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

СЕГРЕГАЦИОННЫЙ ОБЖИГ ПИРРОТИНОВЫХ ОГАРКОВ В ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ

А.К.ОРЛОВ, И.Н.ПИСКУНОВ, Н.М.ТЕЛЯКОВ

Опыты по сегрегационному обжигу пирротиновых огарков в лабораторной трубчатой вращающейся печи периодического действия [2] показали перспективность данного метода для переработки рассматриваемого вида сырья, поэтому исследования были продолжены в укрупненно-лабораторном масштабе.

Была сконструирована[x] и изготовлена трубчатая вращающаяся печь непрерывного действия (см. рисунок) с наружным электрообогревом реакционной зоны силитовыми стержнями. Реактор печи (общая длина 1560 мм) представляет трубу из нержавеющей стали 8 с вделанной в нее фарфоровой трубой 7 внутренним диаметром около 70 мм. Реактор опирается на ролики 12 и мо-

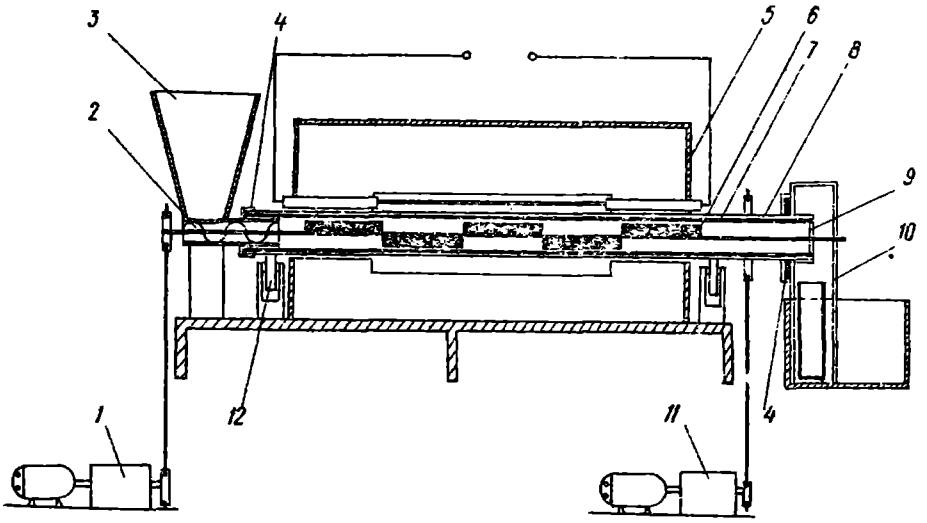


Схема укрупненно-лабораторной установки сегрегационного обжига: 1 – привод питателя; 2 – шнековый питатель; 3 – загрузочный бункер; 4 – сальниковое уплотнение; 5 – электрическая печь; 6 – скребок; 7 – футеровка реактора (фарфоровая труба); 8 – корпус реактора (труба из нержавеющей стали); 9 – ограничительное кольцо; 10 – разгрузочная коробка; 11 – привод печи; 12 – опорные ролики

[x] В разработке конструкции печи принимал участие Ю.М.Смирнов.

жет вращаться с частотой 10-60 об/мин. Шихта в печь загружается шнековым питателем 2 со скоростью 0,5-3 кг/ч. Гребенка 6, изготовленная из нержавеющей стали, неподвижно закреплена со стороны загрузочного конца и служит для предотвращения налипания материала на стенки реактора.

Для исследований использовали пробу пирротинового концентрата, содержащую 1,4% Ni, 0,81% Cu, 0,048% Co, 50,26% Fe, 21,67% S, 2,68 SiO_2, 1,22 Al_2O_5, 0,18% CaO, 0,47% MgO. Окислительный обжиг концентрата после его окатывания на чашевом грануляторе до крупности -3 мм проводили при температуре около 800°С в укрупненно-лабораторной печи "КС" в лаборатории восстановительных процессов института "Гипроникель". Для сегрегационного обжига использовали огарок крупностью -0,630 мм, содержащий 1,8% Ni, 1,0% Cu, 62,83% Fe, 0,32% S.

Сегрегационный обжиг проводили в условиях, близких к оптимальным [2]: температура около 950°С, расход хлористого кальция и кокса соответственно 8 и 4% от массы огарка. Шихту загружали со скоростью 700 г/ч, частота вращения реактора 10 об/мин. Зона реактора, в которой протекают процессы сегрегации составляла 480 мм. Границы ее со стороны загрузочного и разгрузочного концов соответствовали температуре 870 и 880°С, что при 20% заполнения печи шихтой отвечало времени пребывания ее в реакционной зоне около 56 мин. Для предупреждения попадания кислорода в реактор из разгрузочной коробки в нее подавали азот с расходом 3 $дм^3$/мин. За время опыта в печь было загружено 3,5 кг шихты.

Из полученного продукта сегрегационного обжига были отобраны четыре навески по 85 г, флотационное разделение которых было проведено при ранее принятом реагентном режиме [2] и различном (3-10 мин) времени измельчения. Лучшие результаты были получены при времени измельчения 8 мин (см. таблицу).

Таким образом, результаты опыта подтвердили возможность достижения хороших показателей при проведении сегрегационного обжига пирротиновых огарков в трубчатой вращающейся печи непрерывного действия с наружным обогревом.

Следующим этапом исследования трубчатой печи, как агрегата для сегрегационного обжига пирротиновых огарков, являлось выполнение ориентировочных технологических расчетов для оценки возможности поддержания необходимой температуры в печи, путем прямого нагрева шихты за счет сжигания природного газа.

Расчет вели в соответствии с принципиальной технологической схемой переработки пирротинового концентрата, предложенной в работе [2]. Был взять пирротиновый концентрат следующего состава: 2,58%Ni, 1,44% Cu, 0,075% Co, 53,1% Fe, 33,5% S. Было принято, что в огарке после окислительного обжига пирротинового концентрата содержится около 0,5% S, цветные металлы находятся в нем в виде ферритов, а железо в основном в виде Fe_2O_3 и частично в виде Fe_3O_4. Огарок поступает в трубчатую печь нагретым до 700°С, хлористый кальций и кокс (соответственно 8 и 4% от массы огарка) - при комнатной температуре.

На основании результатов лабораторных исследований степень разложения хлористого кальция в печи была принята равной 70%. Для упрощения рас-

Материал	Выход, %	Содержание,% / Распределение,%				
		Ni	Cu	Co	Fe	S
Концентрат I	9,12	15,85 / 89,0	7,24 / 80,4	0,203 / 34,4	42,75 / 6,25	1,87 / 89,0
Концентрат II	3,10	1,29 / 2,6	0,89 / 3,4	0,051 / 2,9	59,57 / 2,98	0,41 / 6,4
Хвосты	87,78	0,16 / 8,4	0,15 / 16,2	0,039 / 62,7	63,92 / 90,87	0,01 / 4,6
Исходный	100,00	1,62 / 100,0	0,82 / 100,0	0,054 / 100,0	61,85 / 100,0	0,19 / 100,0

чета условно считали, что Ni , Cu и Co из окислов полностью превращаются в свободные металлы. В продукте сегрегационного обжига 5% Fe находится в виде свободного металла, неизменным остается количество FeS , а остальное железо примерно в равных количествах находится в виде FeO и $(Ca,Fe)Fe_2O_4$. Состав кокса и природного газа был взят из работы [I] , а объемное отношение CO_2 CO в технологических газах на основании исследований принято равным 5:I. Природный газ сжигается при теоретическом расходе воздуха. Температура в реакционной зоне 950°С, у отходящих газов 800°С, а у продукта сегрегационного обжига 950°С. Потери тепла через стенки печи и неучтенные потери приняты равными I5% от общего прихода тепла.

Расчет показал, что при принятых условиях расход природного газа составит примерно 5,6 м³ в нормальных условиях на I00 кг пирротинового огарка. По результатам расчета был составлен ориентировочный тепловой баланс сегрегационного обжига пирротинового огарка:

Приход тепла, %		Расход тепла, %	
С пирротиновым огарком .	22,79	С продуктами обжига	31,85
С коксом и хлористым кальцием	0,09	На эндотермические реакции	23,85
С воздухом	2,56	С технологическими газами	3,66
С природным газом	0,36	С газами от сгорания природного газа	25,71
При сгорании природного газа .	74,20	Потери через стенки печи	14,94

Данные теплового баланса свидетельствуют о значительных затратах тепла на эндотермические реакции (около I46 ккал/кг пирротинового огарка). С теплотехнической точки зрения реализация такого теплового баланса не представляет трудностей, так как расход природного газа невелик. Зато большой отрицательный эффект проявляется в результате разбавления технологических газов топочными, расчетный объем которых почти в 8 раз превышает объем технологических газов (соответственно 7,2 и 56 м³ в нормальных условиях на I00 кг огарка), а также вследствие высокого содержания в газовой фазе паров воды (около I6,8% по объему). Напротив, содержание в газовой фазе

хлористого водорода за счет разбавления топочными газами резко снижается (примерно до 3,8%). Таким образом будут создаваться весьма неблагоприятные условия для стадии хлорирования окисленных соединений никеля хлористым водородом. Следовательно, на успешную промышленную реализацию сегрегационного обжига пирротинового огарка при таком способе нагрева шихты рассчитывать нельзя. Не решает проблемы и предварительный нагрев огарка до 1100°С.

Существенная доля тепла эндотермических реакций в процессе сегрегационного обжига приходится на восстановление Fe_2O_3 до Fe_3O_4. Известно, что Fe_2O_3 восстанавливается до Fe_3O_4 довольно легко, поэтому был рассчитан тепловой баланс сегрегационного обжига пирротинового огарка для случая, когда он не только нагревается до 1100°С, но Fe_2O_3 при этом полностью восстанавливается до Fe_3O_4. Расход природного газа на стадии сегрегационного обжига при таком варианте снижается до 2,5 $м^3$ в нормальных условиях на 100 кг огарка. Объем топочных газов уменьшится до 26 $м^3$ в нормальных условиях, а содержание в газовой фазе HCl и паров воды соответственно составит около 7,3 и 14,7%. Такие условия уже могут быть приемлемыми для сегрегационного обжига. При этом нужно иметь в виду, что в слое шихты содержание HCl должно быть фактически выше, а паров H_2O – ниже этих величин.

Значительный интерес представляет вариант прямого нагрева предварительно гранулированной до 10-20 мм смеси огарка с хлористым кальцием и коксом, поскольку в этом случае внутри каждой гранулы создается микроатмосфера, благоприятная для успешного протекания процессов сегрегационного обжига. Подобный вариант успешно испытан в Японии на пилотной установке производительностью 10 т/сутки применительно к окисленным никелевым рудам [3]. Одним из существенных его недостатков является необходимость охлаждения огарка перед окатыванием, а затем повторный нагрев гранул.

Литература

1. Диомидовский Д.А. Металлургические печи цветной металлургии. М., Металлургия, 1970.

2. Пискунов И.Н., Орлов А.К., Смирнов Ю.М. и др. – Цветные металлы, 1976, №12, с. 26-28.

3. M.Ibuki – Nickel segregation. Procudings of the Panel Diseussion on nickel segregation. New-Jork, 1972, p.285-310.