

П.К. НИКОЛАЕНКО

(Украина, Кривой Рог, Государственное ВУЗ "Криворожский национальный университет")

ВЛИЯНИЕ РУДОПОДГОТОВКИ НЕКОНДИЦИОННОЙ ГЕМАТИТОВОЙ РУДЫ ИНДИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями. Железисто-кремнистые формации докембрия пользуются глобальным распространением и являются основным источником железорудного сырья планеты. Крупные железорудные месторождения этого типа выявлены и эксплуатируются на всех континентах и в частности в Индии. Богатые гематитовые руды железисто-кремнистой формации Индии являются продуктом оруденения слоистых гематитовых кварцитов, известных также под названиями "полосчатые гематитовые яшмы" или "джеспилиты". Пространственно богатые руды и гематитовые кварциты находятся в постоянной ассоциации.

Наиболее широко породы и руды железисто-кремнистой формации распространены на территории штатов Бихар, Орисса, Химачал-Прадеш, Мадхья-Прадеш, Гоа, Майсур и других регионов Индии.

В процессе их отработки на дробильно-сортировочных фабриках (ДСФ) накапливаются два вида железо-содержащих отходов: низкокондиционные (45-55% железа) и некондиционные (30-45% железа). Их общее количество только в границах разрабатываемых месторождений Индии, по разным оценкам, составляет 3-5 млрд т. В настоящее время изучается возможность производства из этого исходного материала – кондиционного железорудного сырья с общим содержанием железа не ниже 60%.

К основным особенностям низко- и некондиционного железорудного сырья изученного района штата Орисса (Индия) относится неоднородность его минерального, химического состава, физических, технических свойств и, как следствие, – его обогатимости. В этом состоит главная проблема разработки эффективной технологии производства из низкокондиционного исходного сырья высококачественного полезного конечного продукта.

Основная причина – недостаточно эффективное раскрытие агрегатов рудных и нерудных минералов в процессе рудоподготовки, вследствие чего при обогащении в отходы поступает большое количество рудных частиц.

Постановка задачи. На сегодняшний день, главной задачей, при получении товарной продукции из низкокондиционных отсеков ДСФ, является достижение гарантированных качественных показателей в конечном продукте на уровне требований металлургов, для производства агломерата. Соответственно, содержание $Fe_{\text{общ}}$ должно быть не ниже 62%. Достижение данных качественных показателей возможно только при предварительном, селективном разрушении компонентов руды перед обогащением и создании условий для эффективного "сухого" обогащения дробленной руды. Одним из путей селективного разрушения, является разрушение за счет раздавливания кусков руды, осуществляемое

Підготовчі процеси збагачення

в роллер-прессах или валковых дробилках. При этом менее крепкие минералы интенсивно разрушаются и переходят в мелкие классы, а более крепкие разрушаются незначительно.

Автором было изучено влияние дробления низкокондиционного крупнокускового отсева ДСФ в валковой дробилке и классификации дробленого продукта на узкие классы перед "сухим" обогащением, на качественно-количественные показатели полученной товарной продукции.

Проведение исследований. Работа проведена на низкокондиционном крупнокусковом отсева ДСФ месторождения штата Орисса (Индия) крупностью 40-0 мм, с применением лабораторной валковой дробилки, стержневой мельницы, воздушного и барабанного магнитного сепаратора с индукцией 0,7 Тл.

Минералогический анализ исходного материала приведен в табл. 1 и показал следующее.

Основными рудными минералами исходного сырья являются зернистая (мартит) и пластинчатая (железная слюдка) разновидности гематита. Они характеризуются относительно высокой плотностью (5200 кг/м^3) и повышенной по сравнению с другими рудными минералами удельной магнитной восприимчивостью.

Для гетита характерны более низкие показатели плотности ($4500-5000 \text{ кг/м}^3$) и удельной магнитной восприимчивости.

Таблица 1

Минеральный состав исходного материала	
Минералы	Содержание минералов, %
Гематит,	65,4
<i>в том числе:</i>	
мартит	44,3
железная слюдка	18,0
дисперсный гематит	5,1
Гидроксиды железа,	13,3
<i>в том числе:</i>	
гетит	8,8
лепидокрокит	1,6
дисперсный гетит	2,9
Минералы группы кремнезема,	3,8
<i>в том числе:</i>	
кварц	1,6
халцедон	1,7
опал	0,5
Силикаты,	13,0
<i>в том числе:</i>	
каолинит	11,3
гидрослюда	1,7
Недиагностированные минеральные фазы	0,5
Всего	100,0

Землистые агрегаты дисперсного гематита и дисперсного гетита содержат примесь каолинита, гидрослюд и других тонкокристаллических силикатов. Эти агрегаты характеризуются низкой механической прочностью, склонностью к

Підготовчі процеси збагачення

переходу в пылевидное состояние при дроблении и измельчении. Вследствие мелкозернистости (размер индивидов обычно не более 0,005 мм) дисперсный гематит и дисперсный гетит практически невозможно отделить от нерудных минералов с использованием традиционных методов обогащения.

Кварц является более редким по сравнению с силикатами нерудным минералом. Его зернистые агрегаты присутствуют в виде мелких (до 3,0 мм) включений в рудных агрегатах.

С учетом минералогических особенностей исходного сырья, в процессе обогащения руды рекомендовано выделить следующие этапы:

1) в связи с повышенной влажностью гематитового сырья в глубоких частях рудных складов, следует рассмотреть необходимость предварительной сушки исходного материала;

2) рудоподготовка, состоящая в дроблении руды до крупности, обеспечивающей достаточно эффективное раскрытие рудных и нерудных частиц (менее 1 мм);

3) обогащение, основной задачей которого является отделение агрегатов нерудных минералов от частиц гематита (мартита и железной слюдки).

Гранулометрический состав исходной пробы и распределение железа общего по классам крупности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав исходной пробы										
Гранулометрические фракции, мм	+5,0	5,0+2,0	2,0+1,0	1,0+0,5	0,5+0,25	0,25+0,16	0,16+0,1	0,1+0,05	0,05-0	Всего
Выхода фракций, %	6,85	35,35	17,55	10,80	7,55	3,60	2,75	2,70	12,85	100
Содержание железа общего, %	59,88	58,50	57,31	56,52	55,92	55,13	53,75	51,77	47,02	56,07

Анализ полученных результатов показывает, что в составе материала пробы содержание таких частиц крупностью более 1 мм составляет 59,75%, от общей массы материала пробы. Содержание же тонкозернистого материала крупностью менее 0,05 мм, с трудом поддающегося обогащению с использованием традиционных методов, в составе материала пробы невелико и составляет 12,85%. В целом наблюдается тенденция снижения содержания железа общего со снижением крупности. Из данных табл. 2 следует, что от наиболее крупнозернистого к наиболее тонкозернистому материалу пробы содержание железа закономерно уменьшается в связи с двумя обстоятельствами:

– агрегаты мартита и железной слюдки присутствуют, преимущественно, в составе крупных частиц;

– пылевидная нерудная (кремнисто-глинистая) составляющая накапливается, главным образом, в тонкозернистом материале изученных проб.

Целью исследования было, сравнение показателей обогащения при разрушении минералов в руде дроблением и измельчением, что связано с их различной крепостью по Протодьяконову:

– мартит, железная слюдка – 5-8;

– каолинит – 1-2.

Підготовчі процеси збагачення

Целью технологических испытаний являлось изучение динамики процессов и работы обогатительных аппаратов с материалом исследуемой пробы, оценка возможности получения из низкокондиционного сырья концентрата с содержанием $Fe_{\text{общ}}$ не ниже 62% при максимально возможном его выходе.

Крупность дробления исходного материала определялась по минералогическим данным. Она должна была обеспечить достаточно эффективное раскрытие рудных и нерудных минералов с тем, чтобы по результатам обогащения был получен полезный конечный продукт с общим содержанием железа не менее 62 мас.%. По результатам минералогических исследований, это могло быть достигнуто при крупности частиц в продуктах дробления менее 1 мм.

При рудоподготовке, из материала технологической пробы, готовились две навески: первая додрабывалась в валковой дробилке, вторая – измельчалась "всухую" в стержневой мельнице. Конечная крупность дробления (измельчения) составляла 1-0 мм. Подготовленный материал направлялся на воздушную сепарацию. Результаты испытаний и химических анализов материала полученных продуктов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты воздушной классификации материала пробы, дробленого до крупности частиц 1-0 мм и распределение $Fe_{\text{общ}}$ по продуктам воздушной сепарации

Продукты	Дробление в валковой дробилке		Измельчение в стержневой мельнице	
	содержание $Fe_{\text{общ}}$, %	выход, %	содержание $Fe_{\text{общ}}$, %	выход, %
Исходный	56,07	100,0	56,07	100,0
Камерный 1	62,91	27,7	59,97	14,9
Камерный 2	60,73	25,9	58,99	35,9
Камерный 3	54,05	19,5	58,49	14,9
Камерный 4 (пыль)	48,15	26,9	50,27	34,3
Камерный 1+2	61,8	53,6	59,3	50,8

Анализа данных табл. 3, показывает, что:

– после рудоподготовки руды в валковой дробилке, материал эффективно разделяется воздушной классификацией. При этом образуются продукты с содержанием железа общего от 48,15 до 62,91%. Выход пылевидной фракции составил 26,9%. Содержание железа общего камерном продукте 1+2 составило 61,8% при его выходе 53,6;

– после рудоподготовки руды в стержневой мельнице, имеет место относительно равномерное распределение железа общего по камерным продуктам 1-3 (58,49-59,97%) при его значении в пылевидных отходах-50,27% и их выходе 34,3%. Содержание железа общего в камерном продукте 1+2 составило 59,3% при его выходе 50,8%.

Таким образом, применение валковой дробилки для дробления данного вида сырья позволяет более селективно разрушить его компоненты, чем измельчение в стержневой мельнице, что при последующем обогащении обеспе-

Підготовчі процеси збагачення

чивает более высокие технологические показатели. Данный тип оборудования в виде промышленного аппарата – роллер-пресса рекомендован для применения в разрабатываемой технологии обогащения данного вида руды.

Однако применение валкой дробилки и воздушной сепарации дробленой руды, не позволило получить требуемое качество, конечной продукции – 62%.

Учитывая тенденцию распределения железа по классам крупности исходной руды (см. табл. 2), дробленный материал был разделен на узкие классы 5-3 и 3-0 мм, каждый из которых был подвергнут обогащению. Результаты исследований приведены в табл. 4 и 5.

Установлено, что "сухой" магнитной сепарацией из класса 5-3 мм может быть получен магнитный продукт с содержанием железа общего 62,3% при выходе его от исходной руды 46,7%. Воздушной сепарацией класса 3-0 мм был получен концентрат с содержанием железа общего 60,91% при выходе его от исходной руды 6,5%. Данные результаты были положены в основу разрабатываемой технологии.

Таблица 4

Выхода продуктов сухой магнитной сепарации фракций 5-3 мм, высеянных из класса дробленой руды крупностью 5-0 мм и содержание в них Fe_{общ}

Показатели	Крупность, мм		
	Выход от операции, %	Выход от исходной руды, %	Содержание Fe _{общ} , %
Исходный	100,0	53,4	60,56
Магнитный 1	4,1	2,1	61,74
Магнитный 2	24,0	12,9	65,88
Магнитный 3	59,4	31,7	60,85
Немагнитный	12,5	6,7	48,5
Суммарный магнитный 1+2+3	87,5	46,7	62,3

Таблица 5

Выхода продуктов воздушной сепарации фракций 3-0 мм, высеянных из класса дробленой руды крупностью 5-0 мм и содержание в них Fe_{общ}

Показатели	Крупность, мм		
	Выход от операции, %	Выход от исходной руды, %	Содержание Fe _{общ} , %
Исходный	100,0	44,3*	50,43
Камерный 1	13,9	6,5	60,91
Камерный 2	31,9	14,9	56,84
Камерный 3	54,2	25,2	43,97

* – 2,3% материала по выходу было удалено при сушке исходной руды.

Разработана технологическая схема обогащения, включающая разделение дробленного продукта на узкие классы и их раздельное обогащение магнитной и воздушной сепарацией, по которой может быть получен концентрат с содержанием железа общего 62,1% при его выходе 50,1%.

Рекомендуемая технологическая схема обогащения низкокondиционного

Підготовчі процеси збагачення

крупнокускового отсева ДСФ из руды штата Орисса приведена на рис. 1. Схема цепи аппаратов показана на рис. 2.

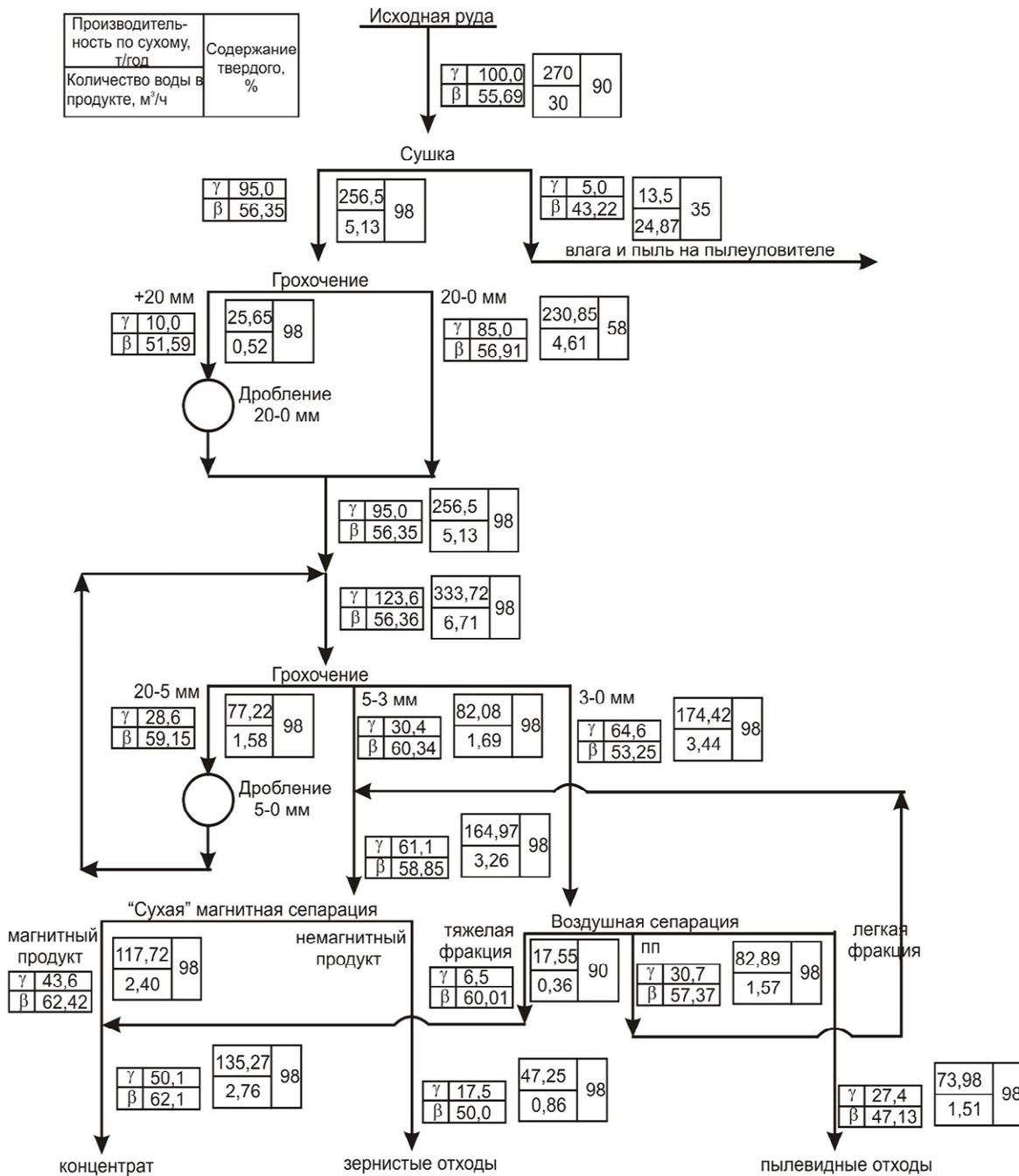


Рис. 1. Рекомендуемая технологическая схема обогащения низкокондиционного крупнокускового отсева ДСФ из руды штата Орисса

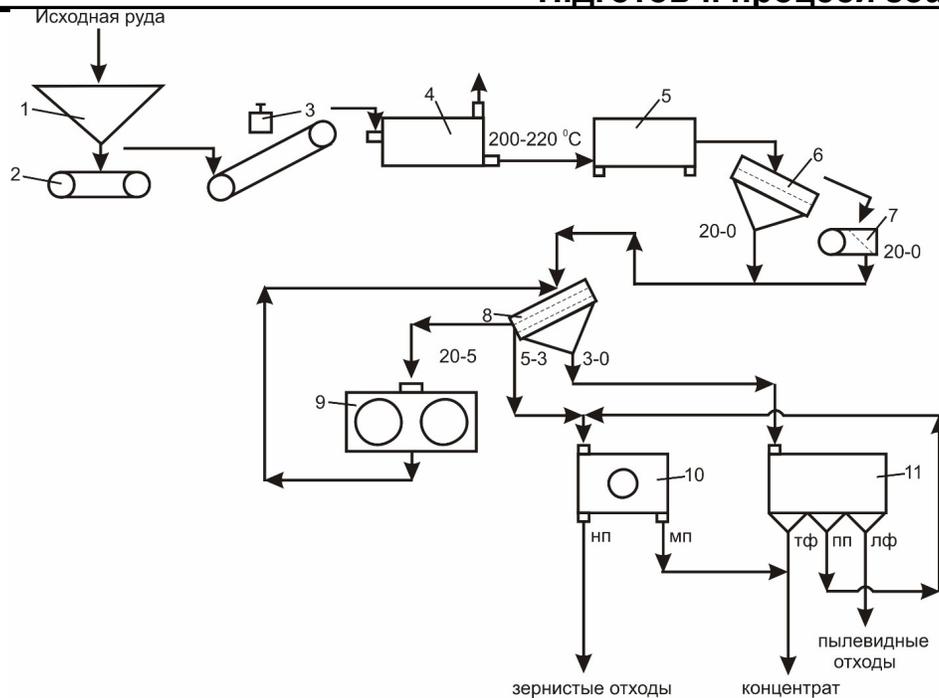


Рис. 2. Рекомендуемая схема цепи аппаратов обогащения низкокондиционного крупнокускового отсева ДСФ из руды штата Орисса:

- 1 – бункер; 2 – питатель BW1500; 3 – подвесной магнит RCYB-10;
 4 – сушильный аппарат; 5 – охлаждающий барабан 2,5×8,0 м;
 6 – односитный вибрационный грохот YK1848; 7 – щековая дробилка PE250×400;
 8 – двухситный вибрационный грохот 2YK2865; 9 – роллер-пресс DSRP 1204;
 10 – сухой магнитный сепаратор ВПБС-120/300; 11 – воздушный сепаратор САД-150

Выводы

1. Проведены исследования по обогатимости низкокондиционного крупнокускового железосодержащего отсева ДСФ полученного из гематитовой руды штата Орисса (Индия).

2. Выполнено сравнение и установлено, что применение для дробления исходной руды валковой дробилки позволяет более селективно разрушить ее компоненты, чем измельчение в стержневой мельнице, что при последующем обогащении обеспечивает более высокие технологические показатели.

3. Установлено, предварительное разделение дробленой руды на узкие классы и их раздельное обогащение позволяет получить требуемый концентрат с содержанием железа общего не ниже 62%.

4. Разработана технологическая схема "сухого" обогащения, включающая раздельную магнитную и воздушную сепарацию классов крупности дробленой в роллер-прессе руды, по которой может быть получен концентрат с содержанием железа общего 62,1% при его выходе 50,1%.

© Николаенко П.К., 2015

Надійшла до редколегії 26.02.2015

Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник