Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова, т.ХХУШ, 1978 г.

ПЛАВКА ОКИСЛЕННЫХ И СУЛЬФИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЕЧАХ С ПОГРУЖЕННЫМ ФАКЕЛОМ

Е.И.ЕЖОВ, Б.Ф.ВЕРНЕР, О.А.РЫЖОВ, А.А.ГАЛЬНБЕК

О б щ а я х а р а к т е р и с т и к а п л а в к и. В практике производства тяжелых цветных металлов все большее распространение получают новые технологические процессы, основанные на улучшении условий тепло- и массообмена, использовании в качестве интенсификатора кислорода и подогретого дутья (за счет вторичных энергоресурсов) и применении более экономичных видов топлива.

В институте "Гипроникель" на основе фьюмингования разработан процесс плавки в печи с погруженным факелом (процесс ПФ). Новая технология универсальна, применима для переработки как сульфидного, так и окисленного рудного сырья. Особенности процесса следующие:

I. Плавка ведется в расплаве, т.е. руда, концентрат или любые металлургические полупродукты загружаются в печь на расплав. Через фурмы, погруженные в расплав, подается топливо и окислитель. В качестве окислителя может использоваться воздух; воздух, обогащенный кислородом; горячее дутье и чистый кислород.

В настоящее время в укрупненно-лабораторном масштабе для переработки сульфидного сырья успешно опробован способ подачи чистого кислорода через фурмы с защитной газовой оболочкой. Возможна также совместная подача через те же фурмы концентрата и кислорода. В качестве топлива может быть использован природный газ, мазут или пылеуголь.

2. Плавка в печи ПФ не требует специальной и дорогостоящей подготовки сырья. В печь может загружаться руда крупностью до 50-60 мм любой влажности, концентрат влажностью до I5%.

3. Гидродинамика процесса плавки в печи ПФ такова, что погруженная в расплав газовоздушная струя (или струя кислорода в смеси с азотом или газом защитной оболочки) распадается на систему отдельных пузырей, что приводит к явлению барботажа, характеризующегося большой величиной межфазной поверхности взаимодействия.

Это обеспечивает высокую эффективность передачи тепла от факела к расплаву и от расплава к твердой шихте, поступающей на плавку. Экспери-

ментально установлено, что в условиях плавки в печи с погруженным факелом коэффициент теплоотдачи от расплава к твердому телу составляет 6000–9500 ккал/(м^2·ч.$^\circ$С), что и предопределяет высокие плавильные возможности агрегата. Кроме того, во всем объеме ванны печи (по характеру смешения агрегат близок к реакторам идеального смешения) наблидается интенсивный массообмен. Интенсивный барботаж расплава газовым факелом создает также хорошие условия для коагуляции дисперсных частиц сульфидов и резко выраженного скоростного разделения жидких фаз при переработке сульфидного сырья.

4. При плавке сульфидных материалов степень десульфуризации регулируется в довольно широких пределах.

Недостатком нового процесса являются большие (до 60%) потери тепла с отходящими газами и охлаждающей водой, поэтому для повышения эффективности технологии необходимо решать вопросы утилизации запыленных отходящих газов и изыскивать рациональные методы охлаждения печи.

С у л ь ф и д н о е с ы р ь е. Первые плавки сульфидного сырья были проведены на укрупненной установке института "Гипроникель" (площадь пода печи 0,5 м^2) в 1965–1966 гг. с рядовыми концентратами НГМК (никелевым и медным) и никелевой рудой комбината "Печенганикель". Параллельно были проведены лабораторные исследования процессов взаимодействия расплавленной руды с природным газом, продуваемым через расплав.

Этой серией испытаний были установлены: 1) возможность переработки руды без ее предварительной подготовки; 2) высокий проплав руды и концентратов: на воздушном дутье, имеющем температуру 300–350°С, проплав, несмотря на малые размеры печи и несовершенство загрузки, достигал 24 т/(м^2·сутки); 3) высокая степень десульфуризации; 4) высокая скорость разделения фаз: полное выделение штейна из расплава, выпущенного из печи в отстойник, практически завершалось через 10–15 мин, что свидетельствует об укрупнении частиц сульфидов в процессе самой плавки.

Полупромышленные испытания данной технологии проводились совместно "Гипроникелем", МИСиСом, "Гинцветметом" и Норильским комбинатом на установках НГМК в 1969–1974 гг. В ходе опытов была показана принципиальная возможность осуществления непрерывного процесса плавки с применением природного газа и дутья, обогащенного кислородом.

При плавке с применением природного газа на дутье, обогащенном кислородом до 30%, удельный проплав составил 70–80 т/(м^2·сутки), расход газа 2–3% от массы шихты. При содержании в исходном концентрате 22,7% меди, ее содержание в штейне колебалось (в зависимости от режима дутья) от 40 до 60%, степень десульфуризации достигала 65%. Отходящие газы содержали 12–14% SO_2, пылевынос составлял 0,5–1,0% к массе шихты. Извлечение меди и никеля в штейн при плавке на богатый продукт (в штейне содержалось примерно 55% меди) составило 96–98%.

Дальнейшее развитие процессов переработки сульфидного сырья в печах с погруженным факелом связано с переходом на автогенный режим плавки с использованием кислородного дутья (непогруженного или погруженного в расплав с подачей защитного газа). При отработке защитной технологии важно

117177

Ленинградский Горный Институт

обеспечить эффективное и безопасное охлаждение фурменного пояса плавильного агрегата. Этого можно добиться применением системы водовоздушного охлаждения, разработанной Ленинградским горным институтом.

О к и с л е н н ы е н и к е л е в ы е р у д ы. Переработка окисленной никелевой руды в печи с погруженным факелом предполагает следующую последовательность технологических операций.

Исходная руда дробится до крупности 50 мм, подсушивается до влажности 15% (для обеспечивания нормальной транспортировки шихты) и поступает на плавку непосредственно в печь с погруженным факелом. Плавка ведется с использованием газообразного, жидкого или пылеугольного топлива на подогретом дутье или дутье, обогащенном кислородом. Процесс может быть организован как в периодическом, так и в непрерывном режиме.

В настоящее время отработан периодический процесс в печи с погруженным факелом. После наплавления порции шихты загрузка руды прекращается и в этой же печи расплав восстанавливается с помощью твердого восстановителя.

Восстановленный расплав гранулируется водой, измельчается до крупности -0,4 мм и подвергается мокрой магнитной сепарации. В результате получаются хвосты, идущие в отвал, и магнитный концентрат, который поступает на плавку и рафинирование в случае получения товарного ферроникеля или подвергается дополнительной переработке для раздельного извлечения никеля и кобальта.

Испытания по данной технологии первоначально были проведены в укрупненно-лабораторном масштабе в институте "Гипроникель" в 1968-1972 гг. Исследования позволили установить основные закономерности технологического процесса и оценить перспективность и высокую эффективность новой технологии в сравнении с существующим и вновь разрабатываемыми процессами переработки окисленных никелевых руд.

В 1973-1974 гг. на установке Буруктальского завода (площадь пода печи 3,2 $м^2$) проведены два этапа полупромышленных испытаний по данной технологии.

За этот период было проплавлено около 3 тыс.т руды. В качестве исходного сырья использовалась окисленная никелевая руда Уфалейского месторождения. Магнитная сепарация гранулированного материала осуществлялась на установке непрерывного действия производительностью 1 т/сутки. Результаты испытаний при дутье с содержанием кислорода 25 и 29% следующие:

	25%	29%
Удельный проплав сухой руды, т/($м^2$·сутки)	18,5	29,7
Удельный расход на 1 т сухой руды:		
мазута, кг	300	264
кислорода в нормальных условиях, $м^3$	154	194
угля, кг	122	122
Извлечение из гранулированного материала в магнитный концентрат, %		
никеля	91,6	95,5
кобальта	83,4	89,3

Содержание в магнитном концентрате, %:		
никеля	17,85	23,5
кобальта	0,81	0,82
Содержание в отвальных хвостах, %:		
никеля	0,094	0,084
кобальта	0,007	0,008

Полученные данные позволяют считать созданную технологию весьма перспективной для предприятий, перерабатывающих окисленные никелевые руды. В соответствии с ТЭО, разработанными институтом "Гипроникель" и утвержденными МЦМ СССР, экономический эффект от ее внедрения на Уфалейском никелевом комбинате и Режском никелевом заводе составит 9,6 млн.руб./год.