых производств;
- 2) перевод свинцовых заводов на современные, более экологичные и эффективные процессы прямой плавки свинцового сырья.

Для решения первой задачи государственной программой модернизации определены минимальные допустимые масштабы свинцового производства в КНР: 50 тыс. тонн в год для выпуска первичного и 10 тыс. тонн в год для выпуска вторичного свинца. Свинцовые производства с объемом выпуска металла меньше указанных лимитов подлежат укрупнению или ликвидации. Не допускается также создание новых свинцовых заводов с меньшими объемами выпуска металла.

Решение второй задачи осуществляется путем планомерного внедрения в свинцовое производство Китая коммерциализированных (т. е. доведенных до стадии промышленного освоения) процессов прямой плавки свинцового сырья. В мировом свинцовом производстве используется пять подобных процессов, а именно: шведский процесс Kaldor (или TBRC); немецкий процесс QSL; разновидности австралийского процесса TSL (Top Submerged Lance) – Ausmelt и Isasmelt; китайский процесс SKS, прототипом которого послужил QSL; и процесс КИВЦЭТ, разработанный в Казахстане институтом ВНИИцветмет.

Следует отметить, что за последние 10–12 лет на свинцовых заводах Китая были внедрены четыре из этих пяти коммерциализированных процессов:

- Компания Western Mining запустила новый свинцовый завод по технологии Kaldor в г. Синин, провинция Цинхай мощностью 50 тыс. т чернового свинца.
- Корпорация China Non-Ferrous Metals в 1997 г. [1] запустила процесс QSL на свинцовом заводе в провинции Ганьсю мощностью 52 тыс. т чернового свинца (в настоящее время информация о его работе отсутствует).
- Yunnan Metallurgical Group Co. в 2005 г. приступила к освоению процесса Isasmelt на свинцовом заводе в г. Цюйцзин, провинция Юньнань, мощностью 70 тыс. т чернового свинца.
- Компании Henan Yuguang Gold and Lead и Shuikoushan Non-Ferrous Metals Group Co. осваивают китайский процесс SKS на трех свинцовых заводах общей мощностью порядка 160 тыс. т чернового свинца.

Освоение стольких процессов свинцовой плавки в одной стране уже феномен. Тем не менее озвучиваются намерения запустить два новых процесса прямой плавки свинца.

Проектный и исследовательский институт цветных металлов NERIN, расположенный в столице провинции Цзянси – г. Нанчан, проводит разработку и опытные испытания китайского процесса взвешенной плавки. Будет ли этот процесс подобен промышленно не освоенной технологии финской свинцовой плавки Outokumpu или процессу КИВЦЭТ, пока не ясно.

Еще один процесс прямой плавки свинца в ванне с боковым дутьем (так его называют в Китае) собралась внедрять компания Xinxiang Zhonglian при научно-технической поддержке Центрального Южного университета. Базой этой технологии является российский процесс Ванюкова для выплавки свинца, давно разработанный Московским институтом стали и сплавов (МИСиС), но промышленно еще не реализованный. Именно на литейно-механическом заводе этой компании МИСиС и Центральный Южный университет в период 2001–2004 гг. провели испытания по выплавке свинца на опытно-промышленной печи Ванюкова. В планах компании построить новый свинцовый завод в г. Синсянь, провинция Шаньдун мощностью 60 тыс. т чернового свинца в год с использованием 2-х каскадно-расположенных печей с боковым дутьем для плавки свинца в жидкой ванне (аналогов печи Ванюкова).

Таким образом, свинцовая промышленность Китая ищет все новые и новые возможности для интенсивного развития и модернизации производства. При этом в сферу ее интересов вовлекаются практически все известные и апробированные опытом технологии свинцовой плавки. До недавнего времени лишь КИВЦЭТ-процесс составлял исключение из этого правила. В качестве причины назывались высокая стоимость и относительно низкая тепловая эффективность кессонированной КИВЦЭТ-печи, а также необходимость использования тонко измельченных материалов и глубокой предварительной сушки шихты. Тем не менее, в Китае наблюдали за опытом коммерциализации этой технологии за рубежом: Карачипампа (Боливия, 1985), Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат (УК СЦК, Казахстан, 1985), Портовезме (Италия, 1986), Трэйл (Канада, 1997). Убедившись в экологичности и высокой эффективности КИВЦЭТ-процесса при плавке широкого спектра свинцового сырья, в том числе с неприемлемо высоким для других технологий содержанием кеков цинковых заводов, сразу две крупные металлургические компании Китая – Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter Group Co. в период 2008–2009 гг. приобрели лицензии на КИВЦЭТ.

2. Специфика современных процессов свинцовой плавки

Чтобы понять причину преимуществ КИВЦЭТ-процесса в отношении диапазона качества перерабатываемого сырья, позволивших ему прорваться на китайский рынок свинцовых технологий, нужно взглянуть на специфику современных процессов свинцовой плавки.

Пока в мире разработано и доведено до промышленного (или опытно-промышленного) освоения лишь два основных способа прямой плавки: 1) барботажная плавка сырья в жидкой ванне с использованием различных приемов введения кислородно-воздушного дутья в ванну расплава и 2) взвешенная (или факельная) плавка пылевидного сырья, подаваемого через горелки с потоком кислородсодержащего газа. При этом все технологии свинцовой плавки, в отличие от своих аналогов для плавки медного сырья, должны реализовывать не только окислительную, но и значительно более медленную восстановительную стадию процесса для получения приемлемого уровня извлечения свинца в черновой металл.

Процессы QSL, TSL (Ausmelt/Isasmelt) и SKS реализуют способ барботажной плавки сырья в жидкой ванне расплава, по сути аналогичный процессам конвертирования и фьюмингования металлургических расплавов. Отечественной технологией такого типа, используемой в России и Казахстане для плавки медного и никелевого сырья, является процесс Ванюкова.

Процессы Kaldo и КИВЦЭТ реализуют способ взвешенной плавки сырья в шихто-кислородном факеле. К технологиям подобного типа, используемым для плавки медного и никелевого сырья, относятся «финская плавка» (процесс Outokumpu) и отечественный процесс кислородно-факельной плавки (КФП).

Особенностью процесса Kaldo является тесный контакт короткого факела с ванной богатого по свинцу шлакового расплава. Воздействие факельной струи при дополнительном наклоне и вращении плавильного реактора обеспечивает интенсивную циркуляцию и перемешивание расплава, ускоряющее протекание последовательно осуществляемых окислительной и восстановительной стадий процесса.

В КИВЦЭТ-процессе факел удален от поверхности расплава. Это увеличивает время обжига и плавки шихты в дисперсном виде и исключает необходимость перемешивания ванны расплава, на которой формируют фильтрующий слой углеродного восстановителя («коксовый фильтр»). Высокая дисперсность оксидного расплава из факела и большая поверхность фильтрующего слоя углеродного материала обеспечивают значительно большее ускорение восстановительной стадии процесса, чем барботаж или механическое перемешивание оксидного расплава. В результате из слоя «коксового фильтра» в жидкую ванну выходит уже обедненный по свинцу оксидный расплав, а укрупнившиеся в слое восстановителя капли металла быстро оседают в донную фазу.

Общей особенностью барботажных процессов плавки свинцового сырья, а также процесса Kaldo, в силу специфики его организации, является длительное пребывание в печи интенсивно перемешиваемой ванны богатого по свинцу шлакового расплава. Учитывая высокую летучесть оксидов и в еще большей степени сульфидов свинца, эффективный перевод свинца в металл с использованием этих процессов возможен только в условиях пониженных температур плавки и высокой степени десульфуризации сырья. Если эти условия нарушаются, что обязательно происходит при снижении качества свинцового сырья (т. е. снижения содержания в нем свинца и повышения содержания цинка, железа, меди), барботажные процессы плавно переходят из режима выплавки металлического свинца в режим отгонки свинца в пыли плавки [2]. Подобный переход наглядно демонстрируют экспериментальные кривые распределения свинца по продуктам барботажной плавки свинцового концентрата в зависимости от удельного расхода кислорода в дутье (рис. 1).

Зависимости, представленные на рисунке 1, получены в условиях плавки сырья в печи Ausmelt [3], но являются характерными для всех барботажных процессов свинцовой плавки.

В отличие от Kaldo и барботажных процессов плавки, в КИВЦЭТ-процессе нет интенсивно перемешиваемой ванны богатого по свинцу шлакового расплава, а время пребывания летучих соединений свинца в факеле намного меньше, чем в жидкой ванне барботажных процессов. Это дает возможность заметно увеличить температуру факела, а в случае повышенного содержания меди в свинцовом сырье вести плавку с неполной десульфуризацией без выхода процесса из режима выплавки металлического свинца [4]. Как следствие, КИВЦЭТ-процесс позволяет плавить полиметаллическое сырье с такими соотношениями свинца, цинка, железа и меди, которые неприемлемы для Kaldo и барботажных процессов из-за резкого увеличения выхода свинца в пыли плавки. Из промышленной практики извест-



Рис. 1. Распределение свинца по продуктам плавки 50 % Pb концентрата в печи Ausmelt [3]

но, что КИВЦЭТ эффективно перерабатывает шихту с содержанием свинца от 20 до 52%, а другие процессы не используют шихту с содержанием свинца менее 44–46 % [2].

Тем самым, КИВЦЭТ-процесс объективно является технологией, которая наиболее пригодна для оптимальной организации интегрированных свинцово-цинковых и свинцово-медно-цинковых металлургических комплексов [5]. Это и оказалось, в конце концов, решающим фактором для выхода его на рынок Китая, поскольку Jiangxi Copper Corporation, будучи крупнейшей медной компанией Китая, захотела инвестировать средства в свинцово-цинковый металлургический комплекс, а Zhuzhou Smelter, изначально представляющий собой интегрированное свинцово-цинковое производство, должен был осуществлять государственную программу его модернизации.

3. Выход КИВЦЭТ-процесса на рынок Китая

3.1. История вопроса

Как уже отмечалось, свинцовые компании Китая не переставали наблюдать за опытом коммерциализации КИВЦЭТ-процесса. Его рассматривали, как вполне эффективный, но слишком дорогой в отношении капитальных и эксплуатационных затрат. В 80-е годы все новые процессы свинцовой плавки оценивались только в плане переработки свинцовых концентратов или их смеси со свинцовыми кеками, пылями, оборотами рафинирования свинца и богатым вторичным сырьем. Тогда никому не приходило в голову использовать процесс свинцовой плавки для переработки всех без исключения кеков цинковых производств, решая тем самым не только экологические, но и экономические проблемы, связанные с дефицитом качественного и одновременно недорогого свинцового сырья.

Пионером в постановке вопроса полной переработки кеков цинкового производства в агрегате для выплавки свинца выступила канадская компания Cominco. Она же в период 1989–1992 гг. промышленно протестировала возможности решения этой задачи двумя новыми процессами свинцовой плавки – QSL и КИВЦЭТ. Этот дорогостоящий эксперимент показал, что выплавка свинца из низкосортного свинцового сырья с преобладающей массой кеков цинкового производства не под силу QSL и другим барботажным процессам. Единственно возможным для них вариантом переработки низкосортных свинецсодержащих материалов является отгонка свинца и цинка в возгоны. Именно эту возможность барботажных процессов использовала компания Korea Zinc, установив на своем свинцово-цинковом комплексе в Онсане (Ю. Корея) печи Ausmelt для фьюмингования цинковых кеков и шлаков [6].

Как только был получен положительный опыт переработки в КИВЦЭТ-агрегате низкосортного свинцового сырья на основе кеков цинкового производства, интерес китайских производителей свинца и цинка к КИВЦЭТ-процессу усилился. Уже в 1993 г. Zhuzhou Smelter серьезно рассматривал вопрос внедрения КИВЦЭТ на своем свинцовом заводе. К сожалению, тогда реализовать эти планы по ряду причин не удалось. В 2002 г., после 5 лет эксплуатации КИВЦЭТ-агрегата на заводе компании Teck Cominco в Трэйле (Канада), желание

внедрить КИВЦЭТ проявила китайская компания Shuikoushan Non-Ferrous Metals Group Co. Но и в этот раз планы по его коммерциализации в Китае не были реализованы, благодаря несвоевременному согласованию сторонами вопросов цены и желанию завода Shuikoushan внедрить в производство собственную разработку – процесс свинцовой плавки SKS.

Не исчез интерес к КИВЦЭТ-процессу и после. Причиной являлась необходимость выполнения свинцово-цинковыми компаниями Китая государственной программы модернизации производства на фоне недостаточно эффективной и не вполне экологически безопасной работы ранее освоенных процессов – QSL, Kaldo, Isasmelt и SKS. С конца 2006 г. целый ряд металлургических компаний Китая проводит встречи и переговоры с ВНИИцветмет по вопросам презентации технологии и условий приобретения лицензии. Две из них – Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter Group Co., как упоминалось выше, приобрели лицензии на строительство КИВЦЭТ-установок и использование КИВЦЭТ-процесса.

3.2. Внедряемые проекты

В г. Цзюцзянь провинции Цзянси начата подготовка к строительству нового свинцового завода компании Jiangxi Copper Corporation проектной мощностью 100 тыс. т рафинированного свинца в год, основанного на использовании КИВЦЭТ-процесса.

Одновременно Zhuzhou Smelter Group Co. приступает к модернизации действующего свинцового завода в г. Чжучжоу провинции Хунань с переходом от традиционной технологии агломерации – шахтной плавки к КИВЦЭТ-процессу. Проектная мощность модернизированного завода составит 120 тыс. т свинца в год.

Технологические регламенты на проектирование КИВЦЭТ-установок для Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter были выполнены институтом ВНИИцветмет в рамках лицензионных соглашений, заключенных с этими компаниями.

Проектирование обоих объектов выполнялось в кооперации итальянской инженеринговой компанией Forni Engineering, отвечавшей за проект КИВЦЭТ-печи, и Чаншанским проектным и исследовательским институтом цветной металлургии (CINF), отвечающим за все переделы и инфраструктуру свинцового производства в целом. Выбор проектантов был обусловлен:

- знаниями и опытом специалистов Forni Engineering, связанными с проектированием действующих ныне КИВЦЭТ-установок в Портовезме и Трэйле;
- знаниями и опытом в области проектирования, строительства и запуска свинцовых заводов в Китае, которыми обладает CINF.

Благодаря различным составам сырья и различным выбранным способам выпуска свинца, запроектированные КИВЦЭТ-печи для Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter также имеют различия в конструкции и своих возможностях. Рассмотрим некоторые детали.

Jiangxi Copper Corporation, наряду со свинцовыми концентратами, составляющими 63–65 % сырья, планирует перерабатывать цинковые и свинцовые кеки цинкового завода, сульфатный свинцовый шлам медного завода, оксиды и медные шликеры от рафинирования черного свинца, кеки нейтрализации промстоков. Проектная загрузка шихты Jiangxi Copper Corporation – 48,5–51,4 т/ч; состав: 29–30 % Pb, 7,5–8 % Zn, 0,7–1,4 % Cu, 10,5–11 % Fe.

Учитывая потребность плавки свинцового сырья с достаточно высоким содержанием меди (Cu/Pb ~ 0,05), конструкция КИВЦЭТ-печи Jiangxi Copper Corporation предусматривает возможность накопления и периодического выпуска черного свинца и штейна через шпур. Аналогичная возможность имела только в КИВЦЭТ-агрегате УК СЦК (Усть-Каменогорск, Казахстан), на котором плавил медистое свинцовое сырье с отношением Cu/Pb до 0,08, а также провели испытания плавки полиметаллического сырья (22,4–42,0 % Pb, 5,0–7,6 % Zn, 5,2–8,0 % Cu) [4]. Ни канадский, ни итальянский КИВЦЭТ-агрегаты не позволяют подобного.

На КИВЦЭТ-агрегате в Трэйле нельзя вести плавку сырья с получением штейна, так как возможность накапливать и выпускать штейн не предусмотрена. В то же время, периодический выпуск черного свинца через шпур позволяет нагревать металл перед выпуском до 1000–1100 °С, заметно повышая растворимость в нем меди и сульфидов. КИВЦЭТ-агрегат в Портовезме, напротив, позволяет вести плавку на штейн и имеет шпур для выпуска его из печи, но выпуск свинца осуществляется через сифон. Так как температура свинца на выпуске из сифона не превышает 600–700 °С, то вывод с ним меди достаточно ограничен. На практике это

означает, что КИВЦЭТ-агрегат в Трэйле позволяет плавить сырье с отношением Cu/Pb вплоть до 0,05, а в агрегате Портовезме отношение Cu/Pb в сырье не должно превышать 0,022.

Шлак из КИВЦЭТ-печи Jiangxi Copper Corporation будет по желобу выпускаться в печь фьюмингования. Предусмотрен также байпасный выпуск шлака на грануляцию. Черновой свинец будет по желобу выпускаться в печь непрерывного обезмеживания.

Совокупность упомянутых выше проектных решений и оптимальное сочетание инноваций в конструкции различных элементов и узлов, апробированных опытом Портовезма и Трэйла, делает КИВЦЭТ-агрегат Jiangxi Copper Corporation уникальным плавильным агрегатом, позволяющим эффективно и максимально полно реализовать возможности КИВЦЭТ-процесса в переработке свинцового и полиметаллического сырья широкого диапазона составов.

Компания Zhuzhou Smelter планирует плавить сырье, доля свинцовых концентратов в котором 61–65 %, а остальное – промпродукты цинкового завода, получаемые при горячем сернокислотном выщелачивании цинковых концентратов по технологии Outokumpu с последующим выделением элементной серы из кека выщелачивания способом Sheritt. В состав сырья включены также пыли плавки на штейн медных шликеров от рафинирования черного свинца. Диапазон составов шихты Zhuzhou Smelter: 32,0–37,4 (34,5) % Pb, 3,4–4,9 (4,2) % Zn, 0,4–0,9 (0,5) % Cu, 8,5–9,3 (8,6) % Fe. Загрузка шихты – 43–52 (47,3) т/ч (в скобках – номинальные параметры).

С учетом относительно невысокого содержания меди в сырье Zhuzhou Smelter выбрала вариант выпуска свинца через сифон. Реализация этого способа предполагает меньшие капитальные вложения в КИВЦЭТ-агрегат. Кроме того, эксплуатация сифона проще и хорошо знакома персоналу свинцового завода Zhuzhou Smelter по работе на шахтных печах. Поскольку отношения Cu/Pb в проектном сырье близки к показателям сырья Портовезма, в КИВЦЭТ-печи Zhuzhou Smelter, как и в КИВЦЭТ-печи Портовезма, предусмотрена возможность плавки сырья на штейн с периодическим выпуском его через штейновые шпурь. В то же время, имеется существенное отличие между этими двумя печами. Шлак из КИВЦЭТ-печи Портовезма непрерывно выпускается на грануляцию. Это позволяет поддерживать постоянный уровень ванны расплава, облегчает управление режимами работы электропечи, упрощает накопление и выпуск штейна из печи и т.д. Шлак из КИВЦЭТ-печи Zhuzhou Smelter будет поступать на фьюмингование. В соответствии с этим, предусмотрено его накопление и периодический выпуск из КИВЦЭТ-печи в печь фьюмингования. Предусмотрен также байпасный выпуск шлака на грануляцию.

Продолжительного опыта работы КИВЦЭТ-печи с сифоном для выпуска черного свинца при накапливаемой ванне шлакового расплава до сих пор не было. Поэтому КИВЦЭТ-агрегат Zhuzhou Smelter с заложенными в его конструкции современными модификациями элементов и узлов также является новшеством, осваивать которое предстоит китайским металлургам. При этом, как уже пояснялось выше, допустимый диапазон качества свинцового сырья, перерабатываемого в этом агрегате, будет заметно уже в отношении содержания меди, чем в КИВЦЭТ-агрегате Jiangxi Copper Corporation.

3.3. Перспективы процесса

В условиях, когда Китай осуществляет государственную программу модернизации свинцовой и цинковой промышленности, имеется потенциальная возможность дальнейшего продвижения КИВЦЭТ-процесса на китайский рынок металлургических технологий.

Особенно перспективными для коммерциализации процесса представляются крупные металлургические компании с государственным участием, имеющие интегрированные комплексы по производству свинца и электролитного цинка. Если же мощность электролитного цинкового производства в интегрированном свинцово-цинковом комплексе заметно преобладает, то практически не найти сопоставимых по эффективности альтернатив КИВЦЭТ-процессу, которые позволяли бы заменить устаревшие технологии (агломерацию, шахтную плавку, вельцевание) и вести совместную переработку свинцового сырья и промпродуктов электролитного цинкового производства с соблюдением современных экологических стандартов [5]. Сейчас, при наличии опыта коммерциализации целого ряда современных экологических процессов свинцовой плавки, это достаточно хорошо понимают в Китае.

Повышенный интерес к КИВЦЭТ-процессу проявляют еще две китайские компании. Насколько конструктивным окажется их интерес, покажет ближайшее будущее.

Что касается коммерциализации КИВЦЭТ-процесса в других странах и в самом Казахстане, то видимых близких перспектив в этом направлении пока не наблюдается.

Заключение

Можно сказать, что длительный путь, который прошел ВНИИцветмет вместе с китайскими и итальянскими партнерами, готовя почву для коммерциализации КИВЦЭТ-процесса в Китае, завершается успешно. Выполнены проекты и ведется подготовка к строительству сразу двух КИВЦЭТ-агрегатов. В конце 2011 – начале 2012 гг. планируется их запуск и освоение. Имеются также определенные перспективы дальнейшего продвижения КИВЦЭТ-процесса на китайский рынок металлургических технологий.

В качестве весомых причин достигнутого успеха можно назвать:

- активное осуществление в Китае государственной программы модернизации металлургической, в том числе свинцово-цинковой, промышленности с укрупнением предприятий и обязательным переводом их на современные технологии, соответствующие национальным экологическим стандартам;
- не вполне удачный опыт коммерциализации в Китае конкурирующих процессов прямой плавки, а также их ограниченность в отношении допустимого качества свинцового сырья на фоне успешного применения КИВЦЭТ-процесса для переработки кеков цинкового производства в Трэйле;
- активную рекламную деятельность, которую в последние 3–4 года вел ВНИИцветмет и его китайский партнер CINF среди производителей свинца и цинка в Китае;
- вложение больших государственных инвестиций в развитие промышленности Китая для поддержания внутреннего рынка в условиях мирового экономического кризиса.

Тем самым коммерциализации КИВЦЭТ-процесса в Китае способствовало известное, но, к сожалению, не всегда применяемое правило: в период процветания экономики вкладывать деньги в производство и продажу продукции, а в период экономического застоя – в покупку и строительство предприятий для ее производства.

Благодарности

Автор доклада выражает благодарность компаниям Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter Group Co., а также руководству ВНИИцветмет за их согласие на опубликование информации по реализуемым в Китае КИВЦЭТ-проектам.

Автор также выражает благодарность г-ну Чжану Ле Ру из Чаншанского проектного и исследовательского института цветной металлургии (CINF) и г-ну Антонио Карминати из инженеринговой компании Forni Engineering за рецензирование настоящего доклада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлургическая переработка вторичного свинцового сырья/А. В. Тарасов [и др.]; под ред. А. В. Тарасова. – М.: Гинцветмет, 2003. – 224 с.
2. Shumskiy, V. Grade of lead material – is the basic for the choice of lead smelting technology/V. Shumskiy//Reports of the First Conference of World New Technology and Equipment of Lead Smelting/Lead and Zinc Branch of China Nonferrous Metals Industry Association. – China, Anyang, 2007. – P.41–56.
3. Mounsey, E.N. A Review of Ausmelt Technology for Lead Smelting/E.N. Mounsey, N. L. Piret//Proceedings of Lead-Zinc 2000 Symposium/TMS. – Pittsburgh, USA, 2000. – P.149–169.
4. Slobodkin, L. V. The Kivcet Treatment of Polymetallic Feeds/L. V. Slobodkin [and others]//Proceedings of Lead-Zinc 2000 Symposium/TMS. – Pittsburgh, USA, 2000. – P.687–691.
5. Shumskiy, V. Advantages and Problems of Lead and Zinc Raw Material Complex Processing/V. Shumskiy, N. Ushakov//Reports of The 3 d Lead & Zinc New Technology and Equipment Summit/World Nonferrous Metals. – China, Changsha City, 2009. – P.31–34.
6. Kim, M.B. The QSL Lead Slag Fuming Process Using Ausmelt Furnace/M. B. Kim, W. S. Lee, Y. H. Lee//Proceedings of Lead-Zinc 2000 Symposium/TMS. – Pittsburgh, USA, 2000. – P.331–343.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С.П. Киселева, И.Ф. Марченков, Н.С. Парилова, А.Е. Аркуша

ОАО «Сибцветметниипроект», г. Красноярск, Россия

В последние годы проявляется большой интерес к освоению ряда новых свинцово-цинковых месторождений. Это, прежде всего, относится к месторождениям Холоднинское и Озерное, расположенным в Бурятии (рис. 1.). Интерес к этим месторождениям обусловлен тем, что они относятся к крупнейшим по запасам свинца и цинка не только на территории России, но и в мире. Освоение хотя бы одного месторождения позволит полностью избавить Россию от импорта свинца, создать ~ 5500 новых рабочих мест в республике Бурятия, развить инфраструктуру района и сделает доступным разработку других месторождений Озернинского рудного узла.

Институт ОАО «Сибцветметний-проект» в 2008 году разработал технико-экономическое обоснование постоянных кондиций на руды Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения в пределах первой рудной зоны. В 2009–2010 гг. институт выполнил технико-экономический расчет по объекту «Озерный ГОК и объекты его инфраструктуры».

Месторождения расположены в различных в экологическом отношении районах республики, каждое из них имеет свои горногеологические условия залегания руд и горнотехнические особенности отработки и др., но есть и общие вопросы, которые объединяют их. Эти вопросы касаются экологических условий освоения

Холоднинское месторождение находится в Центральной экологической зоне оз. Байкал, в 40 км от него. Учитывая это, при выполнении технико-экономического обоснования определен подход к его освоению, направленный, прежде всего, на обеспечение в ходе строительства и эксплуатации предприятия минимального воздействия на окружающую природную среду.

В качестве основных определяющих решений в этом плане разработка месторождения предусмотрена только подземным способом, исключаям загрязнение местности от размещения отвалов вскрышных пород, минимизирующим производство буровзрывных работ и загрязнение воздушного бассейна, а также поверхностных и подземных вод.

С целью сохранения земной поверхности от деформации и обрушения при отработке месторождения принята технология добычи руды с закладкой отработанного пространства. Применение в составе закладки отходов основного производства, в частности, пород от горнопроходческих работ и хвостов обогатительной фабрики позволяет резко уменьшить площади, занимаемые хвостохранилищем и породными отвалами.

Расположение предприятия в экологической зоне оз. Байкал значительно повлияло и на подход к компоновке объектов предприятия, обеспечивающей высокую плотность застройки, сокращение внешних транспортных связей и соответственно минимальное использование территории под промышленные объекты и транспортные связи.

При решении вопросов по уменьшению влияния проектируемого на окружающую среду рассмотрены четыре варианта размещения обогатительной фабрики и хвостохранилища:

I вариант – обогатительная фабрика размещается на одной промплощадке с подземным рудником в непосредственной близости от месторождения, образуя единый технологический комплекс. Хвостохранилище расположено в 1,5 км от пром-



Рис. 1. География горнорудных предприятий, расположенных в Бурятии

площадки, за рекою Тья – на ее правой стороне в 500 м от русла реки;

II вариант – обогатительная фабрика размещается на единой промплощадке с рудником. Сброс пульпы осуществляется в хвостохранилище, расположенное в 25 км от промплощадки, за водоразделом озера Байкал. Перекачка пульпы осуществляется пятью пульпонасосными станциями по 4 пульповодам;

III вариант – обогатительная фабрика и хвостохранилище размещаются в 25 км от промплощадки подземного рудника за пределами водораздела озера Байкал. Доставка руды и эксплуатационных материалов рассмотрена железнодорожным, конвейерным и автомобильным транспортом. Сброс пульпы в хвостохранилище осуществляется самотеком.

IV вариант – обогатительная фабрика располагается в районе Озерного свинцово-цинкового комбината и является единой по переработке руд Холоднинского и Озерного месторождений.

Сравнение вариантов размещения объектов проведено по капитальным затратам, эксплуатационным расходам и экологическому воздействию на окружающую среду. Сравнение принятых вариантов по первым двум показателям свидетельствует о безусловном преимуществе первого варианта, так как в трех остальных вариантах хвостохранилища максимально удалено от оз. Байкал.

При экологическом сравнении вариантов учитывалось возможное загрязнение воздушного и водного бассейнов при различном расположении фабрики и хвостохранилища. Оценка проведена для первых трех вариантов по бальной системе. Как показали результаты сравнения, первый и второй варианты в экологическом отношении примерно одинаковы (12 и 13 баллов), при реализации третьего варианта загрязнение окружающей среды резко возрастет (24 балла).

Учитывая результаты сравнительных расчетов, размещение хвостохранилища принято по второму варианту, то есть в 25 км от промплощадки комбината за водоразделом оз. Байкал.

Проблемным вопросом как для Холоднинского, так и для Озерного месторождения является использование пиритного концентрата. Для обоих месторождений принята флотационная схема обогащения руд. В результате обогащения получают четыре продукта: цинковый, свинцовый и пиритный концентраты и отвальные хвосты флотации. Первые два концентрата являются товарной продукцией. Хвосты флотации в виде пульпы поступают в хвостохранилище, где происходит ее отстаивание, твердая фаза оседает и остается в хвостохранилище. Жидкая фаза пульпы после отстаивания возвращается в технологический процесс.

Хвостохранилище на обоих месторождениях наливного типа, что практически исключает пыление хвостов и загрязнение воздушной среды. В качестве гидроизоляции ложа хвостохранилищ предусмотрено устройство двойного противифльтрационного экрана, что исключает загрязнение подземных вод. Для устранения аварийных утечек и на случай опорожнения пульповодов, по всей длине трассы выполнена земляная дамба с нижней стороны откоса с устройством аварийных прудков с экранами из полиэтиленовой пленки. Весь комплекс мероприятий сводит к минимуму отрицательное воздействие хвостохранилища на окружающую среду.

Вопросы использования пиритного концентрата не нашли проектного решения. Как известно, до 80-х годов в б. СССР пиритный концентрат широко использовался для производства серной кислоты. На его долю приходилось более 30% в структуре серосодержащего сырья при выпуске серной кислоты из всех видов сырья ~ 23 млн т H_2SO_4 в год.

Начиная с конца 70-х годов резко возросло производство серы, попутно получаемой на газоконденсатных предприятиях Оренбурга, Астрахани и др. На вновь строящихся установках для производства серной кислоты стали использовать только элементарную серу. Действующие сернокислотные установки при их модернизации также переводили на использование в качестве сырья элементарной серы. Последняя сернокислотная установка, действовавшая на территории б. СССР (г. Краснокаменск) и использовавшая для получения кислоты пирит, закрылась в 2009 году.

Замена пиритного концентрата на серу при производстве серной кислоты предопределена экономическими факторами. По данным института ВНИПИпромтехнология сернокислотные предприятия, работающие на сере, по сравнению с колчеданным сырьем, характеризуются меньшими капиталовложениями (в 1,4–1,8 раза), энергопотреблением и трудозатратами (в 1,3–1,5 раза). Кроме того, при использовании серы отпадает необходимость утилизации каких-либо отходов.

В настоящее время только Астраханский газовый комплекс производит более 5 млн т серы, общее производство серной кислоты на отечественных заводах приближается к 5 млн т.

В ходе обсуждения путей реализации пиритного концентрата были высказаны предложения о возможности использования 110 тыс. т серной кислоты в год при отработке Хиагдинской группы месторождений урана при условии строительства сернокислотного производства в непосредственной близости от Озерного ГОКа. Создание такого производства потребует:

- организации фильтрации и сушки пиритного концентрата;
- значительных капитальных вложений, а также энерго- и трудозатрат (более высоких, чем при переработке элементарной серы);
- решения вопросов складирования или утилизации больших количеств пиритного огарка;
- наличия развитой транспортной инфраструктуры для вывоза с промплощадки значительных объемов серной кислоты, относящейся к категории веществ высокого класса опасности;
- решения вопросов строительства как сернокислотного завода, так и хвостохранилища для размещения остального количества пиритного концентрата (выход пиритного концентрата при обогащении 2,6 млн т руды Холоднинского месторождения составляет 1 млн т).

Таким образом, на сегодняшний день рынок сбыта пиритного концентрата в пределах России отсутствует. В связи с этим пиритный концентрат в виде пульпы направляется в отдельное хвостохранилище. Для этого требуется создание системы сооружений хвостового хозяйства, характеристика некоторых из них представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика хвостохранилищ

Состав и параметры сооружений и систем	Единица измерений	Показатели			
		Полная отработка		I очередь	
		хвосты флотации	пирит	хвосты флотации	пирит
Озерное месторождение (переработка 8 млн т руды в год)					
Полезный объем хвостохранилища	млн м ³	45,2	17,4	19,7	7,7
Общий объем	млн м ³	53,3	20,9	23,8	10,1
Максимальная высота дамбы	м	69,0	49,0	51,5	36,0
Ширина по гребню	м	10,0	10,0	6,0	6,0
Общий объем грунта	млн м ³	5,6	3,3	2,6	1,5
в т. ч. глина	тыс. м ³	580,0	325,0	368,0	225,0
Диаметр трубы пульповода	м	1020 * 11	630 * 11	1020 * 11	630 * 11
Длина пульповода	м	5376	6670	5376	6670

Кроме отмеченного в таблице, требуется строительство распределительного пульповода, создание системы отвода поверхностных вод (нагорные канавы), дренажной системы, насосной станции оборотного водоснабжения, системы геотехнического мониторинга и др.

Себестоимость складирования 1 т хвостов Холоднинского месторождения составляет 81,4 руб. При принятой производительности фабрики обогащения масса хвостов пиритной флотации составит 762,06 тыс. т в год. Эксплуатация пиритохранилища обойдется ~ 62,3 млн руб. в год.

Капиталовложения в хвостохранилище обогатительной фабрики Холоднинского месторождения составляют 1739,4 млн руб. (из них ориентировочно в пиритохранилище 487,0 млн руб.) или 16,2% от общих капиталовложений в строительство горно-обогатительного комбината (в ценах 2008 г.). Капзатраты на сооружение хвостового хозяйства Озерного ГОКа оценены в 2462,0 млн руб. или 7,5% от общих капвложений в создание ГОКа по добыче и переработке 8 млн т руды в год.

Это только часть экологических проблем, возникающих при освоении новых свинцово-цинковых месторождений. Традиционные экологические проблемы, касающиеся разработки практически любого месторождения, в данной статье не затрагивались.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ

А.А. Бицура

ОАО «Сибцветметниипроект», г. Красноярск, Россия

Красноярский институт «Сибцветметниипроект» является одним из старейших проектных и научно-исследовательских институтов в свинцово-цинковой отрасли цветной металлургии. В 2009 году институту исполнилось 60 лет. В России и за рубежом успешно работают крупные горнорудные свинцово-цинковые предприятия, такие как Дальполиметалл (Приморский край), Горевский ГОК (Красноярский край), построенные по проектам института. Институт продолжает активную проектную деятельность в отрасли. Только в 2008 году институтом разработаны: «Проект строительства Кызыл-Таштыгского ГОКа» в Тыве, производительностью 1,0 млн тонн добычи и переработки руды в год; «Проект расширения Горевского ГОКа» до производительности 1,0 млн тонн; «Обоснование инвестиций в строительство Холоднинского ГОКа» в Бурятии; Обоснование инвестиций в строительство Восточно-Сибирского завода горячего цинкования в г. Назарово» (Красноярский край).

По статистическим данным, около 10 % ежегодного выпуска стали и изготовленных из нее конструкций приходят в негодность в результате коррозии. Убыток, наносимый коррозией только экономике США, оценивается в 300 млрд долларов в год. Суммарные годовые затраты на антикоррозионную защиту в развитых странах оцениваются в 2–4 % от валового национального продукта [2].

В промышленно развитых государствах проблема защиты от коррозии стальных конструкций и изделий успешно решается за счет широкого использования цинковых покрытий, нанесенных погружением в расплав.

По данным «Associazione Italiana Zincatura» и «Центра по развитию цинка», ~ 48–64 % мирового производства цинка расходуется для цинковых покрытий.

Технологии горячего цинкования более 250 лет. Первые оцинкованные данным методом стальные изделия были получены в 1742 году французским химиком Малюзеном. Промышленное применение горячего цинкования началось в 1836 году в Париже, когда Сорель ввел экономичный способ травления поверхности.

Процесс нанесения на сталь слоя цинка осуществляется в результате погружения стального элемента в жидкий цинк (температура ванны 440–460 °C). В результате реакции на поверхности изделия образуется ферро-цинковый сплав, состоящий из четырех слоев с различным удельным соотношением железа и цинка. Самый нижний Гамма слой является сплавом 25 % железа и 75 % цинка, далее идет Дельта слой, который содержит 10 % железа. Следующий слой, называемый слоем Зет, состоит уже из 6 % железа и 94 % цинка и, наконец, на поверхности образуется четвертый слой, состоящий из практически чистого цинка. Такая структура горячеоцинкованной поверхности обеспечивает хорошую адгезию между сталью и цинком, которую не в состоянии обеспечить никакое другое лакокрасочное, полимерное либо металлизированное покрытие. Цинковая оболочка является защитным барьером, сводящим до минимума действие окружающей среды, а также устойчивым к механическим воздействиям. Цинк также обеспечивает электрохимическую защиту, так как при соприкосновении со сталью создает гальванический элемент. Возникающее в элементе напряжение даже при трещине цинковой оболочки приводит к коррозии цинка, а не стали. Таким образом, в отличие от других антикоррозионных систем, создающих либо защитный барьер, либо гальванический элемент, горячее цинкование соединяет эти два способа в одно целое. По этим причинам долговечность горячеоцинкованных покрытий увеличивается до 20–25 лет против 5–6 лет службы лакокрасочных покрытий.

Защитные цинковые покрытия не только способствуют экономии продукции черной металлургии, но приводят к уменьшению загрязненности окружающей среды, повышению качества выпускаемой продукции, снижению затрат на эксплуатацию зданий, сооружений и оборудования.

Первоначальные капиталовложения при нанесении цинковых покрытий достаточно быстро окупаются за счет минимальных эксплуатационных расходов в течение нормативного

срока эксплуатации конструкций, оборудования, изделий, а также вследствие экономии металла и затрат на изготовление из него новой продукции взамен испорченной коррозией.

Компания ООО «БСК-335 завод» (г. Пушкин, Ленинградская обл.) провела сравнительный анализ себестоимости и срока работоспособности горячеоцинкованных изделий и изделий с другими способами защиты от коррозии (себестоимость покрытия методом горячего цинкования принята за 100 %), результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение способов защиты металлоконструкций от коррозии

Способ защиты	Средний срок службы до покраски, годы	Себестоимость, %	Расходы после 25 лет эксплуатации, включая уход, %
Горячее цинкование	25	100*	уход не требуется
Дробеметная очистка, окраска в три слоя	12	75	150
Дробеструйная очистка вручную, окраска в три слоя	12	120	195
Травление и окраска в три слоя	10	85	200
Очистка металлической щеткой и окраска в три слоя	8	75	230
То же и окраска в два слоя	5	55	280

Сравнение показало значительное преимущество горячеоцинкованных металлоконструкций и изделий по срокам и затратам на эксплуатацию, стоимости нанесения защитного слоя перед обработанными предварительно различными способами (механическими и химическими) и окрашенными в 2–3 слоя.

Возросший спрос на продукцию с защитным цинковым покрытием в 20 столетии определил довольно широкое предложение услуг по их нанесению, в связи с этим в развитых странах мира этот сектор производства достиг достаточно высокого уровня.

В настоящее время в Европе около 90 % строительных конструкций защищено от коррозии цинком, а в городской инфраструктуре, железнодорожном и дорожном строительстве эта цифра достигает 100 %. При этом через горячее цинкование проходят более 5 % всех стальных конструкций. В настоящее время в мире насчитывается порядка 3600 предприятий горячего цинкования. Из них Германия имеет 180 заводов цинкования на 90 млн населения; Италия – 64 завода на 50 млн; Голландия – 20 заводов на 16 млн; Испания – 48 заводов на 46 млн человек. В Польше заводов более 50. В Китае заводов горячего цинкования, но небольших, более 2000, а в Индии таких заводов более 500.

В Европе лидирующие позиции в горячем цинковании занимают Италия – 1,4 млн т в год (22 %) и Германия – 1,3 млн т в год (21 %). Несколько ниже производство оцинкованной стали в Великобритании – 0,8 млн т в год (14 %) и Франции – 0,7 млн т в год (13 %). Суммарная доля Италии, Германии, Великобритании и Франции в объеме производства оцинкованной продукции в Европе составляет порядка 70 %. В остальных странах Евросоюза производство составляет от 0,1 до 0,2 млн т в год. Значительный объем выпуска оцинкованной продукции обеспечивается наличием в странах – лидерах большого количества производств по нанесению горячих цинковых покрытий. Эти страны являются лидерами по суммарной массе ванн цинкования: у Германии – 36000 тыс. т, Италии – 25000 тыс. т, Франции и Великобритании – по 13000 тыс. т, Испании – 11500 тыс. т. В остальных странах Евросоюза этот показатель значительно ниже – от 2000 до 6000 тыс. т. Средний европейский уровень производства оцинкованных изделий на душу населения составил около 15 кг/чел. Выше среднего по Европе этот показатель отмечен в Бельгии – 25 кг/чел., Италии – 23 кг/чел., Дании – 22,5 кг/чел., Германии – 16 кг/чел. и Швеции и Австрии – 17,5 кг/чел.

В начале нового тысячелетия Европа в этой области достигла некоторого насыщения рынка цинкованных изделий. Спад производства оцинкованной стали в Европе, в этот период, составил около 50 тыс. тонн, это 0,84 %. Стоит отметить, что при этом рост производства оцинкованной продукции в период 2000–2002 гг. в Италии составил около 10 %, в Великобритании – 5 %, а в Германии и Франции в этот период отмечен спад производства на 13 % и 10 % соответственно. В настоящее время рынок оцинковки развитых стран хоть и незначительно, но растет, и именно за счет изготовления горячеоцинкованной продукции. Количе-

ство предприятий, выпускающих электролитически оцинкованный лист, почти не увеличивается. В 2006 году Европейский рынок горячего цинкования уже снова вырос на 7%.

Наибольшее потребление оцинкованной продукции в четырех странах – Великобритании, Франции, Германии и Италии отмечен в промышленном строительстве – 36–43%, при строительстве дорог – 7,0–34%, в сельском хозяйстве – 6,0–13,0%, на транспорте – 3,0–11,0%, производстве метизов – 1,0–5,0%. В течение последних трех лет спрос на горячеоцинкованную сталь в США был достаточно однородным и составлял около 16,5–17 млн тонн в год. Так, в 2007 году объем рынка составил около 16,6 млн тонн, что на 12,2% меньше, чем в 2006 году (18,9 млн тонн). Однако, по оценкам экспертов, реальный спрос намного выше, чем может показаться. 70–75% горячеоцинкованной стали в США используется в автомобильной и строительной промышленности, причем чуть больший объем приходится на автомобилестроение.

В России и странах СНГ горячее цинкование еще не получило достаточного развития, хотя и подтвердило свою высокую экономическую и техническую эффективность. По сравнению с Европой и США рынок услуг горячего оцинкования России только начинает складываться и спрос на горячеоцинкованные изделия значительно превышает их предложение. По этой причине в России отсутствуют заводы, производящие оборудование для горячего цинкования. Поставку оборудования и технологии осуществляли в основном итальянские фирмы, отличающиеся наибольшей активностью на рынке горячего цинкования в России.

Россия располагает 28 предприятиями на 142 млн населения. Из общего числа предприятий только 8 являются собственно независимыми заводами горячего цинкования, а остальные 20 являются цехами в составе предприятий других направлений деятельности. В России в составе металлургических предприятий, в основном, имеют ванны для горячего цинкования больших размеров, в то время как в европейских странах такие габариты ванн характерны больше для небольших частных компаний. Все предприятия расположены в европейской части страны, в том числе в субъектах Федерации: в Белгородской области – 1 завод, в Калужской – 2; в Краснодарском крае – 1; в Ленинградской области – 2; в Москве – 5; в Московской области – 3; Рязанской – 1; Самарской – 2; Свердловской – 44; Тверской – 1; Тульской – 4; Ульяновской – 1; Санкт-Петербурге – 2.

За Уралом и в Сибири заводов горячего цинкования практически нет. Так исторически сложилось, что за долгие годы освоения природных ресурсов Сибири, при многомиллионной потребности в строительных металлоконструкциях и их защите от коррозии, ни одного предприятия по горячему их цинкованию в регионе так и не было создано. Значительное количество металлоконструкций на стройки Сибири завозилось и завозится до сих пор из Европейской части страны, несмотря на значительное удорожание строительства за счет транспортной составляющей. И это при том, что регион богат на предприятия черной металлургии (гиганты – заводы Кемеровской области или Комсомольска-на-Амуре), а также горнорудные предприятия свинцово-цинковой промышленности Дальнего Востока, Забайкалья, Красноярского края, Алтая, многочисленные заводы строительных металлоконструкций. Заводы металлоконструкций Сибири защиту металлоконструкций от коррозии, в большинстве своем, до сих пор осуществляют путем покраски изделий. В последнее время (при острой необходимости), возят свои изделия и для горячего цинкования в ближайший регион, где такие предприятия есть – на Урал.

Это приводит к парадоксальным ситуациям: если в Европе считается нерентабельным везти конструкции для цинкования на расстояние свыше 100 км, то у нас в стране транспортировка оцинкованных изделий с Урала и Подмоскovie в Сибирь – нормальная практика. Примером такого положения вещей является поставки металлоконструкций Восточно-Сибирским заводом металлоконструкций (г. Назарово) для их антикоррозионного покрытия на Урал на Верхне-Пышминский завод горячего цинкования – за 3000 км только в одну сторону.

Практически половина производимых в России оцинкованных конструкций, изделий и проката находит применение в строительстве. Причем, металлические конструкции и крепежные изделия строительного назначения в основном цинкуют на заводах металлоконструкций. Объем российского рынка строительных металлоконструкций составил в 2007 году около 4,7 млн тонн, включая объем потребления проката (оцинкованного и с полимерным покрытием), используемого для производства профнастила, трехслойных панелей и гнутых профилей. Кроме того, в данный показатель помимо объема выпуска продукции заводами-изготовителями металлоконструкций входит также объем

производства металлоконструкций непосредственно на строительной площадке монтажными организациями (по оценкам экспертов, около 40% от совокупного объема рынка). Рынок строительных металлоконструкций имеет положительную динамику: темпы прироста в 2005–2007 годах составляли 10–12% ежегодно. По прогнозам аналитиков, данные темпы роста сохранятся и в среднесрочной перспективе. По данным Росстата, в России насчитывается более 1000 предприятий, занимающихся производством строительных металлических конструкций. Наиболее крупных производителей, с максимальным географическим охватом рынков, около 10.

Расширение производственных мощностей за счет нового строительства и реконструкции в таких отраслях, как добывающие производства, топливно-энергетический комплекс, черная и цветная металлургия, позволяет говорить об увеличении в этих областях спроса на металлоконструкции. Кроме того, износ основных фондов большинства промышленных предприятий и увеличение инвестиционных затрат также расширяют рынок сбыта металлоконструкций. Спрос на производство работ по горячему цинкованию будет значительно опережать предложение. Причем в ближайшие годы прирост спроса будет выше за счет активного развития строительной отрасли, пока находящейся в состоянии стагнации.

В качестве продукции заводов горячего цинкования можно рассматривать изделия из стали, применяемые для:

- **Строительства:** каркасы систем зданий, балки, фермы, связи, ограждающие конструкции, обслуживающие конструкции: лестницы, ограждения, площадки, стальная крупнощитовая опалубка, фасадные панели, рельсы, фермы, решетки, люки, закладные детали, кровля, ограждающие элементы лестниц, водосточная система, оконные отливы, защитные колпаки для вентиляции и другие строительные металлоконструкции.

- **Энергетики:** опоры ЛЭП, соединительные элементы и подвесная арматура для проводов, трансформаторные будки, опоры трубопроводов, вышки, элементы опорных и несущих конструкций газовых и электрических подстанций.

- **Промышленности:** детали кузовов и ходовых частей транспортных средств, мезиты и другие виды продукции, целлюлозной промышленности, элементы конструкций для переработки сточных вод и другого промышленного оборудования, стальные двери, окна, склады и ангары, различные контейнеры, шлюзы, опоры и перемычки для кранов, бункеры, емкости, навесы и другие конструкции.

- **Дорожного строительства:** опорные, перильные и шумопоглощающие ограждения, пролетные конструкции трубопроводов и мостов, направляющие и столбы, барьеры безопасности, водовыпускные и дренажные трубы, рабочие платформы, мачты освещения, опоры для дорожных знаков, арматурная сетка.

- **Городской инфраструктуры:** осветительные опоры и мачты связи, опоры контактных сетей для городского электрического и железнодорожного транспорта, мосты, мостки, флагштоки, элементы рекламных конструкций, стальные решетки и другие декоративные ограждения, лестницы, металлические скульптуры, контейнеры для мусора, парковые скамейки, элементы автобусных остановок, спортивных и игровых площадок.

- **Сельского хозяйства:** детали для машин и механизмов растениеводства и животноводства, мелиорации и ирригации, элементы теплиц и другие конструкции.

- **Связи:** антенны, радиомачты сотовой и радиосвязи, ретрансляторы для телефонной связи, СВЧ-опоры, каналы для кабелей и проводов.

- **Изготовления крепежных изделий:** рост в России количества производств по нанесению горячих цинковых покрытий на стальные конструкции и изделия требует появления на рынке адекватно защищенных от коррозии крепежных изделий.

На российских просторах в европейской части страны создание заводов горячего цинкования происходит, в основном, вокруг крупных административных центров, где потребность в антикоррозионно защищенных конструкциях в последнее время стремительно возрастает. Исходя из очень редкой сети расположения таких административных центров в Сибири, даже прогнозируемое количество заводов вряд ли покроет потребность в продукции горячего цинкования.

В Сибири, начиная от Урала и до Дальнего Востока, будущими центрами горячего цинкования можно рассматривать промышленные города в зоне Транссибирской магистрали, в которых развита металлообработка: Курган, Тюмень, Омск, Новосибирск, Барнаул, Новокузнецк, Кемерово, Красноярск, Абакан, Иркутск, Чита, Тында, Благовещенск, Хабаровск, Комсомольск на Амуре. При строительстве заводов в этих городах расстояние между центрами горячего цинкования составит 350–500 км. Не Европа, конечно, но все же лучше,

чем ничего. Но даже в случае появления такого количества новых предприятий рынок будет еще далек от насыщения.

Срочная необходимость строительства первого на территории Сибири завода горячего цинкования продиктована разворотом в последнее время в Красноярском крае работ по Федеральной Программе освоения Нижнего Приангарья и Ванкорского нефтегазового месторождения. В связи с этим, лавинообразно возрос спрос на строительные металлоконструкции для объектов этих проектов – Богучанской ГЭС, многочисленных объектов нефтегазовой отрасли Юрубчен – Тахомской и Ванкорской зон, горнорудных предприятий черной и цветной металлургии. Кроме того, растет спрос на производство антикоррозионно защищенных более мелких металлоконструкций и деталей, производимых на заводах г. Красноярска и в других городах Сибирского федерального округа. Особо остро встал у городских властей региона вопрос защиты металлоконструкций внутригородского хозяйства и дорожной сети, расходы на содержание которых растут интенсивно в связи со старением конструкций и их разрушением в реактивной загазованной городской среде.

Только по Программе освоения Нижнего Приангарья в период до 2020 года планируется построить порядка 50 промышленных предприятий и инфраструктурных объектов (Богучанская ГЭС, Ангарский алюминиевый завод, Тагарский железорудный и Горевский (расширение) полиметаллические ГОКи, Приангарский нефтехимический комбинат, целлюлозно – бумажный комбинат, ЛЭП и подстанции 500, 220, 110 и 35 квт. и др), увеличивающих в разы спрос на продукцию горячего цинкования.

Таблица 2

Основные объекты Программы освоения Нижнего Приангарья

№ п/п	Наименования объекта строительства по Программе	Проектная мощность	Сумма инвестиций, млрд руб.
1	Богучанская ГЭС	3000 МВт	42,8
2	Богучанский ЦБК	720 тыс. т целлюлозы в год	28,5
3	Нефтегазодобывающий комплекс Нижнего Приангарья и юга Эвенкийского АО	8 млрд куб. м в год	40,5
4	Газоперерабатывающий завод в Богучанском районе	300 тыс. т полипропилена в год 500 тыс. т полиэтилена в год	12,1
5	Алюминиевый завод в пос. Карабула	600 тыс. т алюминия в год	59,85
6	Тагарское металлургическое объединение	3,3 млн т железорудного концентрата в год	27,7
7	Горевское металлургическое объединение	170 тыс. т свинцово-цинкового концентрата в год	5,2
8	Цементный завод	650 тыс. т цемента в год	3,4
9	Железная дорога Карабула – Ярки	45 км, мостовой переход	5,15
10	ВЛ 220 и 500 кВ по схеме выдачи мощности Богучанской ГЭС на ГПП – 1, Седаново, Раздолинск, Новокрасноярская		19,4
11	Строительство мостового перехода автодороги Богучаны Ярки – Ангарский	мостовых переход 1505 м	4,3
12	Реконструкция участков автодороги Канск – Абан – Богучаны – Кодинск	484 км	3,3

Конструкционные особенности приведенных в таблице предприятий и объектов инфраструктуры определяют преимущественную долю в них металлоконструкций и их защиту от коррозии методом горячего цинкования. По расчетам ответственного исполнителя проекта по реализации программы освоения Нижнего Приангарья – «Корпорации развития Красноярского края» в период до 2020 года в строительстве объектов будет задействовано до 10 млн т металлоконструкций. При удельном весе горячеоцинкованных металлоконструкций в общем объеме в 5 % их потребление в предстоящие 12 лет будет составлять порядка 0,5 млн т ежегодно. Это свидетельствует о реальной возможности увеличения производительности Восточно-Сибирского завода горячего цинкования до 100 тыс. т в год. Достижение производительности до 500 тыс. т возможно при условии расширения перерабатывающих мощностей. Только косвенный экономический эффект

от строящихся по программе объектов из-за их более продолжительного срока службы заложенных в них коррозионно защищенных изделий, а также уменьшения текущих затрат на их содержание оценивается в сотни миллионов рублей.

Реализация продукции Восточно-Сибирского завода горячего цинкования планируется на региональном Сибирском рынке, охватывающем территорию Красноярского края и близлежащих соседних субъектов Российской Федерации.

Выполненное в 2008 году институтом «Сибцветметпроект» обоснование инвестиций уверенно подтверждает необходимость строительства Восточно-Сибирского завода горячего цинкования (ВСЗГЦ). ВСЗГЦ является первым предприятием такого профиля на территории страны за Уралом, где впервые будет налажен в больших объемах выпуск весьма дефицитной и пользующейся постоянным спросом на рынке продукции – оцинкованных строительно-монтажных конструкций и других металлоизделий с огромным сроком пользования. В настоящее время производительность завода проектируется только 40 тыс. тонн, с возможностью ускоренного доведения до 100 тыс. тонн. Для покрытия дефицита в регионе в горячеоцинкованной продукции уже заявлено строительство заводов в Новосибирске, Иркутске, на Алтае.

В состав проекта строительства Восточно-Сибирского завода горячего цинкования входят следующие здания и сооружения: цех цинкования, АБК, объекты водоснабжения и очистных сооружений, объекты электроснабжения, крановое и другое оборудование. Стоимость строительства завода составляет в ценах 2008 г. – 822 492 тыс. руб., с учетом НДС.

Проведенные технико-экономические расчеты организации строительства завода горячего цинкования в г. Назарово показали, что предприятие будет прибыльным и иметь годовую чистую прибыль 131,3 млн руб. в рассматриваемый 7-летний период деятельности. Чистый дисконтированный доход проекта положителен и составляет 297,8 млн руб. Внутренняя норма рентабельности проекта – 36,4 %, при ставке дисконтирования – 15 %, ставке рефинансирования ЦБ РФ – 11 % и ставке кредитования – 20 %. Проект жизнеспособен, предприятие может заплатить все установленные законодательством платежи, имеет чистую прибыль, и может окупить инвестиционные затраты за 5,28 года, с учетом фактора времени (дисконтированный срок) – за 6,17 лет.

Проект строительства завода цинкования характеризуется высокой степенью устойчивости к изменению таких факторов, как цены реализуемой продукции и расходных материалов, уровень объема производства, изменение размера инвестиций в постоянные активы, увеличения ставки дисконтирования.

Строительство завода горячего цинкования в г. Назарово Красноярского края – высоко рентабельный, реальный проект для быстрого освоения.

При 15 % падении цен на реализуемую продукцию значение чистой приведенной стоимости уменьшается на 208,2 млн руб., оставаясь все же положительной. При 15 % повышении цен на реализованную продукцию значения чистой приведенной стоимости увеличивается на 70 %. Дисконтированный срок окупаемости при этом снижается на 1,7 года.

Изменение объема реализации продукции в большую стоимость на 15 % увеличивает чистую приведенную стоимость проекта почти на 104,6 млн руб., т.е. на 35 %, а норму доходности инвестиционных затрат до 55,3 %, снизив дисконтированный срок окупаемости до 5,4 года. Снижение же уровня продаж на 15 % снижает чистую приведенную стоимость проекта до 194,2 млн руб., а норму доходности инвестиционных затрат с 36,4 % до 28,9.

При увеличении уровня цен материалов и комплектующих до 115 % значение чистой приведенной стоимости уменьшается до 71 % или на 83,9 млн руб. При снижении уровня цен материалов и комплектующих на 15 % значение чистой приведенной стоимости возрастает на 84,5 млн руб. IRR возрастет на 6,6 %.

Снижение размера инвестиций на 15 % приводит к возрастанию нормы доходности на 19,8 %. При повышении размера инвестиций на 15 % норма доходности падает до 26,3 %, т.е. на 14,7 %.

При снижении нормы дисконта на 15 % (9,35 %) чистая приведенная стоимость проекта возрастает на 61,8 млн руб., тогда как увеличение нормы дисконта до 17,25 % (рост на 15 %) вызывает уменьшение чистой приведенной стоимости на 53,3 млн руб., оставаясь в обоих случаях положительной. При этом дисконтированный срок окупаемости меняется незначительно.

Изменившаяся на начальном этапе кризиса экономическая ситуация не сильно влияет на показатели предприятия, а снижение цен на расходные материалы, в особенности на металлический цинк, приведет к их улучшению. Снижение спроса на продукцию

также временный фактор, т. к. для коррозии все равно – есть кризис или его нет. Эффективная защита от коррозии – это снижение затрат на содержание любого хозяйства, не зависимо от формы собственности и размеров.

Учитывая центральное расположение Восточно-Сибирского завода горячего цинкования по отношению к прогнозируемым предприятиям региона, его технико – экономические показатели можно рассматривать в качестве усредненных оценочных кондиций для отдельных заводов горячего цинкования в восточной части России, вдоль Транссиба. Для цехов горячего цинкования в составе предприятий различного профиля технико-экономические показатели по капитальным затратам и срокам их окупаемости будут в 2–3 раза ниже, а прибыль – выше.

Для снижения капитальных затрат целесообразно размещать производства горячего цинкования на части площадей неэксплуатируемых и заброшенных предприятий, множество которых расположено в промышленных центрах Сибири. Такое решение позволяет максимально использовать существующее инженерное обеспечение предприятий от действующих сетей водопровода, канализации, отопления, электроснабжения, производственных услуг.

Из-за отсутствия отечественного оборудования для горячего цинкования следует изначально выбор сделать на таком зарубежном, которое позволяет достичь планируемой производительности в короткие сроки. В качестве рекомендаций предлагается технология и оборудование австрийской фирмы Ingenia, выбранное в качестве основного на проектируемом Восточно-Сибирском заводе горячего цинкования. Технологический процесс названной фирмы, включающий подготовительные операции и горячее цинкование, полностью автоматизирован, размеры поставляемых фирмой ванн по заказу заказчика, нагрев ванн цинкования, как газовый, так и электрический. Оборудование фирмы INGENIA, хотя и дороже предлагаемого многими фирмами, но более современное с высоким запасом морального износа и экологической безопасности.

Предприятия горячего цинкования могут стать новыми центрами приложения рабочих рук в проблемных регионах, где свернуты многочисленные горнодобывающие и перерабатывающие производства. Так, Восточно-Сибирский завод обеспечит создание порядка 400 новых рабочих мест в г. Назарово, где, в связи со снижением уровня угледобычи и закрытием угледобывающих предприятий, вопрос трудоустройства является критическим. Полностью автоматизированный на уровне мировых стандартов завод станет привлекательным для молодежи. Как показывает пример ОВОС Восточно-Сибирского завода горячего цинкования, современные заводы горячего цинкования являются экологически безопасными предприятиями, практически не наносящим вреда окружающей среде. Работники предприятия и территория завода защищены постоянно действующей системой безопасности на технологических линиях производства горячего цинкования

Кроме того, заводы горячего цинкования обеспечивают дополнительные конкурентные преимущества и для продукции заводов металлоконструкций. Так горячее цинкование своих металлоконструкций Восточно-Сибирским заводом на предприятиях Урала, позволило выиграть тендеры на поставку металлоконструкций на освоение Ванкорской и Юрубчено-Тохомской нефтегазоносных провинций, обходной автомагистрали вокруг Красноярска с мостовым переходом через р. Енисей и др. В целом оба предприятия, ОАО «ВС ЗМК» и ОАО «ВС ЗГЦ», обеспечивают более глубокую переработку сырья и создают дополнительную прибавочную стоимость на территории Красноярского края.

Восточно-Сибирский завод горячего цинкования является экономически эффективным предприятием, а следовательно, и не менее эффективным плательщиком налогов во все уровни бюджетов. Следовательно, и другие подобные предприятия региона будут такими же плательщиками налогов в бюджет своего региона и страны в целом.

Несмотря на кризис, Восточно-Сибирскому заводу горячего цинкования, а равно и остальным предприятиям на восток от Урала, обеспечен комфортный выход на рынок услуг горячего цинкования, что обусловлено:

- существенным ростом спроса (до 10% в год в течение последующих 5–10 лет) на оцинкованные металлоконструкции и изделия при недостатке производственных мощностей для удовлетворения этого спроса;
- незначительным уровнем конкуренции – у заводов есть возможность закрепиться на рынке до начала бума открытия новых предприятий.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ОЗЕРНИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

С.Г. Федоров, А.С. Баранов

ОАО «Сибцветметиниипроект», г. Красноярск, Россия

Запасы полиметаллических руд Озерного колчеданного свинцово-цинкового месторождения на 01 января 2008 года составили 128,16 млн тонн и были утверждены протоколом № 5869 Заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) от 19 января 1970 года.

Месторождение по своим запасам приравнено к уникальным и является одним из крупнейших по запасам свинца и цинка не только на территории России, но и в мире. Вовлечение в отработку такого месторождения позволит создать в Республике Бурятия дополнительно до 3312 рабочих мест, непосредственно занятых на производстве, а также до 2500 рабочих мест на сопутствующих направлениях и в сфере услуг только на первом этапе. Наличие такого крупного горнодобывающего предприятия на территории района позволит развить инфраструктуру района и сделает доступным разработку свиты месторождений Озернинского рудного узла, что в свою очередь выведет Республику Бурятия в лидеры промышленного производства России.

Историческая справка, анализ ранее выполненных работ

История развития работ по Озерному полиметаллическому месторождению насчитывает ровно 50 лет.

Первой вехой этой полувековой истории развития можно назвать начало работы Индолинской Геофизической партии в 1960 году с целью поисков бокситов, в процессе работ которой выявлены железные руды на участках Магнетитовом, Гематитовом и др. Высказано мнение о широком развитии магнетитовых руд в районе.

В последующие годы начались интенсивные работы по поиску и подтверждению минеральных ресурсов в Республике Бурятия.

Озерное колчеданное свинцово-цинковое месторождение выявлено в 1964 году.

За короткий период (неполных 6 лет) проведен огромный объем разведочных работ, в том числе пройдено 3500 метров подземных горных выработок. Пробурено 95 тысяч метров геологоразведочных скважин.

В период с 1968 по 1969 год филиалом института «Цветметпроект» в г. Чите по заданию Бурятского геологического управления разработан проект постоянных кондиций для Озерного колчеданного полиметаллического месторождения в Республике Бурятия с вариантами производительности по руде в 2700, 3000, 3300, 3600 тысяч тонн в год и с рекомендованной производительностью 3300 тысяч тонн в год.

19 января 1970 года протоколом № 5869 Заседания ГКЗ (Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых) при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) на государственный баланс поставлено Озерное колчеданное свинцово-цинковое месторождение с запасами руд 128,6 миллионов тонн (категории В + С1–104,96 млн тонн; С2–23,2 млн тонн).

В последующие годы вплоть до 1985 года проводились исследования руд Озерного месторождения и доразведка территорий, прилегающих к нему, на которых выявлены свиты более мелких месторождений.

С закатом советского периода и приходом перестройки все работы на Озернинском рудном узле были приостановлены.

Началом современной истории развития Озерного месторождения полиметаллических руд можно считать получение подразделением ООО «Корпорация «Металлы Восточной Сибири» в 2004 году лицензии на право пользования недрами.

За 5 лет работы на месторождении проведен большой объем подготовительных работ, в том числе заверочных геологоразведочных работ.

Интенсивность и объем работ, проведенных специалистами ООО «Корпорация «Металлы Восточной Сибири» и ОАО «Озерный ГОК», сопоставимы с работой, проводимой Министерством цветной металлургии в советский период.

По месторождению пробурено 36 тысяч метров геологоразведочных скважин заверочного бурения.

Запроектирован и построен вахтовый поселок на 300 мест.

В 2009 году начаты горные работы на руднике открытых горных работ.

В период с 2004 по 2009 г. выполнен целый ряд проектных и предпроектных работ как Российскими, так и зарубежными компаниями.

В сентябре 2009 года институт ОАО «Сибцветметпроект» определен в качестве Генерального проектировщика по объекту: «Озерный ГОК (Республика Бурятия) и объекты его инфраструктуры». При согласовании технического задания на проектирование ОзГОКа был выявлен ряд вопросов требующих решения до начала проектирования:

1. Определение оптимальных параметров «Озерного ГОКа», в том числе:
 - объема добычи и переработки горно-обогатительного комбината;
 - способа транспортировки готовой продукции до станции Могзон;
 - энергоснабжения;
 - выбор и сравнение вариантов оборудования.
2. Разработка регламентов:
 - регламент на устойчивость бортов карьера;
 - регламент на устойчивость бортов угольного разреза;
 - регламент на ведение взрывных работ;
 - регламент на проветривание рудника открытых горных работ.
3. Разработка технических заданий и технических условий на проектирование по выбранному варианту.

Выводы и рекомендации

В результате проведенных расчетов варианты производительности 6 и 8 млн тонн в год показали высокую рентабельность добычи и переработки.

Строительство комбината с выходом на проектную мощность в обоих вариантах осуществляется за период 36 месяцев в период 2011–2013 гг.

Освоение месторождения будет осуществлено открытым способом. Основные производственные процессы включают в себя добычу и переработку руды на фабрике с получением цинковых и свинцовых товарных концентратов.

В результате сравнения производственных показателей к реализации рекомендуется вариант производственной мощности 8 млн т с энергоснабжением от ТЭЦ. При этом варианте определены доходы от продаж товарных концентратов, общая стоимость строительства объекта, капиталобразующие инвестиции (с учетом вложений в оборотные средства).

Явочная численность трудящихся на вахте в варианте с производительностью предприятия 8 млн т – 1555 человек, численность по штатному расписанию – 3312 человек. Из них численность управления предприятием – 97 человек.

Эффективность освоения Озёрного месторождения охарактеризована системой финансовых показателей, наиболее наглядными из которых является величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД), норма доходности инвестиционных затрат и внутренняя норма рентабельности (IRR).

Данные показывают, что проект жизнеспособен, предприятие может заплатить все установленные законодательством платежи, имеет чистую прибыль и может окупить инвестиционные затраты за период отработки запасов.

Также рекомендовано утвердить следующие основные технические условия для проектирования:

- строительство горно-обогатительного комбината производительностью по добыче и переработке руды 8 млн тонн в год в две очереди строительства с вводом мощностей по 4 млн тонн в год;
- горная часть: способ отработки – открытый, с вывозом вскрышных пород во внешний отвал. Систему разработки на горнодобывающем предприятии принять транспортную, с применением автосамосвалов и экскаваторов цикличного действия;

- обогащение: рудоподготовка – классическая схема, флотационная схема – селективно-коллективная, четыре линии производительностью по два миллиона, готовая продукция – товарный концентрат;
- хвостовое хозяйство под размещение двух типов продуктов пиритного концентрата и хвостов флотации;
- транспортировку готовой продукции осуществлять автомобильным транспортом до станции Могзон со строительством перегрузочного терминала на железнодорожном тупике;
- энергоснабжение ГОКа осуществлять по комбинированному способу от собственной ТЭЦ 60 МВт, резервное энергоснабжение, а также энергоснабжение на первые годы, в том числе период строительства осуществлять от сетей «Бурятэнерго» по ЛЭП 110 кВ;
- водоснабжение ГОКа осуществить в два этапа:
 - а) первый этап – строительство водозабора от месторождения подземных вод Исинга (утвержденные запасы 8640 м³ в сутки), с проведением дополнительного мониторинга (по месторождению для подтверждения запасов), далее – через месторождение участок Сурхебт категории С1–1466 м³/сут, что позволит обеспечить водой первый пусковой комплекс обогатительной фабрики,
 - б) второй этап – доразведка запасов участка Хорга с переводом запасов из категории С2 в категорию С1–4700–10000 м³/сутки.

Реализация данного проекта позволит компании ООО «Корпорация «Металлы Восточной Сибири» встать в один ряд с такими крупными горнодобывающими компаниями, как ОАО «Полус Золото» и ОАО ГМК «Норильский никель», а также получить первенство в России по добыче и переработке свинцового и цинкового концентратов.

Следующим этапом развития компании должно стать строительство металлургического передела, местоположение и производственную мощность которого необходимо определить, исходя из суммарных производственных мощностей горнодобывающих компаний России и ближнего зарубежья.

Освоение месторождения для Республики Бурятия будет являться пилотным проектом, который приведет в дальнейшем к интенсивному развитию богатой минерально-сырьевой базы Забайкалья за счет развития инфраструктуры вспомогательного и обслуживающего производств.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИНКОВОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Н.Н. Ушаков, А.И. Ананин, В.А. Шумский, Н.М. Ни

Дочернее государственное предприятие «Восточный научно-исследовательский
горно-металлургический институт цветных металлов»

Республиканского государственного предприятия «Национальный центр
по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан»

(ДГП «ВНИИцветмет» РГП «НЦ КПМС РК»),
г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

Выполнен анализ современного состояния цинковой подотрасли в Казахстане: сырьевая база, объемы производства, применяемые технологии, основные компании-производители. Рассматриваются экономические предпосылки расширения производства и потребления цинка в республике в связи с основными конъюнктурными тенденциями на мировом рынке.

По разнообразию и количеству минерально-сырьевых ресурсов Республика Казахстан занимает одно из ведущих мест в мире. Горно-металлургический комплекс (ГМК) – один из важнейших составляющих экономики Казахстана. По итогам 2009 г. доля ГМК в общем объеме промышленного производства республики составила 16,9%, а доля в общем экспорте – 19,6%. В ГМК занято почти 164,5 тысяч человек персонала основной деятельности, а балансовая стоимость основных средств на его предприятиях по итогам 2008 года составила 7% всех основных средств в стране. Объемы добычи металлических руд в период 2003–2009 гг. выросли в 3,5 раза.

В настоящее время в Казахстане работают крупные металлургические предприятия цветной металлургии, использующие, как правило, собственные минерально-сырьевые ресурсы и выпускающие цветные, редкие и благородные металлы в значительных объемах.

Зарубежные аналитики (в частности эксперты «Business Monitor International» и «CRU Strategies») высоко оценивают потенциал горно-металлургической отрасли Казахстана и прогнозируют ее динамичное развитие в ближайшие 5 лет. Зарубежные инвесторы рассматривают перспективы сотрудничества с республикой в области добычи и последующей переработки руды. Наибольший интерес представляет добыча и обработка цветных металлов, в том числе и развитие цинкового производства.

Минерально-сырьевая база цинкового производства РК

По данным Геологической службы США (US Geological Survey, 2005 год), по разведанным запасам цинка Казахстан находится на 4 месте в мире, после Китая, США, и Австралии. По подтвержденным запасам цинка Казахстан занимает 3 место в мире, после Австралии и Китая.

На базе крупных полиметаллических месторождений в Восточном, Центральном и Южном Казахстане был создан мощный горно-металлургический комплекс, имеющий более чем 200-летнюю историю.

Ранее в развитие минерально-сырьевой базы (МСБ) вкладывались значительные средства, поэтому запасы цинка, погашаемые при отработке, не только восполнялись, но и образовался достаточно крупный резерв.

В настоящее время на Государственном балансе Республики Казахстан числится более 80 рудных объектов свинцово-цинковой подотрасли. По регионам запасы цинка распределены следующим образом: Восточный Казахстан – 40,7%, Центральный Казахстан – 28,5%, Южный Казахстан – 23%, Западный Казахстан – 5,8%, Северный Казахстан – 2,0%. Средние содержания по цинку в активных запасах по категории А+В+С₁ составляют 3,57%. Расчетная рентабельность отработки для месторождений с активными запасами во многом определяется комплексным характером оруденения.

Подготовленная для эксплуатации минерально-сырьевая база в целом обеспечивает прогнозируемое производство металлического цинка до 2030 года. Для повышения конкурентоспособности подотрасли необходимо укрепление минерально-сырьевой базы, особенно по качественным параметрам месторождений.

Для Усть-Каменогорского металлургического комплекса компании «Казцинк» основным сырьем являются концентраты Зыряновской обогатительной фабрики, на которой перерабатывается 2,25 млн тонн в год руды Малеевского месторождения. Снижение добычи на данном месторождении планируется с 2019 г., а отработка завершится в 2028 г.

Сырьевой базой Риддерского цинкового завода компании «Казцинк» является Тишинский рудник с мощностью 1,4 млн т/год и отработкой до 2018 г. и Риддер-Сокольный рудник с мощностью по добыче руды 2,6 млн т/год и окончанием работы в 2031 г. На Риддерском цинковом заводе также перерабатываются окисленные руды месторождения Шаймерден (Костанайская область), отработка которого завершится к 2019 г.

Основной рудной базой для производства цинка «Корпорации Казахмыс» служили месторождения Восточного (Артемьевское, Орловское, Юбилейно-Снегирихинское, Белоусовское, Николаевское) и Карагандинского региона (рудник Космурун и Акбастау). Среднее содержание цинка в рудах данных месторождений составляет 4,49 %.

Компания «Шалкия Цинк» разрабатывает месторождение Шалкия в Каратауском горнорудном районе Кызалординской области. Запасы Pb-Zn руды по категории A+B+C₁ составляют 129 млн т, в том числе цинка – 5,5 млн т при среднем его содержании 4,3 %.

ООО «Nova-Цинк», контролируемое компанией «Челябинский цинковый завод» (Россия), разрабатывает месторождение Акжал в Агадырском горнорудном районе Карагандинской обл. Среднее содержание цинка в руде – 2,54 %. Других рентабельных к отработке месторождений цинка в районе нет. С 2007 г. предприятие получает в среднем 35 тыс. тонн цинка в концентрате, который полностью направляется на Челябинский цинковый завод.

Расширение сырьевой базы цинковой подотрасли Казахстана связано, главным образом, с программами развития компании «Казцинк». Для наращивания минерально-сырьевой базы ею предусмотрено проведение геологоразведочных работ на месторождениях – Риддер-Сокольное, Шубинское, Малеевское, Долинное, Обручевское, ввод залежи «Холодная» Малеевского месторождения; а также реализация программ по широкому вовлечению в переработку отходов производства.

Компании-производители цинка в РК

Практически единственным производителем чушкового цинка в РК являются Усть-Каменогорский и Риддерский цинковые заводы компании «Казцинк».

«Казцинк» – крупный интегрированный производитель цинка с большой долей сопутствующего выпуска свинца, драгоценных металлов и черновой меди. Все предприятия компании находятся на территории Республики Казахстан и расположены в пяти городах. Более 20 тысяч человек занято в горной, обогатительной, металлургической отраслях, а также в выработке электроэнергии и машиностроительном производстве.

«Казцинк» включает 131 подразделение, в том числе 11 дочерних предприятий. Основной профиль деятельности: проведение геологоразведочных и геологопоисковых работ; добыча и переработка цветных, редких и драгоценных металлов с получением товарных концентратов; производство цветных, редких и драгоценных металлов и их сплавов. Основное производство включает Зыряновский горно-обогатительный комплекс (Малеевский и Греховский рудники, обогатительная фабрика), Риддерский горно-обогатительный комплекс (Тишинский и Риддер-Сокольный рудники и обогатительная фабрика), Риддерский цинковый завод, Усть-Каменогорский металлургический комплекс (цинковый и свинцовый заводы, аффинажное производство), Текелийский производственный комплекс.

«Корпорация Казахмыс», входящая в десятку крупнейших мировых производителей меди, в период 2003–2009 гг. выпускала цинк на Балхашском цинковом заводе. Завод работал на собственном сырье. На заводе была освоена двухстадийная автоклавная технология переработки низкокачественных цинковых концентратов (с повышенным содержанием меди), разработанная в кооперации канадской фирмой «Дайнатек» (ныне «Шеррит») и институтом ВНИИцветмет. Балхашский цинковый завод является 2-м в мире производством, освоившим данную технологию и единственным в мире, успешно перерабатывавшим цинковые концентраты с содержанием 38–45 % цинка и 3–4 % меди. С середины 2009 г. завод в связи с неблагоприятной конъюнктурой на рынке цветных металлов был остановлен.

Технологический уровень развития металлургии цинка в РК

Основная выпускаемая продукция компании «Казцинк» – цинк металлический, а также свинец рафинированный, аффинированные золото и серебро, черновая медь. Всего компания производит около 30 наименований продукции, в том числе цинк – алюминийевые сплавы марок ЦА-03 и ЦА-04 для горячего оцинкования стальной полосы, цинковую пыль, цинковый купорос и другие.

В период 2004–2009 гг. происходил неуклонный рост производства компанией металлического цинка (табл. 1).

Таблица 1

Производство металлического цинка компанией «Казцинк», тонн

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Цинк металлический	279 500	287 100	289 100	294 400	299 400	301 100

Доход компании от реализации металлического цинка металлический составил 46,4% от общего объема реализации продукции компанией в 2009 г.

На ЛБМ зарегистрированы производимые «Казцинк» металлический цинк (High Grade «YKCUK», High Grade «LPK»), цинк-алюминиевый сплав (Continuous Galvanising Grade) и цинково-свинцовый сплав (Prime Western Grade).

Структура металлургических производств компании «Казцинк» рассчитана на работу в тесной взаимосвязи для достижения лучших показателей комплексности использования цинкового и свинцового сырья. Цинковые заводы «Казцинка» работают на собственном сырье (более 80%) и концентратах казахстанского производства.

Усть-Каменогорский цинковый завод использует стандартную технологию: обжиг концентратов, выщелачивание огарка, очистка и электролиз растворов. Производительность завода – 162 тыс. т цинка и цинковых сплавов в год. Цинковые концентраты со средним содержанием цинка 53,5% обжигаются в печах кипящего слоя с дутьем, обогащенным кислородом. Сернистые газы обжиговых печей утилизируются на серную кислоту контактным способом. Цинковый огарок выщелачивается отработанным электролитом в две стадии (нейтральное и кислое выщелачивание). Полученный цинковый раствор очищается от примесей и подвергается электролизу с получением катодного цинка. Остаток от выщелачивания (цинковый кек) перерабатывается пирометаллургическими способами: в вельцпечах и в шихте свинцового завода. Получаемые при этом цинковые возгоны очищаются от свинца, хлора, мышьяка и сурьмы в цикле выщелачивания окиси и подаются на выщелачивание огарка. Катодный цинк после сдирки переплавляют в индукционных печах в слитки-блоки или используют для производства сплавов.

Риддерский цинковый завод мощностью 105 тыс. т цинка в год также использует стандартный способ: обжиг концентратов в печах КС, двухстадийное выщелачивание огарка отработанным электролитом, гидrolитическую и цементационную очистку растворов, электролиз. Цинковые кеки вельцуются.

Применяемые процессы и технологические показатели производства цинка в компании «Казцинк» по извлечению цинка и удельным затратам электроэнергии находятся на уровне ведущих мировых производителей цинка: «Korea Zinc» (Ю. Корея), «Teck Cominco» (Канада), «Xstrata» (Швейцария), «New Boliden» (Швеция/Финляндия), «Umikore» (Бельгия). При этом «Казцинк» имеет одни из самых низких в мире показателей затрат на переработку 1 т сырья.

Балхашский цинковый завод (БЦЗ) до его остановки перерабатывал собственные цинковые концентраты «Корпорации Казахмыс», поступающие из подразделений компании, расположенных в Восточно-Казахстанском регионе.

На заводе была освоена двухстадийная автоклавная технология переработки низкокачественных цинковых концентратов. Как уже упоминалось, БЦЗ являлся единственным в мире заводом, успешно перерабатывающим концентраты с содержанием 38–45% цинка и 3–4% меди. Растворы автоклавного выщелачивания после прохождения трехстадийной очистки от примесей поступали на электролиз. Получаемый катодный цинк подвергался механизированной сдирке и переплавке в индукционных печах. Кеки автоклавного выщелачивания, содержащие благородные металлы и элементарную серу, частично поступали на переработку в шихту Балхашского медеплавильного завода, а остальная их часть вместе с гипсо-железистыми шламами гидrolитической очистки направлялась в хвостохранилище.

Нестабильная и недостаточно эффективная работа градирен для охлаждения электролита не позволили заводу выйти на проектную производительность 100 тыс. тонн цинка в год (табл. 2). В связи с этим планировалась модернизация электролизного цеха и системы охлаждения электролита, реализации которой помешал начавшийся экономический кризис.

Таблица 2

Производство цинка «Корпорацией Казахмыс», тонн

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Цинк в цинковом концентрате	113 000	106 000	125 000	137 000	137 000	149 000
Цинк металлический	18 184	50 940	56 983	45 222	47 516	8 600

Производственные операции на цинковом заводе в 2009 году были приостановлены, поскольку реализация концентрата в этот период была более привлекательной с коммерческой точки зрения.

Тенденции производства и потребления цинка в Казахстане

На формирование производства и потребления цинка в Казахстане большое влияние оказывают факторы, определяемые общей ситуацией в экономике республики, конъюнктурой, складывающейся на мировом и внутреннем рынках металлопродукции, экономическим положением отдельных предприятий.

В настоящее время Казахстан входит в число стран – основных производителей цинка. Динамика производства цинка представлена в таблице 3.

Таблица 3

Производство цинка в металле и концентрате в РК, тыс. тонн

Продукция	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Цинк в цинковом концентрате	322,1	344,7	392,4	393,5	361,4	364,3	404,6	386,0	387,4
Цинк металлический	262,6	277,1	286,5	294,6	316,7	357,1	364,8	358,2	365,5

Цинк, произведенный в Казахстане, отгружается на экспорт на 82,4%. В структуре экспорта доминирующее положение занимает Китай, куда направляется до 70% цинка металлического, 15% экспорта приходится на страны СНГ, а остальной объем – на страны Западной Европы и Турцию (рис. 1).

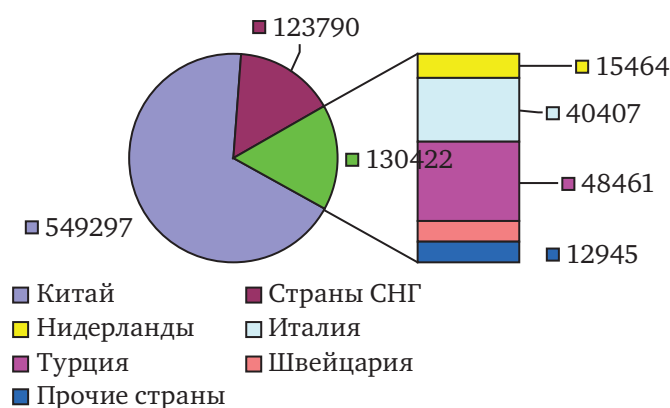


Рис. 1. Структура экспорта цинка из РК, тыс. долл. США

Учитывая близость Казахстана к регионам Юго-Восточной Азии с растущим уровнем потребления цинка и огромным населением, существует несомненный потенциал развития и роста цинкового производства в Казахстане.

Основным потребителем цинка на внутреннем рынке в виде цинк-алюминиевых сплавов, используемых для оцинкования, на внутреннем рынке является АО «Миттал

Стил Темиртау». Цинковая продукция высоких переделов практически не производится. Экспорт цинковой металлопродукции составляет сумму порядка 800 тыс. долл. США в год, что в 900 раз меньше суммы экспорта металла.

Определяющим условием возможного расширения емкости внутреннего рынка металлопродукции Казахстана является ускорение развития основных металлопотребляющих отраслей экономики – прежде всего, машиностроительного и строительного комплекса, а также планируемое развитие отечественного автопрома.

Машиностроительные и строительные отрасли РК испытывают потребности в оцинкованном стальном листе, объемы использования которого должны увеличиваться по мере роста производства в этих отраслях.

Важным потребителем на внутреннем рынке страны оцинкованного листа, изделий из цинка и цинковых сплавов может стать отечественное автомобилестроение при реализации планов перехода от сборки автомобилей, налаженной на ряде предприятий РК, к изготовлению на месте отдельных деталей и производству запасных частей.

Строительная промышленность в целом также является крупным потребителем цинковых полуфабрикатов. Так, для термического напыления цинка на стальные опоры ЛЭП, на стальные каркасы мостов, кранов и других промышленных структур используется цинковый провод, который производится методом проката и непрерывного литья. Учитывая эффективность напыления цинка для защиты стали от коррозии, рынок этой продукции в Казахстане имеет все предпосылки для дальнейшего роста.

Проблемы предприятий цинковой промышленности

Проблемы горных предприятий цинковой подотрасли вытекают из общего состояния горнодобывающей промышленности РК, которое характеризуется снижением темпов роста, ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений с переходом горных работ на глубокие горизонты (более 500 м) и, как следствие, снижением эффективности эксплуатации недр традиционными технологиями. Современные технологии разработки месторождений полезных ископаемых базируются в основном на буровзрывном способе отбойки руд. Концентрация горных работ, рост горного давления, снижение содержания металлов в руде, отставание подготовленных запасов и закладочных работ, низкий уровень совершенствования горных технологий, образование огромных пустот в недрах ведет к повышению аварийности и производственному травматизму, крупномасштабным произвольным обрушениям горных пород с выходом на дневную поверхность и снижению качества проветривания шахт и рудников.

В этих условиях рудники должны использовать разнообразные способы повышения рентабельности: сокращение выдачи на поверхность пустых пород, снижение энерго- и материалоемкости производства, утилизацию отходов от переработки руд, различные виды погашения и использования выработанного пространства.

Проблемы обогащательного передела тесно связаны с тенденцией развития минерально-сырьевой базы республики, которая характеризуется снижением содержания металлов в сырье и ухудшением их технологических свойств. За период 1975–2000 гг. среднее содержание цинка в руде снизилось с 2,73 % до 2,15 % и, соответственно, извлечение цинка – с 82,55 % до 70,25 %. Это лишь один из факторов, негативно влияющих на показатели обогащения. В большей степени обогатимость руд определяется качественными характеристиками – прежде всего это доля окисленных минеральных форм и размеры минеральных зерен, характер их взаимного прорастания. Обе эти проблемы в широком технологическом плане к настоящему времени не решены, хотя внимание им уделяется во всем мире.

Подавляющее большинство перерабатываемых сейчас в Казахстане руд отличается тесным взаимным прорастанием тонких минеральных вкраплений. Зерна минералов, содержащие полезные компоненты, столь малы, что для их вскрытия руду приходится глубоко измельчать. Это приводит к потере со шламами значительной части вскрытых мономинеральных зерен, содержащих обогащаемые металлы.

Эти проблемы обогащения руд являются причиной низкого извлечения металлов и плохого качества получаемых концентратов и нуждаются в первоочередном решении.

На большинстве обогащательных фабрик Казахстана, перерабатывающих цинковые и полиметаллические руды, используются цианистые соли, являющиеся токсичными, ядовитыми веществами. Цианистые соли используются также при гидрометаллургическом

извлечении благородных металлов. Этот фактор серьезно влияет на экологическую обстановку в районе обогатительных предприятий.

В последние годы производится значительный объем работ по повышению технического уровня горно-обогатительного передела подотрасли за счет внедрения новых технологий и модернизации оборудования.

Анализ технического уровня металлургического передела показывает, что в целом используемые на цинковых заводах технологии соответствуют мировому уровню. Однако по экологическим показателям, комплексности и глубине переработки сырья, энергоемкости производств Казахстан отстает от передовых зарубежных производителей цинка. Значительно отставание от зарубежных конкурентов в использовании технических инноваций.

При том, что технологии, используемые для производства цинка в Казахстане аналогичны применяемым в развитых странах мира, практическая их реализация имеет существенные недостатки в вопросах:

- модернизации и замены изношенного технологического оборудования;
- уровня механизации технологических операций;
- автоматизации контроля и управления технологическими процессами;
- технологической дисциплины и культуры производства.

Основные производители цинковой продукции в РК «Казцинк» и «Корпорация Казахмыс» имеют собственные научно-исследовательские подразделения, а также привлекают к работе научные организации Казахстана, России и других стран для решения своих технологических проблем. Однако затраты на НИОКР невысоки, например в 2006 году они составили в компании «Казцинк» 0,1 %, а в «Корпорации Казахмыс» – 0,12 % от объема продаж.

Одной из существенных проблем цинковой подотрасли (как и всего ГМК Казахстана) является низкая доля продукции высоких переделов. Это обусловлено тем, что цены на сырье растут быстрыми темпами, обеспечивая высокую рентабельность предприятиям, экспортирующим необработанный цинк и цинковые концентраты. В то же время на рынке цинковой продукции с высокой долей переработки сложилась жесткая конкуренция. Этим объясняется отсутствие стимулов у предприятия к созданию производств с высокой добавленной стоимостью.

Большая часть произведенного цинка уходит на экспорт и в основном это долгосрочные устоявшие контракты и потребители. При этом цена экспортируемого цинка, хотя и ниже рыночной, но привязывается к биржевой цене на металл. Поэтому в большой степени конкурентоспособность казахстанской цинковой продукции могут определять затраты на ее производство, особенно в условиях неблагоприятной конъюнктуры мирового рынка цветных металлов.

Изменение спроса на металлопродукцию на внутреннем рынке Казахстана будет в значительной мере зависеть от влияния макроэкономической, финансовой и инвестиционной политики государства, а также изменений в структуре экономики страны в сторону увеличения доли основных металлопотребляющих секторов.

ПОЛУЧЕНИЕ СВИНЦА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ИЗ СВИНЦА-СЫРЦА НИЗКОГО КАЧЕСТВА

Сяо Вэйсун¹, Сю Бин¹, Ли Живэн¹, Жао Синшэн²

¹ Корпорация цветных металлов Ма Янг, Йонгсинг, пров. Хунань, КНР

² Центральный Южный университет, Чангша, пров. Хунань, КНР

1. Предисловие

Завод по получению свинца электролизом Корпорации цветных металлов Ма Янг (Йонгсинг, Китай) начал работать в мае 2009 г. Основную долю используемых исходных материалов составляет свинец низкого качества с высоким содержанием примесей. Для того чтобы обеспечить качество продукта, в процессе производства было проведено исследование с целью получить электролизом свинец высокой чистоты с содержанием свинца 99,997%, используя в качестве исходного материала свинец низкого качества. Данное исследование имеет целью улучшить нашу технологию электролитического рафинирования и экономическую эффективность предприятий, имеющих большое практическое значение.

Проект касается электролитического рафинирования исходного свинца, особенно низкого качества с большим содержанием примесей. Результаты проекта могут быть применены для очистки свинца-сырца от полиметаллических минеральных примесей, особенно свинца-сырца с высоким содержанием висмута.

2. Основополагающая идея

Процесс электролитического рафинирования свинца в основном включает следующие три передела: получение анодного свинца из сырца путём пирометаллургического рафинирования, электролитическую очистку анодного свинца и конечную очистку катодного свинца (окислительная или щелочная очистка).

Поскольку основной исходный материал – это свинец низкого качества с высоким содержанием примесей, для получения анодного свинца очень важно первичное грубое пирометаллургическое рафинирование. Этот процесс может в некоторой степени компенсировать недостатки исходных материалов и повысить качество анодного свинца, убедиться в том, что содержание примесей соответствует требованиям и гарантировать их надлежащие пропорции, чтобы уменьшить долю примесей, растворённых в электролите. Можно сказать, что обеспечение чистоты электролита – это ключевой фактор в получении высокочистого электролитического свинца, и только при наличии подходящего электролита можно получить высококачественный катодный осадок, который при конечной окислительной или щелочной очистке может стать электролитическим свинцом высокой чистоты. Не будет преувеличением сказать, что ключевой элемент технологии касается обеспечения чистоты электролита.

Есть две причины, по которым нужно обеспечить чистоту электролита. Во-первых, необходимо убедиться, что электролит не содержит слишком большое количество электроположительных металлических примесей, особенно Sb, Bi, Ag, Cu и ионов других металлов; во-вторых, убедиться, что анодный шлак не слишком рыхлый, во избежание включения анодного шлама в катод, что может отрицательно сказаться на рафинировании.

В обычной технологии электролиза электроположительные металлические примеси в аноде не переходят в раствор. Однако, если действующая система электролиза недостаточно соблюдается и электролизёр имеет высокое напряжение, электроположительные висмут, медь, серебро и т. д. могут взаимодействовать с раствором электрохимически. Сохраняя ионное состояние в электролите, они будут выделяться на катоде раньше свинца, и это может отрицательно сказаться на качестве катодного металла.

Необходимыми условиями для поддержания напряжения на электролизёре в допустимых пределах являются разумный выбор плотности тока для поддержания концентрации кислоты и свинца в электролите и выполнение других технических условий. Однако, если

анодный шлам слишком плотный, возникает серьёзная поляризация, в результате чего анодный потенциал растёт и вызывает растворение электроположительных металлов. Это значит, что анодный шлам не должен быть ни слишком рыхлым, ни слишком плотным.

Из вышеприведённого анализа мы можем видеть, что характер образующегося при электролизе анодного шлама очень важен для электролитического рафинирования. Главное в этом процессе – обеспечить, чтобы шлам, образовавшийся на аноде, имел пористую структуру и достаточную вязкость.

Основной примесью в электролитическом свинце является висмут. Управлять содержанием висмута в свинце можно двумя способами: во-первых, убедиться, что силы адгезии хватает для того, чтобы шлам не упал, во избежание механического загрязнения свинца висмутом и другими примесями; во-вторых, создавая нормальные технические условия при электролизе для предотвращения растворения висмута в электролите, а затем выделения на катоде. Одним из основных условий того, чтобы обеспечить качество электрически очищенного свинца и нормальный электролиз, является контроль над соответствующими компонентами с целью убедиться, что анодный шлам не спадает с анода в процессе электролиза, но может быть легко с него удалён. Адгезия шлама к аноду определяется главным образом содержанием в аноде сурьмы. Мышьяк и висмут также влияют на увеличение сцепления анодного шлама, но не столь значительно, как сурьма. Практика многих производителей показывает, что обычно долю Sb следует держать на уровне 0,35–0,8%. Если $Sb < 0,35\%$, шлам легко может расколоться и отпасть, но при большем содержании Sb слой анодного шлама будет твёрже и его сложнее будет счистить. На практике, в стране и за рубежом содержание Sb в аноде обычно составляет 0,35–1,5%.

Наше исследование и производственная практика показывают: чтобы обеспечить электролитическое рафинирование от висмута, содержание Sb и Bi в анодном свинце должны находиться в пропорциональной связи. Когда содержание висмута в анодном свинце высоко, содержание Sb соответственно может быть увеличено без ограничений.

Медь в качестве примеси не растворяется с анода и остаётся в анодном шламе. Но если содержание Cu в аноде выше, чем в эвтектическом составе Pb-Cu (0,06%), тогда медь может раствориться во время растворения свинца. Как следствие, это может привести к увеличению содержания меди в свинце, а также к образованию твёрдого и плотного анодного ила, который препятствует нормальному растворению свинца и увеличивает напряжение на электролизёре, вызывая растворение таких примесей, как висмут, и их выделение на катоде. Следовательно, перед электролизом содержание меди в аноде должно быть снижено до максимально возможного уровня. Это полезно для снижения содержания меди в анодном шламе, а также при его последующей переработке.

Высокое содержание в аноде сурьмы не является проблемой, это способствует формированию на поверхности анода ячеистой структуры свинцово-сурьмяного сплава, обволакивающего анодный шлам и увеличивающего его адгезию, что позволяет избежать осыпания анодного шлама. Высокое содержание сурьмы также вызывает растворение её на аноде, но на катоде кристаллизуется лишь небольшая её часть. Если среднее содержание Sb в катодном свинце $> 0,007\%$, то становится сложно удалить сурьму путём окислительного рафинирования, чтобы получить первоклассный свинец. Чтобы стабилизировать химический состав и убедиться в качестве электрического свинца, необходимо применить щелочное рафинирование. Содержание сурьмы менее 0,3% вызывает лёгкое отпадение анодного шлама, приводя к низкому качеству электролитического свинца и потерям драгоценных металлов.

Содержание мышьяка в аноде обычно менее 0,4%. Мышьяк и сурьма могут увеличивать адгезию анодного шлама. В сочетании со свинцом мышьяк может быть легко удалён при заключительном пирометаллургическом рафинировании, что, в общем, не влияет на качество продукции.

Содержание олова в аноде обычно составляет менее 0,2%. Стандартные потенциалы олова и свинца близки друг другу, олово может растворяться на аноде и кристаллизоваться на катоде. Оно может быть легко удалено в результате смешанного окислительного и щелочного рафинирования. Содержание олова в аноде не нуждается в тщательном контроле.

Подводя итог сказанному. Обеспечение технологии рафинирования сырца и улучшение качества анода, особенно поддержание разумных соотношений в содержании примесей в аноде, хороший контроль за техническими условиями электролитического рафинирования и обеспечение чистоты электролита – технологическая база для получения высокочистого свинца из сырца.

3. Технология и схема технологического процесса

3.1. Схема технологического процесса

Схема технологического процесса очистки свинца-сырца электролизом на заводах компании Ма Янг показана на рисунке 1.

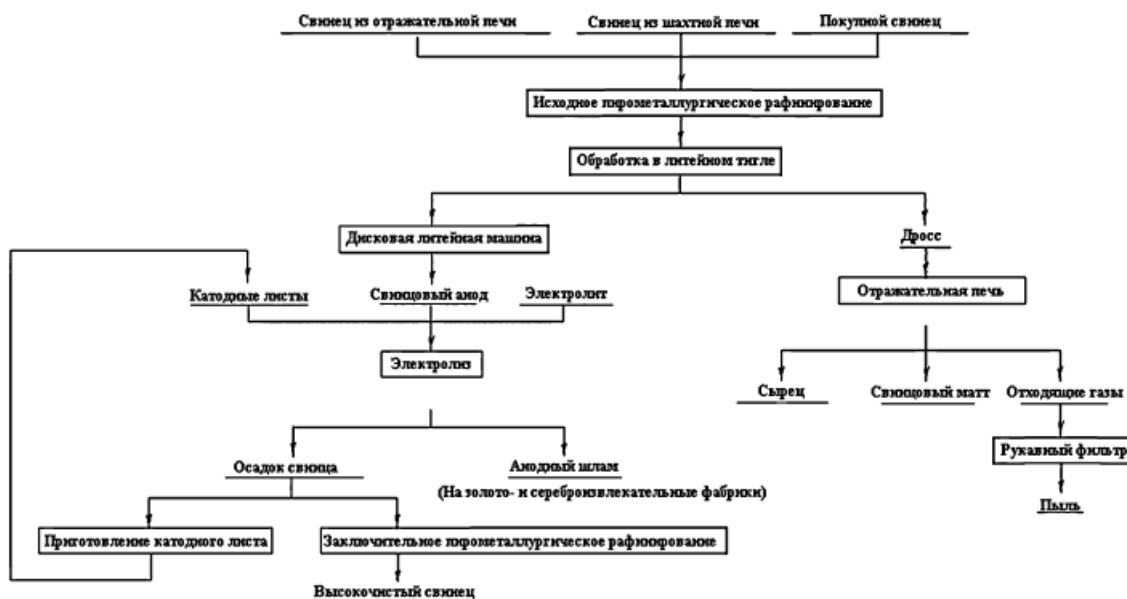


Рис. 1. Схема технологического процесса очистки свинца-сырца

Основные технико-экономические показатели и параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели и параметры

Производительность (т/год)	Выход первого класса (%)	Выход свинца 99,997 % (%)	Выход по току (%)	Плотность тока (А/м ²)	Расход электроэнергии (кВт·ч/т)	Объем каждой ванны (т)	Напряжение на ванне (В)	Содержание анодного шлама (%)	Температура электролита
50000	100	>95	94	160–190	125	2,1	0,35–0,6	1,5–3	30–50

Цех электролизёра и дисковая литейная машина показаны на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Цех электролизёра



Рис. 3. Дисковая литейная машина

4. Факторы, влияющие на качество электролитического свинца

4.1. Химический состав исходного свинца

Химический анализ свинца-сырца, используемого на нашем заводе, приведён в таблице 2.

Таблица 2

Химический анализ свинца-сырца (%)

	Pb	Cu	Sb	Sn	Bi	As
Закупаемый свинец-сырец	85–95	0,2–0,4	0,6–6,9	0,6–4,6	0,6–3,4	0,6–3
Свинец-сырец, производимый у нас	91–93	0,1–1,8	0,7–2,9	0,2–2,6	0,4–1,3	0,5–2,5

Как можно видеть из таблицы 2, используемый в нашей компании свинец-сырец отличается низким содержанием свинца и высоким содержанием примесей, а его чистота никак не соответствует сертификатам других производителей (более 96 % свинца).

Закупаемый и производимый на заводе свинец подвергается первичному пирометаллургическому рафинированию, после которого качество свинца значительно улучшается. Его отливают в аноды на литейной машине.

Химический состав анода показан в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав анодов на нашем заводе (%)

	Pb	Cu	Bi	Sb	Sn
Анодный свинец	95–97	0,03–0,1	0,9–2,3	1–3	0,08–0,2

Как можно видеть из таблицы 3, после первичного рафинирования качество свинца повышается, особенно по Cu и Sn, содержание последних в основном достигает требований электролиза. Хотя содержание Bi высоко, при балансировании с содержанием Sb можно гарантировать, что анодный шлам, образовавшийся при электролизе, будет достаточно прочным, чтобы не упасть в электролит. Таким образом, это может гарантировать чистоту электролита, обеспечить качество осадка свинца.

4.2. Химический состав электролита

Электролит состоит из кремнефтористоводородной кислоты, фторсиликата свинца и воды, но также содержит и металлические примеси. Обычно главное – контролировать основные компоненты в определённых пределах и держать примеси на минимальном уровне, поддерживая более высокую чистоту электролита. Хороший контроль за основными компонентами электролита – общей кислотой, свободной кислотой и свинцом, может обеспечить лучшую кристаллизацию свинца, чтобы повысить выход по току, уменьшить расход энергии, поддерживать стабильное напряжение на ванне. Всё это положительно сказывается на качестве продукта. При нормальном электролизе концентрация примесей в электролите не накапливается до опасного уровня, но концентрированное взмучивание резервуара, ненадлежащий контроль над чистотой анодного свинца легко могут вызвать растворение электроположительных металлов в электролите, что серьёзно повлияет на качество выделившегося свинца. Составы электролитов нашего завода и других известных китайских производителей приведены в таблице 4.

Таблица 4

Составы электролитов китайских производителей

Пункт	Наш завод	Шэньян	Чжучжоу	Шаогуан	Шанхай	Янцзы
Абсолютная кислота	120–170	170–190	155–170	100–150	145–150	150
Свободная кислота	70–100	90–100	90–95	60–80	80–90	63
Свинец	60–110	110–130	90–110	60–100	80–90	125

Из таблицы 4 можно видеть, что состав электролитов на нашем заводе и у других известных китайских производителей не слишком отличается друг от друга, но иногда имеет пониженное содержание свинца.

4.3. Текущий контроль при электролизе

В процессе электролиза сила тока непосредственно влияет на качество выделяющегося свинца. Если качество анода слишком низко, высокая плотность тока не может быть использована. В этом случае напряжение на ванне будет слишком высоким, в результате чего такие электроположительные металлические примеси, как медь и висмут, могут раствориться с анода, а они не могут быть удалены щелочным рафинированием. Следовательно, для получения высокочистого катодного свинца плотность тока должна контролироваться в соответствии с характеристиками анода.

4.4. Качество действий и ответственность за них

Согласно нашему долгому промышленному опыту в процессе электролиза, многие проблемы с качеством часто бывали вызваны ненадлежащей технологией.

5. Специальные меры для производства высококачественной продукции

5.1. Шихтовка свинца-сырца и первичное пирометаллургическое рафинирование

Поскольку компания использует исходные материалы многих производителей и исходный свинец имеет неодинаковое качество и разное содержание примесей, необходимо хорошо подобрать шихту перед пирометаллургическим рафинированием. Чтобы получить требуемое содержание примесей в свинце, исходный свинец высокой чистоты шихтуется со свинцом низкой чистоты. Обычно содержание мышьяка и сурьмы в аноде поддерживается равным 0,6–1,8%. Если же содержание серебра и висмута в исходном свинце высоко, в анодном свинце необходимо поддерживать более высокое содержание мышьяка и сурьмы.

Поскольку исходные материалы не соответствуют требованиям, для улучшения их качества нужно использовать исходное пирометаллургическое рафинирование свинца-сырца. Для операции по удалению примесей был использован 25-тонный плавильный котёл. Хорошо расшихтованный исходный свинец расплавлялся и температура поддерживалась равной 350 °С, чтобы при перемешивании отделить медь. После удаления медных дроссов температура была повышена до 700–750 °С с добавлением NaOH для окислительного удаления олова при перемешивании. После первичного пирометаллургического рафинирования слитки были переплавлены в анодном котле и были добавлены опилки, чтобы удалить оставшуюся медь. Жидкий свинец был разлит в аноды при помощи дисковой литейной машины.

Химические составы анодного свинца на нашем заводе и у известных китайских производителей сравниваются в таблице 5.

Таблица 5

**Химический состав свинцовых анодов на нашем заводе
и у известных китайских производителей**

Производитель	Pb	Cu	Sb	Sn	Ag	Bi	As
Наш завод	95–97	0,03–0,1	1–3	0,08–0,2	0,1–0,18	0,9–2,3	0,2–1
Шэньян	98,17	0,045	0,85	0,01		0,20	0,25
Чжучжоу	98,61	0,042	0,63	0,015		0,25	0,31
Кунминг	98	0,03–0,05	0,2	0,4–0,6			0,35
Шаогуан	98,5	0,06	0,4–0,6			0,02	0,1–0,2
Шанхай	>95	0,04	0,8–1,3	1,0–1,8			
Янцзы	98,5	0,03	0,25–0,5				

Как можно видеть из таблицы 5, по сравнению с известными отечественными технологиями степень чистоты анода на нашем заводе ниже. Особенно высоки содержания основных примесей в анодном свинце (Cu, Sb и Bi), значительно выше, чем у других производителей. В основном, отечественные производители требуют, чтобы содержание Cu в анодном свинце было менее 0,06%, содержание Sb должно быть в диапазоне 0,35–1,3% и содержание Bi не должно превышать 0,6%. Однако, максимальные содержания Cu, Sb и Bi в нашем анодном свинце достигают 0,1%, 3% и 2,3% соответственно. Особенно высоки содержания Sb и Bi – в 2,3 и 9,2 раза выше, чем у других отечественных производителей.

5.2. Управление процессом электролиза и постоянный состав электролита

Чтобы обеспечить качество продукции, важно управление процессом электролиза. Оно включает в себя техническое управление и управление качеством операций. Хорошее управление технологией означает контроль над основными техническими условия-

ми, включая состав электролита, силу тока, циркуляцию электролита и качество анодного шлама и промышленной воды. Наши основные технические условия:

Сила тока: 6300–6700 А

Скорость циркуляции электролита: 20–35 л/мин на одну ванну

Температура электролита: 30–50 °С

Расстояние анод-анод: 90 мм

Продолжительность электролиза: 96 ч

Напряжение на ванне: 0,35–0,8 В

Добавки: клей 0,3–0,8 кг/т Pb, β-нафтол 3–8 г/т Pb

Контроль над основными компонентами электролита: ΣH^+ 120–170 г/л,

Pb^{2+} 60–110 г, H^+ 70–110 г/л

Состав электролита нашей компании показан в таблице 6.

Таблица 6

Состав электролита нашей компании (г/л)

Pb^{2+}	ΣH^+	H^+	Cu	Sb	Bi	Ag	F^-
65	140	96	0,00043	0,016	0,0166	0,00018	2,5

Как можно видеть из таблицы 6, наши содержания основных компонентов электролита находятся в нормальных пределах, а примеси – на низком уровне, что создаёт очень хорошие условия для выделения высокочистого катодного свинца.

Таблица 7 представляет состав электролита на нашем заводе и у известных отечественных производителей.

Таблица 7

Состав электролита на нашем заводе и у известных отечественных производителей

Пункт	Наш завод	Шэньян	Чжучжоу	Шаогуан	Шанхай	Янцзы
Общая кислота	120–170	170–190	155–170	100–150	145–150	150
Свободная кремне-фтористоводородная кислота	70–100	90–100	90–95	60–80	80–90	63
Свинец	60–110	110–130	60–100	60–100	80–90	125

Если судить по основным компонентам электролита, его состав на нашем заводе примерно такой же, как и на других.

Состав электролита и концентрация примесей на нашем заводе в сравнении с контрольными стандартами завода в Чжучжоу приведены в таблице 8.

Таблица 8

Состав электролита и концентрация примесей на нашем заводе в сравнении с контрольными стандартами завода в Чжучжоу (г/л)

Название завода	Общая кислота	Pb	Свободная кремне-фтористоводородная кислота	Cu	Ag	Bi	Sb	Sn	Fe	F
Наш завод	120–170	60–110	70–100	<0,002	<0,001	<0,02	<0,5	<1	<3	<3
Пример	139	60	96	0,00043	0,00018	0,016	0,016	0,165	0,56	2,5
Чжучжоу	140–180	80–120	80–95	<0,002	<0,001	<0,002	<0,8	<1	3–4	<3

Как можно видеть из таблицы 8, основные компоненты электролита на нашем заводе в отношении примесей (за исключением Bi) находятся в пределах контрольных стандартов завода в Чжучжоу. Это гарантирует производство высокочистого электролитического свинца.

5.3. Выбор плотности тока

Плотность тока подбирается в зависимости от чистоты анодного свинца и технологическими условиями, чтобы стабилизировать качество осадка свинца. Чистота осадка свинца выше 99,96%, обеспечивая, что общая доля таких примесей, как Cu, Ag, Bi и т. д., которые не могут быть удалены при щелочном рафинировании, на 10 ppm ниже национального стандарта.

Таблица 9 представляет список технологических условий электролиза на нашем заводе и у известных китайских производителей.

Таблица 9

**Сравнение технологических условий электролиза на нашем заводе
и у известных китайских производителей**

Пункт	Единица измерения	Наш завод	Шэньян	Чжучжоу	Кунминг	Шаогуан
Объём	т/г	50000	60000	70000	20000	30000
Сила тока	А	6300–6700	12000	5000–7000	3600–4800	6000
Плотность тока	А/м ²	160–190	180–230	140–210	180–240	160
Расстояние анод-анод	мм	90	80–90	95	80	90
Температура электролита	°С	30–50	37–45	40–50	35–45	35–45
Скорость циркуляции электролита	л/мин	20–35	15–30	22–30	18–20	20–30
Эффективный размер катода	мм	700 x800	1000×670	800 x700	730 x630	760 x700
Количество катодов в ванне	шт.	38,39	33,39	33	25	37
Период работы катода	дней	4	2	2	3–4	3
Эффективный размер анода	мм	770×650×25	890×625×25	760 x660×25	690×590×20	720×660×15
Вес анода	кг	88–92	90–95	110–120	70–80	75
Количество анодов в ванне	шт.	37,38	32,38	32	24	36
Период работы анода	дней	4	4	4	3–4	3
Время между чистками ванны	мес.	5	4	6–8	3	6
Внутренний размер ванны	мм	3500×800 ×1200 3600×800 ×1200	3200×750 ×1210 3200×750 ×1300	3200×800 ×1100 3200×800 ×1250	2200×740 ×1000 3500×740 ×1000	3340×790 ×1070
Количество ванн	шт.	192	250, 108	192, 240	332, 180	224
Материалы ванны		Железобетон	Железобетон	Железобетон	Железобетон	Железобетон
Футеровка ванны		Гибкая пластмасса	Асфальтовая мастика	Асфальтовая мастика, гибкий ПВХ	Асфальтовая мастика	Асфальтовая мастика

Данные таблицы 9 показывают, что наш завод использует более низкую плотность тока. Это важная мера для обеспечения высокого качества электролитического свинца при использовании анода с высоким содержанием примесей. В общем, чем ниже степень чистоты анода, тем ниже должна быть плотность тока. Высокая плотность тока легко может привести к увеличению напряжения на ванне и, как следствие, к растворению электроположительных металлических примесей с анода и их выделению на катоде. Это, в свою очередь, повлияет на качество свинца.

Касаемо управления процессом электролиза, в частности, требования к составу электролита, стабильности и выбору оптимальной плотности тока гарантируют качество катодного осадка свинца. В таблице 10 качество катодного осадка свинца сравнивается с таковым для других известных китайских производителей.

Из таблицы 10 несложно увидеть, что качество осадка свинца на нашем заводе и на заводе в Чжучжоу практически одинаково. В частности, содержание таких примесей, как Cu, Ag, Bi и т. д., которые не могут быть удалены при щелочном рафинировании, ниже, чем на заводе в Чжучжоу, что, соответственно, гарантирует производство высокочистого электролитического свинца. Такие примеси, как олово и сурьма, в нашем свинце выше, чем на заводе в Чжучжоу, но они могут быть снижены при последующем пирометаллургическом рафинировании до уровня 0,0002 % и 0,0003 % соответственно. Таким образом, качество осадка свинца на нашем заводе может быть гарантировано.

Таблица 10

Сравнение качества катодного осадка свинца с другими известными китайскими производителями

Название завода	Pb	Cu	Ag	Sn	Bi	Sb	As
Наш завод	99,988	0,0003	0,0001	0,005	0,0007	0,005	0,0005
Шэньян	99,996	0,00032	0,00021	след	0,0002–0,0004	0,001–0,008	0,0003–0,0004
Чжучжоу	>99,98	0,0004	0,00047	0,0005	0,003	0,001	0,0005
Шаогуан	99,99	0,0002	0,0002	0,0007	0,003	0,001	0,0005
Кунминг	99,9	0,00031	0,0003	0,02–0,05	0,0025		
Шанхай	99,9	<0,0005	<0,0003		<0,003	<0,0005	

Конечно, качество катодного осадка свинца связано с концентрацией примесей в анодном шламе. Таблица 11 представляет типичный состав нашего анодного шлама в сравнении с другими известными китайскими производителями.

Таблица 11

Типичный химический состав анодного шлама в сравнении с другими известными китайскими производителями

Название завода	Pb	Bi	Au	Ag	Te	Sb	Cu	As	Se	Sn
Наш завод	10–12	15–25	0,014	3,5		28–38	4	9–11		
Шэньян	8–10	5–8	0,32	15,35	0,43	45–55	0,6	2–3	<0,2	
Чжучжоу	8–10	~12	0,051	10,25	0,43	20–30	1,63	12–13	0,2	1–2
Шаогуан	10	5–6	0,025	14–16		38–40	5–7	0,3		
Кунминг	20	10	0,02	5	0,1	18	0,8	<1		1–3
Шанхай	10–15	3–5	0,03	1–1,5		15–25	1,0	15–20		15–20

Как можно видеть из таблицы 11, наши аноды отличаются от анодов других известных производителей высоким содержанием висмута. Это показывает, что наш процесс подходит для переработки свинца-сырца низкого качества с высоким содержанием висмута и меди, используя улучшенную технологию производства высокочистого электролитического свинца.

Таблица 12 представляет сравнение основных технико-экономических показателей отечественных производителей.

Таблица 12

Сравнение основных технико-экономических показателей отечественных производителей

Пункт	Единица измерения	Наш завод	Шэньян	Чжучжоу	Шаогуан	Кунминг
Выход по току	%	94	92,5–97	94–96	95–97	97–98,83
Напряжение на ванне	В	0,35–0,6	0,4–0,6	155–170	0,4–0,5	0,3–0,45
Прямой расход электроэнергии	кВт·ч/т	125	120–145	90–95	120–125	100–111
Содержание анодного скрапа	%	30–35	38	90–110	45–50	34–40
Содержание анодного шлама	%	1,5–3	1,84		1,5–2,5	1,5–2,5
Удельный расход кремнефтористо-водородной кислоты	кг/т	4–4,5	1,75–2,95		2,5	2–2,6

Кроме того, таблица 12 показывает, что выход по анодному шламу выше, чем у других производителей, прочие основные технико-экономические показатели приблизительно совпадают. Высокий выход по анодному шламу означает, что технология электролиза эффективна.

5.4. Заключительное пирометаллургическое рафинирование

После электролиза катодный свинец всё ещё содержит следы As, Sb, Sn и т. д., которые должны быть удалены, дабы достигнуть качества электролитического свинца, более

высокого, чем национальный стандарт. Чтобы обеспечить стабильное производство электролитического свинца чистотой 99,997%, мы уделяем большое внимание заключительному пирометаллургическому рафинированию.

Во-первых, важно мытьё катода. Опускание катодного свинца в кипящую ванну и отмачивание в воде может полностью устранить адгезию шлама к аноду и предотвратить попадание шлама в тигель для рафинирования. Во-вторых, перед отливкой проводится технологическая операция заключительного рафинирования с использованием смешанного окислительного и щелочного рафинирования. Сначала в течение часа при контролируемой температуре проводилось окислительное, затем щелочное рафинирование с визуальным определением оценки образца. Наконец, в ходе отливки рафинированного свинца в слитки температура формы должна контролироваться, чтобы обеспечить качество слитков по внешнему виду как металла первого класса по национальному стандарту.

После заключительного пирометаллургического рафинирования получается электролитический свинец – конечный продукт рафинирования свинца-сырца.

6. Эффект

Вследствие реализации соответствующих мер, с момента начала операции год назад наша компания выпустила электролитический свинец со 100% выходом по свинцу первого класса, тогда как выход по высокочистому свинцу превышает 95%.

Таблица 13 показывает их химический состав.

Таблица 13

Химический состав

Номер партии	Pb	Cu	Bi	Ag	As	Sb	Sn	Zn	Fe
09611	99,9975	0,0004	0,0006	0,0002	0,00036	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
09825	99,9974	0,0004	0,0008	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
10210	99,9975	0,0004	0,0006	0,0002	0,00032	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
10330	99,9974	0,0006	0,0006	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002

Таблица 14 показывает сравнение качества электролитического свинца с другими отечественными производителями.

Таблица 14

Сравнение качества электролитического свинца с другими отечественными производителями, %

Пункт	Национальный стандарт GB-469-83	Наш завод	Шэньян	Чжучжоу	Кунминг
Pb	99,994	99,99745	99,9984	99,9974	99,9972
Cu	0,001	0,00047	0,00026	0,00039	0,00034
Ag	0,0005	0,0002	0,00033	0,00024	0,00016
Bi	0,003	0,00063	0,00052	0,00138	0,0005
Sb	0,001	0,0003	0,00007	0,0001	0,00062
Sn	0,001	0,0002	0,000093	0,0001	0,00011
As	0,0005	0,00032	0,00008	0,0001	0,0002
Zn	0,0005	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002
Fe	0,0005	0,0002	0,000093	0,00017	0,0002

Как можно видеть из таблицы 14, чистота свинца нашей компании достигла уровня 99,997% или выше, при содержании примесей существенно ниже, чем требуется национальным стандартом для свинца первой степени. Принимая во внимание низкое качество наших исходных материалов, технология нашего процесса рафинирования свинца занимает ведущую позицию среди аналогичных заводов страны.

7. Заключение

Посредством хорошего контроля за содержанием примесей и их пропорциями в анодном свинце, жёсткого управления различными процессами в технологии рафинирования возможно производить высокочистый свинец электролизом из свинца-сырца низкого качества. Данная технология производит высокочистый свинец для потребителей и увеличивает прибыль завода.