УДК 669.243.82

Б.Э.ЗАТИЦКИЙ, Л.В.ВОЛКОВ
ОАО «Институт Гипроникель», Санкт-Петербург
А.Н.ГОЛОВ, С.Л.ЦАПАХ, О.А.ХОМЧЕНКО
Комбинат «Североникель» ОАО «Кольская ГМК», Мончегорск

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОХЛОРИРОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СУЛЬФИДНЫХ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ ПОЛУПРОДУКТОВ

Приводится описание технологии производства никеля, основанной на хлорном выщелачивании сульфидных полупродуктов. На примере основных переделов продемонстрированы особенности и преимущества хлорной технологии.

Nickel production technology based on chlorine leaching of sulfide raw materials is described. Peculiarities and advantages of the chlorine leaching technology are demonstrated by the example of main processes, constituting the technology.

Россия является мировым лидером в производстве никеля, качество которого соответствует требованиям потребителей, однако себестоимость сырья весьма высока. Одной из причин этого является тот факт, что Россия осталась практически единственной страной в мире, использующей трудоемкую и материалоемкую технологию, включающую рафинирование черновых анодов. Альтернативным вариантом является схема, включающая электроэкстракцию. По составу растворов, характерному для гидрометаллургии Ni, Co и Cu, очевидны два решения: сульфатное и хлоридное. Никельсодержащее сульфидное сырье (штейн, файнштейн, концентрат), содержащее вариантные количества меди, подвергают окислительному выщелачиванию, соответственно, хлором с получением хлоридного раствора или кислородом в автоклаве с получением сульфатного раствора. Раствор подвергают очисткам (гидролитическим, экстракционным, сорбционным), выводят Cu в виде отдельного продукта для последующей переработки в медном производстве (либо разделение происходит на стадии выщелачивания), отделяют Co и подают на электролиз с нерастворимыми анодами. В первом варианте выделяющийся на аноде хлор используется в качестве окислителя для выщелачивания сырья, во втором – на автоклавное выщелачивание подают кислый сульфатный анолит.

Применительно к комбинату «Североникель» в качестве одного из вариантов реконструкции рассматривается технология, головной передел которой представлен хлорным выщелачиванием никелевого концентрата (НК) от разделения файнштейна. Особенность проведения процесса хлорного выщелачивания заключается в том, что практически он может быть реализован только с участием ионов-медиаторов. В зависимости от состава сырья и схемы процесса медиаторами выщелачивания служат ионы меди или железа. Высокая (до 40 г/л) концентрация ионов меди в растворе выщелачивания обеспечивается организацией связки головных переделов выщелачивания и медеочистки. Хотя обычно говорят о выщелачивании НК, большая его часть направляется не на хлорное выщелачивание, а на операцию медеочистки. Раствор хлорного выщелачивания глубоко очищается от меди смесью НК и серы и направляется на последующие операции очистки, а медный кек возвращается на вы-

щелачивание. Таким образом, медь претерпевает процедуры практически полного растворения на переделе хлорного выщелачивания и глубокого осаждения на переделе медеочистки. В условиях непрерывного поступления в переработку НК происходит накопление меди в растворе. Для стабилизации ее концентрации на желательном уровне (скажем, 40 г/л) и обеспечения материального баланса схемы необходима организация канала вывода меди в количестве, равном ее поступлению с НК (в нем ~3 % меди). Здесь возможны многочисленные варианты, как то: цементация, осаждение сульфидов, электроэкстракция, жидкостная экстракция. Таким образом, в цикле выщелачивание – медеочистка обращается значительное количество меди, обеспечивающее требуемую для быстрой кинетики концентрацию медиатора, а часть раствора хлорного выщелачивания (отсечка) или весь раствор направляется на частичное обезмеживание с извлечением меди в продукт, удобный для дальнейшей переработки. Вместо серы используется часть остатка выщелачивания, на 90 % представленного элементарной серой. Бльшая часть серного остатка хлорного выщелачивания, содержащего первые проценты никеля и меди, и благородные металлы, направляется на выплавку серы, которая может служить побочным продуктом производства, обогащение и аффинаж. Осаждение смесью НК и серного остатка вместо традиционной цементации применяется по двум причинам: во-первых, реализация технологии исключает передел производства никелевого порошка, а во-вторых, в концентрированном хлоридном растворе цементация не обеспечивает достаточно глубокой медеочистки (остаточное содержание меди в растворе даже при избытке никелевого порошка – граммы в литре). Процесс очистки смесью НК и серного остатка обусловлен различием в произведениях растворимости сульфидов никеля и меди. Тот факт, что на медеочистке никель переходит в раствор, позволяет рассматривать ее как первую стадию выщелачивания.

В действительности, процесс медеочистки реализуется по довольно сложному механизму: столкновение частицы серы с отрицательно заряженной частицей НК, передача отрицательного заряда поверхности частицы серы, образование адсорбированного иона S^{2-}, связывание его с ионом Cu, осаждение сульфида меди на поверхности частицы серы. Механизм продвижения фронта реакции вглубь зерна представляет собой предмет отдельного исследования.

После очисток от Fe и Co концентрированный никелевый раствор направляется на очистку от малых примесей и электроэкстракцию. На переделах очистки поток раствора в варианте электроэкстракции на порядок ниже требуемого при электрорафинировании. Конечно, циркуляция на самих ваннах не может быть уменьшена в 10 раз. Более того, в разработанной схеме съем Ni из раствора, подаваемого в ванны, составляет лишь 6 г/л, что определяется рециркуляцией анолита, смешиваемого с питающим раствором. Циркуляция в ванне, таким образом составляет 150 мл/(А·ч) (против 70 мл/(А·ч) при электрорафинировании), но эта циркуляция определяет лишь производительность насосного и бакового оборудования на последней стадии гидрометаллургических переделов. Столь высокая циркуляция в ванне определяется особенностями ее конструкции и характером процессов при электроэкстракции. Катодное пространство в ванне общее, а нерастворимые аноды (ОРТА) помещены в отдельные ячейки, подключенные к аспирационной системе отбора анолита. Отсутствие индивидуального дозирования питающего раствора в катодные пространства и определяет запас в циркуляции, обеспечивающий как гарантированное отсутствие попадания хлора в катодное пространство, так и обеднение анолита в отдельных ячейках по Cl^-.

Использование зарубежного опыта производства никеля по хлорной технологии затруднено двумя принципиальными обстоятельствами: крайней ограниченностью

фактической информации по параметрам западных технологий и уникальным составом нашего сырья, характеризующегося высоким содержанием благородных металлов.

Поэтому на протяжении последних лет в Институте Гипроникель проводится комплексная программа научно-исследовательских работ, лабораторных и пилотных испытаний, проектных, конструкторских и экономических проработок, направленных на создание такой технологии, которая оказалась бы не только действенной, но и экономически оправданной для наших условий. Глубоко изучены процессы хлорного выщелачивания и медеочистки, и сегодня мы можем говорить о возможности управления процессами с получением продуктов требуемого состава, проведены пилотные испытания переделов медеочистки, экстракционной кобальтоочистки. На опытной ванне проведены длительные испытания электроэкстракционного извлечения никеля и кобальта с утилизацией анодного хлора. Для сегодняшнего уровня разработки технико-экономический расчет показывает высокую эффективность хлорной технологии со сроком окупаемости менее 4 лет, при том, что новая информация, полученная в ходе последних исследований, указывает на дополнительные возможности повышения эффективности.