

УДК 622.7

А.С. КИРНАРСКИЙ, д-р техн. наук
(Германя, "Инжиниринг Доберсек ГмБХ"),
Г.А. ТАРАСЕНКО
(Россия, ОАО "Коршуновский ГОК")

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ В УСЛОВИЯХ КОРШУНОВСКОГО ГОКа

Введение

В условиях постоянного возрастания рыночного спроса и мировых цен на железную руду и железорудные концентраты при одновременном истощении богатых запасов минерального сырья, и увеличении капитальных и эксплуатационных затрат на добычу и обогащение горной массы особую значимость приобретает интенсификация технологического передела, качественное улучшение рудоподготовки и обогащения, а также повышение рентабельности производства. Именно такие задачи решаются в настоящее время на Коршуновском ГОКе.

Коршуновский ГОК, введенный в эксплуатацию в 1965 году, ежегодно перерабатывает 12,7 млн тонн магнетитовой руды при открытой ее разработке и последующем четырехстадиальном дроблении, двухстадиальном измельчении и гидроклассификации измельченной руды в замкнутом цикле с мельницами второй стадии, обесшламливания и мокрой магнитной сепарации раскрытых магнетитовых зерен.

Увеличение годовой переработки руды до 16,0 млн тонн потребует модернизации существующей технологической схемы как на этапе рудоподготовки, так и обогащения, при этом варьирование технологических приемов должно осуществляться на оригинальных решениях, позволяющих при умеренных капитальных затратах достичь максимальной эффективности, что и стало предметом настоящего рассмотрения.

1. Характеристика исходной руды

Обогатительная фабрика Коршуновского ГОКа перерабатывает магнетитовые руды Коршуновского, Рудногорского и Татьянинского, месторождений, представленных тремя основными разновидностями – брекчевидными, вкрапленными и массивными, при этом основной рудный минерал – магнезиоферрит (магномагнетит) и в незначительном количестве гематит, а к нерудным минералам следует отнести пироксен, гранат, амфибол, хлорит и кальцит. Содержание железа в магнетите коршуновской руды колеблется в пределах 63...68,5%, а в рудногорской – 68,8%. Руда Рудногорского месторождения частично мартитизирована. Гематит встречается

Загальні питання технології збагачення

как первичный минерал, а мартит развивается по периферии зерен магнетита.

Месторождение разрабатывается открытым способом, максимальная крупность руды – 1200 мм. Результаты ситового анализа исходной руды приведены в табл. 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав исходной руды Коршуновского ГОКа	
Класс крупности, мм	Выход классов, %
800–1000	0,1
500–800	0,68
300–500	3,60
200–300	9,42
150–200	7,14
100–150	8,12
50–100	12,22
20–50	11,42
0,00–20	47,30
Итого	100,00

Преобладающая вкрапленность зерен магнетита 0,04–0,09 мм в рудногорской руде и 0,1...0,15% – в коршуновской руде. Крепость по шкале М.М. Протодяконова для вкрапленных руд – 2...4, брекчевидных – 4...6, а массивных – 10...12. Плотность руды в целике – 2,1 т/м³, среднегодовая влажность – 5...8% (до 12%).

Специфическая особенность этих руд состоит в наличии большого количества глины, содержание которой достигает 10...15%, что затрудняет перемещение горной массы по транспортным трактам, ухудшает ее бункерование, нарушает процессы дробления и измельчения и снижает эффективность гидроклассификации измельченной руды.

Объем переработки по Коршуновскому, Рудногорскому и Татьянинскому месторождениях составил соответственно: 6,0; 5,8 и 0,9 млн тонн в год. В перспективе удельный вес Рудногорского месторождения будет возрастать и составит 6,0 млн тонн в год, в то время как на Коршуновском месторождении добыча упадет в 2015 году до 2,0 млн тонн в год, а что касается Татьянинского месторождения, то в ближайшее время переработка здесь останется на указанном уровне с последующим ее резким сокращением до 500 тыс. тонн в год.

Намечается также поставка руды с рудников Красноярского, Чинейского и Нерюндинского. Таким образом, основным поставщиком исходной горной массы на обогатительную фабрику является Рудногорский рудник, в руде которого среднее содержание железа составляет 40%, а крепость руды по шкале М.М. Протодяконова для этого рудника достигает 14.

Химический состав железосодержащих руд двух основных месторождений

Загальні питання технології збагачення

Коршуновского ГОКа приведен в табл. 2.

2. Организация обогатительного производства Коршуновского ГОКа

Рудоподготовка

Обогатительная фабрика Коршуновского ГОКа включает два корпуса крупного дробления и один корпус среднего и мелкого дробления, при этом дробление руды осуществляется в четыре стадии при приемке материала корпусом крупного дробления №1 и в три стадии при приемке руды корпусом крупного дробления №2 с предварительным грохочением перед третьей и четвертой стадиями. Подробная схема дробления представлена на рис. 1. Крупное дробление осуществляется в конусных дробилках типа ККД 1450/180 и

КРД 900/100 при степени дробления на первой стадии крупного дробления – 3,7...4 и на второй стадии – 1,36. Эти дробилки находятся в эксплуатации 35...42 года при нормативном сроке 15 лет. Дробленный продукт после крупного дробления поступает в бункера, откуда он направляется на грохочение в инерционных грохотах типа ГИТ-51 с получением подрешетного продукта крупностью менее 20 мм при его выходе 48,03% от операции и надрешетного продукта крупностью более 20 мм, направляемого на среднее дробление в шести конусных дробилках типа КСД-2200ГР, где руда дробится до крупности 80 мм и подвергается предварительному грохочению на инерционных грохотах типа ГИТ-51 с выделением подрешетного продукта крупностью менее 20 мм и надрешетного продукта крупностью более 20мм. Выход подрешетного продукта от операции составляет 27,27%. Надрешетный продукт дробится в дробилках мелкого дробления типа КМД-2200Т до крупности 20 мм. После рудоподготовки руда накапливается в бункерах.

Таблица 2

Химический состав железосодержащих руд Коршуновского ГОКа

Химические элементы и оксиды, %	Коршуновское месторождение	Рудногорское месторождение
Fe _{общ}	27,30	39,30
FeO	10,94	11,53
Fe ₂ O ₃	26,71	43,23
SiO ₂	27,46	13,40
CaO	13,26	9,90
MgO	11,12	8,30
Al ₂ O ₃	5,62	5,60
MnO	0,072	0,11
TiO ₂	0,435	0,31
P	0,144	0,95
S	0,041	0,06

Загальні питання технології збагачення

ППП		4,37		6,32
-----	--	------	--	------

Из ситового анализа дробленого продукта видно, что в руде следующего гранулометрического состава (табл. 3) содержание некондиционного класса составляет 24,9% при его содержании в исходной руде, отгружаемой из карьера, на уровне 52,7%. Такое закрупление материала перед измельчением объясняется значительным количеством глины в исходной руде, что вынуждает увеличивать щели дробилок и снимать сетки грохотов.

Загальні питання технології збагачення

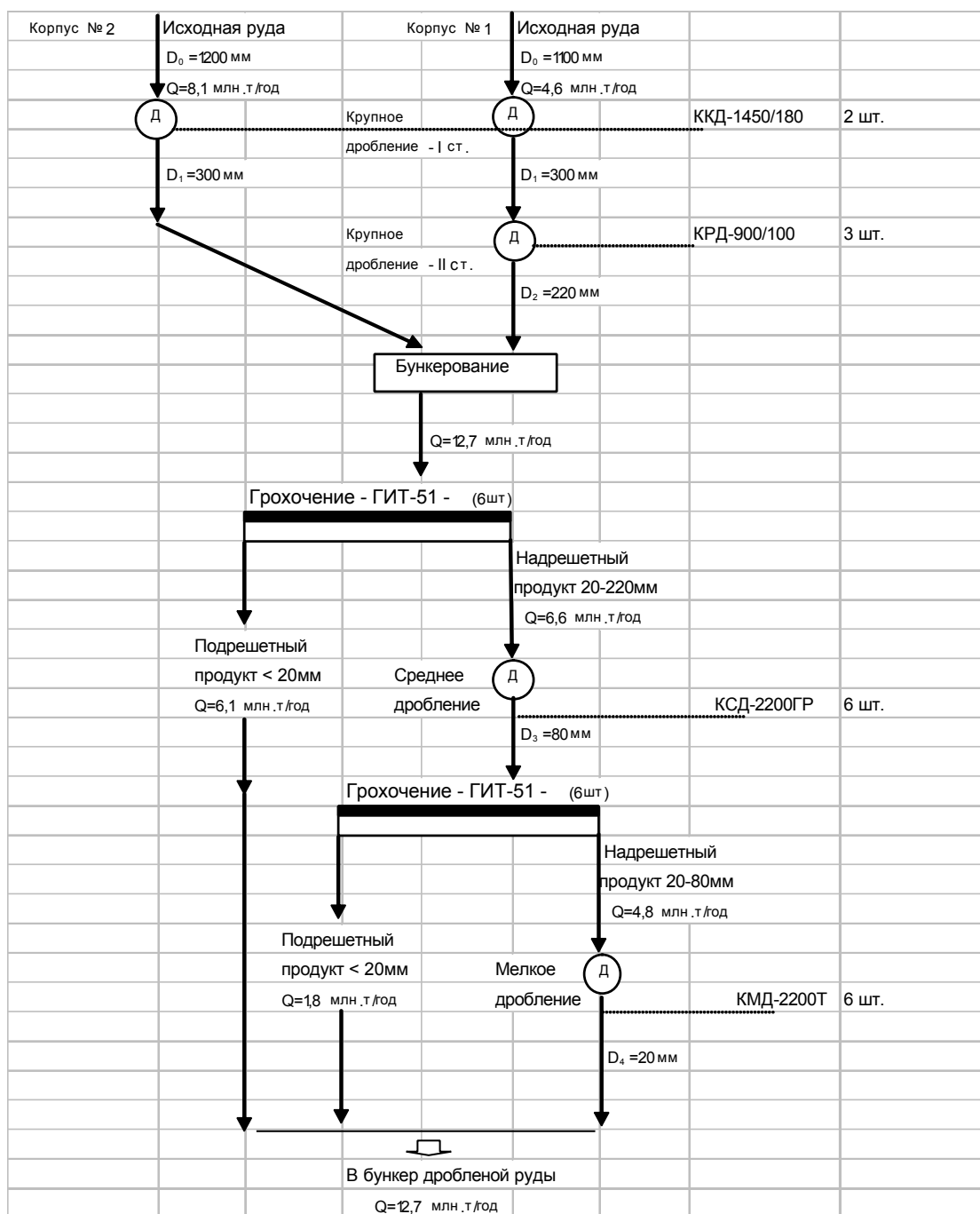


Рис. 1. Схема рудоподготовки на Коршуновском ГОКе

Таблица 3

Гранулометрический состав дробленой руды, поступающей на измельчение в стержневые мельницы типа МСЦ-3200×4500

Крупность классов, мм	Выход классов, %
Более 20	24,90
12,00 – 20,00	18,40
6,00 – 12,00	15,50

Загальні питання технології збагачення

4,00 – 6,00	8,20
0,53 – 4,00	13,00
0,07 – 0,53	11,00
0,00 – 0,07	9,00
Итого	100,00

Измельчение, гидроклассификация и магнитная сепарация руды

Согласно действующей технологической схеме обогащение руды осуществляется на 10 секциях (рис. 2). Дробленая руда измельчается на первой стадии в стержневых мельницах типа МСЦ-3200×4500. Средняя крупность слива стержневой мельницы при переработке смеси коршуновской и рудногорской руд составляет порядка 30% класса -74 мкм, при этом удельная производительность мельницы по указанному расчетному классу составляет 1,13 т/(м³·ч), а общая нагрузка колеблется в пределах от 252 т/ч (на коршуновской руде) до 185 т/ч (на рудной смеси руд Коршуновского и Рудногорского месторождений). Удельный расход стержней диаметром 100 мм равен 0,179 кг/т, а общая масса стержневой загрузки – 70 т.

После первой стадии измельчения руда без гидроклассификации подвергается мокрой магнитной сепарации (ММС) на магнитных сепараторах с прямоточной ванной типа ПБМ 90/250 с напряженностью магнитного поля 96...118 кА/м. Удельная производительность магнитных сепараторов изменяется в пределах от 36 до 40 т/(м·ч). В хвостах ММС первой стадии содержание железа не превышает 9%.

Промпродукт ММС направляется на вторую стадию измельчения в шаровую мельницу типа МШЦ-3,6×5,0, работающую в замкнутом цикле с гидроциклонами диаметром 750 мм и барабанными магнитными сепараторами с противоточной ванной. В качестве измельчающей среды используются стальные шары диаметром 60 мм в количестве 100 т. Удельная производительность мельницы по готовому классу составляет 0,88 т/(м³·час). Эффективность гидроклассификации не превышает 40%, при этом на сливе гидроциклонов содержание расчетного класса -74 мкм варьирует в пределах 59...65%.

Водно-шламовый комплекс обогатительной фабрики

Получаемый в процессе обогащения концентрат при содержании твердого 55% подвергается обесшламливанию в дашламаторах типа МД-5, при этом слив возвращается в оборот, а пески направляются на фильтрование. Удельная нагрузка на дашламатор – 3,86 т/(м²·ч) при паспортной 2,6 т/(м²·ч). Пески дешламаторов фильтруются в дисковых вакуум-фильтрах типа ДШ-68(63)-2,5У до влажности 10...11%. Удельная производительность вакуум-фильтров составляет 0,9...1,02 т/(м²·ч).

В зимний период обезвоженный на фильтрах осадок подвергается сушке до

Загальні питання технології збагачення

конечной влажности 2,0...2,5%, а летом сушка не используется.

В сушильном отделении обогатительной фабрики установлены восемь сушилок барабанного типа диаметром и длиной соответственно 3,5 и 27 м.

Пылеулавливание осуществляется механическим способом посредством батарейных циклонов и мокрых прутковых золоуловителей со скрубберами диаметром 3,3 м. В качестве топлива применяется мазут при расходе 12,3 т у.т. на тонну концентрата. Скрубберная вода из сушильного отделения подается в оборот.

Загальні питання технології збагачення

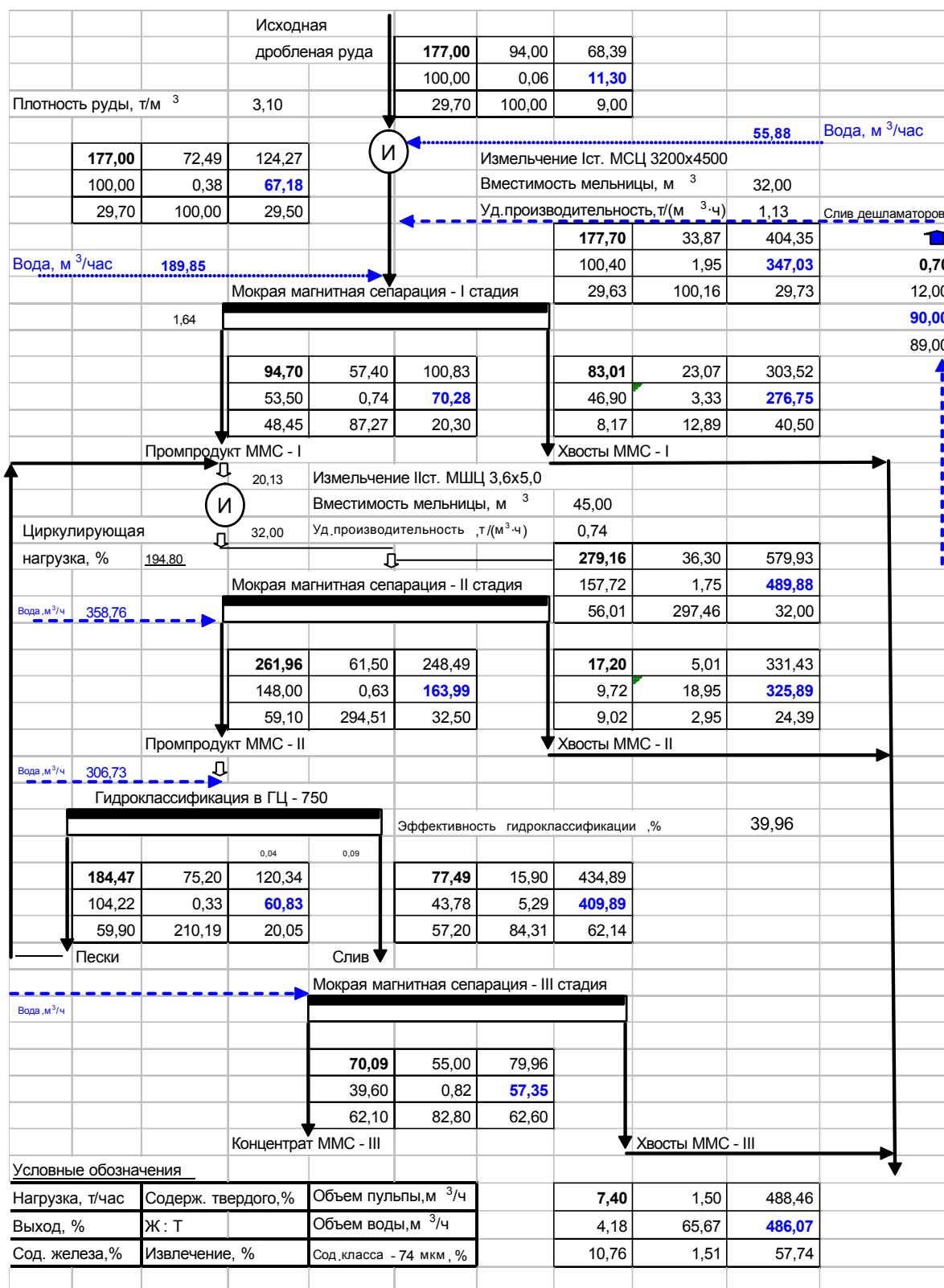


Рис. 2. Технологическая схема обогащения железной руды на Коршуновском ГОКе

Отвальные хвосты, выделяемые на трех стадиях мокрой магнитной

Загальні питання технології збагачення

сепарации, в виде хвостовой пульпы самотеком истекают на пульпо-насосную станцию (ПНС-I-II) первого и второго подъемов, откуда насосами она подается на ПНС-III-IV третьего и четвертого подъемов, а затем перекачивается в хвостохранилище для складирования в зимний период и намыва ограждающего дамбу пляжа летом.

Хвостовая пульпа осветляется в хвостохранилище, а затем через водосбросные колодцы и коллекторы направляется в качестве оборотной воды на обогатительную фабрику. Содержание твердого в оборотной воде после осветления равно 450 мг/л или в процентном исчислении 0,045%. Удельный расход воды в водно-шламовой схеме фабрики составляет 6,0 м³/т перерабатываемой руды.

Водно-шламовая схема фабрики изображена на рис. 3.

3. Анализ существующей технологии обогащения железной руды

Стадии рудоподготовки

Характерная особенность руд Коршуновского ГОКа – повышенная влажность и значительное содержание в ней глинистых минералов, что вызывает залипание материала в бункерах и перегрузочных трактах, на дробящих элементах рабочих органов дробилок и просеивающих поверхностях грохотов, в результате чего дробилки эксплуатируются с разгрузочными щелями завышенного размера, а ситовые поверхности забиваются, поэтому не достигается заданная степень дробления и эффективность грохочения. При таком содержании глины и влажности рядовой руды исключается применение измельчающих валков высокого давления.

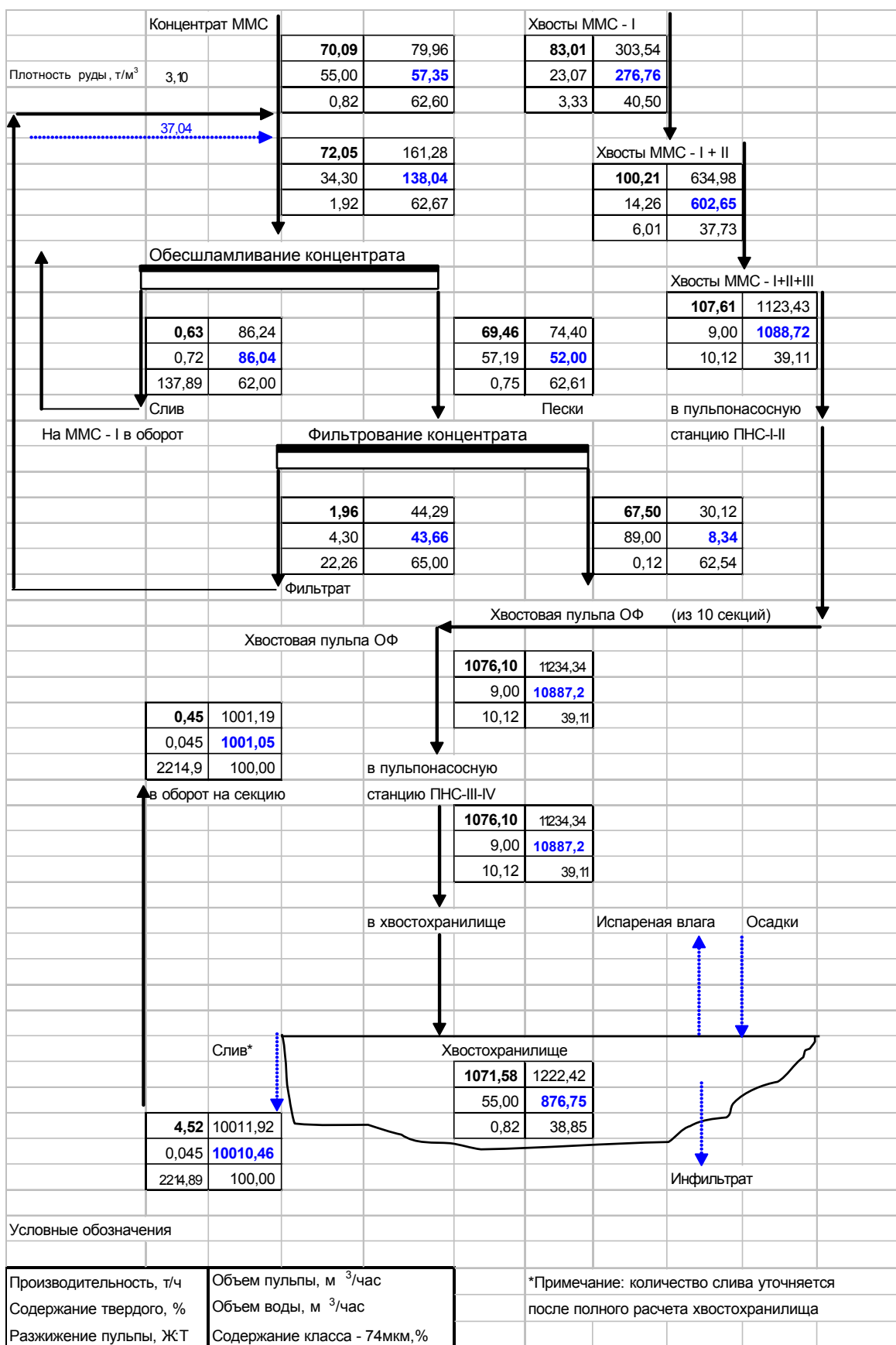
Для устранения указанных недостатков целесообразно произвести промывку исходной руды в две стадии после крупного дробления. На первой стадии отмывается вся исходная руда, после чего она подвергается грохочению по крупности 20 мм с выводом крупной отмытой руды крупностью +20 мм на среднее дробление в конусных дробилках типа КСД-2200Т. На второй стадии отмывается мелкая руда крупностью менее 20 мм, после чего она обезвоживается и поступает на предварительное обогащение посредством сухой магнитной сепарации. Крупная руда дробится последовательно на стадии среднего и мелкого дробления, классифицируется по крупности 12 мм и также направляется на сухое магнитное обогащение. Для мелкого дробления назначаются конусные дробилки типа КМДТ-2200Т.

Мелкое дробление дополняется измельчением в валках высокого давления, работающих в замкнутом цикле с инерционными грохотами. На измельчающие валки высокого давления загружается руда, предварительно обогащенная на магнитных сепараторах, что позволяет не только сократить нагрузку на эти аппараты, но и избежать попадания недробимых предметов типа кусков металла

Загальні питання технології збагачення

между дробящими валками. В этом случае уместно установить валки диаметром и шириной соответственно 2000 и 1500 мм, мощность привода которых составляет 4000 кВт, а частота вращения ротора приводного электродвигателя имеет три характерных режима: 495, 1500 и 1650 об/мин. Влажность руды, поступающей на измельчающий агрегат типа ИВВД, не должна превышать 9,6%, а оптимальная удельная поверхность питания может изменяться в пределах от 1200 до 1300 см²/г. Сам агрегат кроме валков включает питающий бункер, опорную раму, корпус, систему смазки, гидроузел и электропривод.

Загальні питання технології збагачення



Загальні питання технології збагачення

Рис. 3. Водно-шламовий комплекс обогатительной фабрики

Стадії обогачення

После промывки исходной руды, уменьшения ее крупности до 12 мм и предварительного сухого магнитного обогачення представляется возможным увеличить удельную и общую производительность мельницы первой стадии измельчения МСЦ-3200×4500. В качестве измельчающей среды здесь предпочтительнее использовать вместо стержней шары 70–80 мм. Мельница может работать в открытом или замкнутом цикле с гидроциклонами. На второй стадии измельчения в шаровых мельницах типа МШЦ-3600×5000, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами диаметром 750 мм, необходимо повысить эффективность гидроклассификации за счет перевода гидроциклонных установок в автоматический режим с применением системы "CONTICLASS®", при этом предпочтительнее использовать гидроциклоны меньшего диаметра, например, 500 мм. Повышение эффективности разделения материала по граничной крупности до 49...55% позволяет сократить количество непродуктивного класса менее 74 мкм в песках и, как следствие, имеет место снижение циркуляционной нагрузки, что позволяет изыскать резервы для интенсификации второй стадии измельчения и гидроклассификации.

Мокрая магнитная сепарация будет работать эффективнее при условии стадийного обесшламливания исходного продукта, поступающего на обогачення, что и предусмотрено перед первой и заключительной стадиями мокрой магнитной сепарации .

Стадії освітлення шламових вод

Водно – шламовий комплекс фабрики отличается большим количеством хвостовой пульпы и значительным ее разжижением (5...9%), высокой дисперсностью частиц твердой фазы (менее 70 мкм) и содержанием в них общего и магнитного железа на уровне 8,6 и 3,0% соответственно, наличием хвостохранилища Сухой Лог и большими потерями оборотной воды в нем (1200–1500 м³/ч), двух перекачивающих станций и применением напорных пульпопроводов большого диаметра, что свидетельствует о необходимости сгущения и возможности дообогачення сгущенных хвостов в отдельном цикле с применением как гравитационного оборудования типа противоточных гидросайзеров, конусных и винтовых сепараторов, так и магнитных сепараторов барабанного типа с низкой напряженностью поля.

4. Технологія обогачення руди з урахування інноваційних змін

На рис. 4 и 5 приведены принципиальные схемы рудоподготовки и обогачення железной руды Коршуновского рудного поля. Схема рудоподготовки (рис. 4) предполагает пятистадийное дробление, промывку

Загальні питання технології збагачення

крупной и мелкой руды, предварительное обогащение руды сухой магнитной сепарацией. При нагрузке по исходной руде 2700 т/ч на среднее дробление поступает 1422,9 т/ч, а остальная часть руды крупностью менее 20 мм отмывается от глины, обезвоживается на ситах и направляется на сухую магнитную сепарацию, где имеет место предварительное обогащение руды на стадии ее подготовки. Перед мелким дроблением производится грохочение по крупности 12 мм, при этом подрешетный продукт (менее 12 мм) идет на измельчение без предобогащения, а надрешетный продукт (более 12 мм) дробится в дробилках типа КМД до крупности 12 мм и подвергается сухой магнитной сепарации. Возможна и прямая подача дробленого продукта после дробилок типа КСД на предобогащение без отсева класса менее 12 мм. На стадии сухой магнитной сепарации выделяются отвальные хвосты, выход которых составляет 24,63% или 665 т/ч при содержании железа 24,0%. Такой дробленый материал может быть исходным продуктом для производства щебня. Глинистые отходы выделяются в количестве 135 т/ч при содержании железа в них на уровне 12,0%. Принимая отсев после среднего дробления массой 297 т/ч с содержанием железа 30,0%, приходим к выводу, что на измельчение поступает 1900 т/ч предобогащенной руды, в которой содержание железа равно 33,0%. Предварительная промывка и обогащение исходной руды позволяют добиться сокращения нагрузки на измельчительное отделение и улучшения качества исходной руды по содержанию общего и магнитного железа, повышения эффективности грохочения и гидроклассификации, уменьшения крупности дробленой руды и понижения ее прочности за счет удаления более крепкой породы с хвостами сухой магнитной сепарации (СМС).

Подготовленная по крупности, содержанию глины, контрастности магнитных свойств железная руда поступает на двухстадиальное измельчение в шаровые мельницы, работающие в открытом и замкнутом цикле с гидроциклонами, высокая эффективность гидроклассификации которых позволяет уменьшить количество готового класса в песках и, как следствие сократить величину циркулирующей нагрузки (рис. 5).

Для повышения селективности мокрой магнитной сепарации необходимо произвести обесшламливание материала перед первичной и заключительной операциями магнитного разделения.

Внедрение такой инновационной схемы обогащения позволит увеличить переработку и сократить потери ценного компонента с хвостами обогащения, улучшить качество выделяемого концентрата и поднять извлечение.

Выводы

1. Вещественный состав исходной железной руды Коршуновского ГОКа свидетельствует о значительном содержании в ней глины (10...15%), что затрудняет ее переработку как на стадии рудоподготовки, так и на стадии

Загальні питання технології збагачення

обогащения.

2. Для удаления глины и уменьшение влажности исходной руды необходима двухстадийная промывка как крупных, так и мелких классов с последующим сгущением глинистой суспензии и сбросом сгущенного продукта в хвостохранилище.

3. Отмытая руда подвергается дополнительному мелкому дроблению в валках высокого давления, работающих с предварительной сухой магнитной сепарацией и поверочным грохочением на грохотах, что позволит снизить крупность дробленого продукта, понизить его прочность и увеличить содержание в нем готового класса.

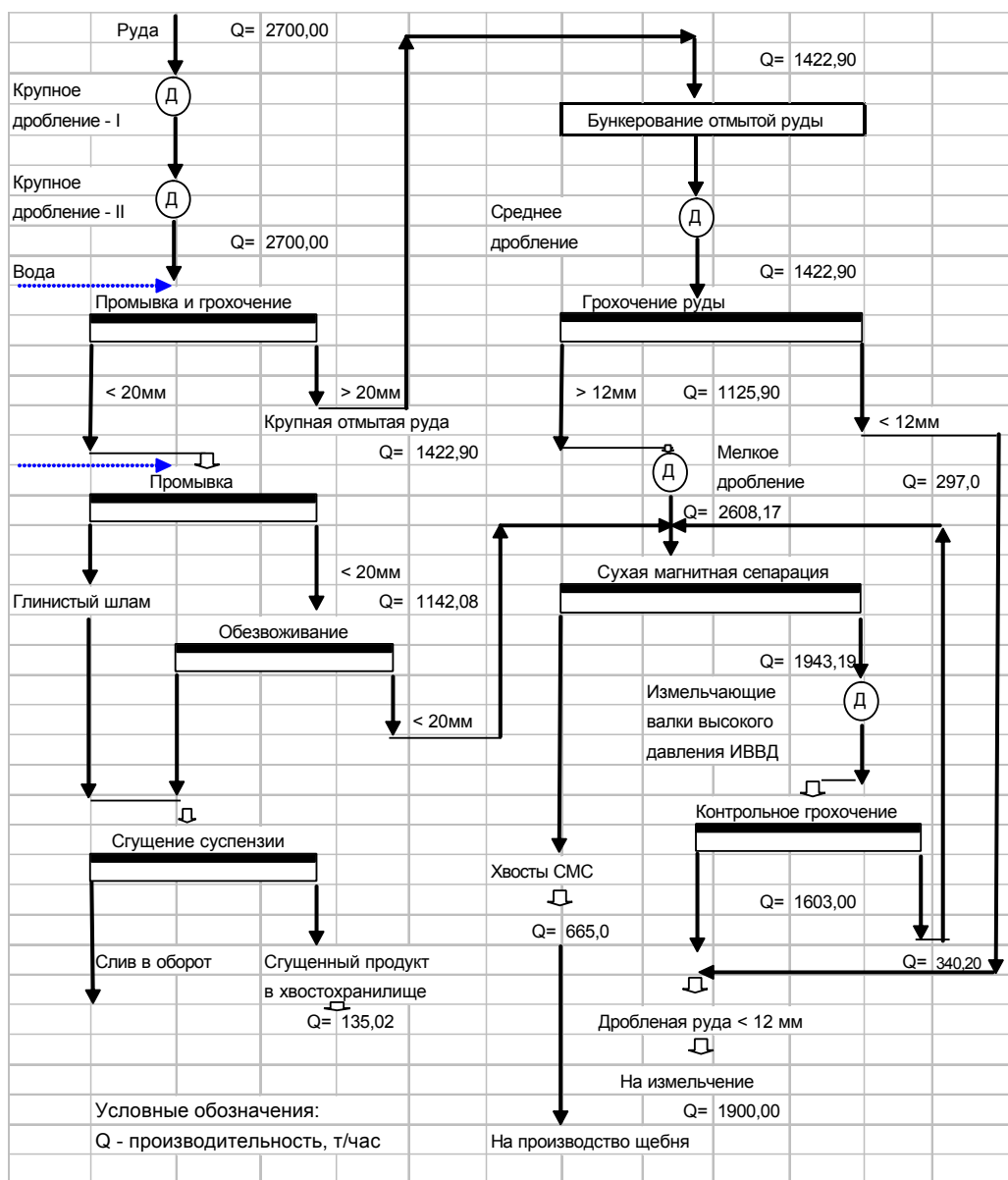


Рис. 4. Инновационная схема рудоподготовки для условий Коршуновского ГОКа

Загальні питання технології збагачення

4. При измельчении руды меньшей крупности и прочности повышается общая и удельная производительность мельниц первой стадии, работающих в режиме шарового измельчения и последующего обесшламливания помола перед мокрой магнитной сепарацией.

5. На второй стадии измельчения, работающего в замкнутом цикле с гидроциклонами, повышается эффективность гидроклассификации последних в результате чего достигается сокращение циркуляционной нагрузки.

6. Объем и характеристики хвостовой пульпы как по дисперсности и разжижению, так и по содержанию магнитного и общего железа указывают на необходимость сгущения и возможность дообогащения хвостов на предмет дополнительного извлечения ценного компонента.

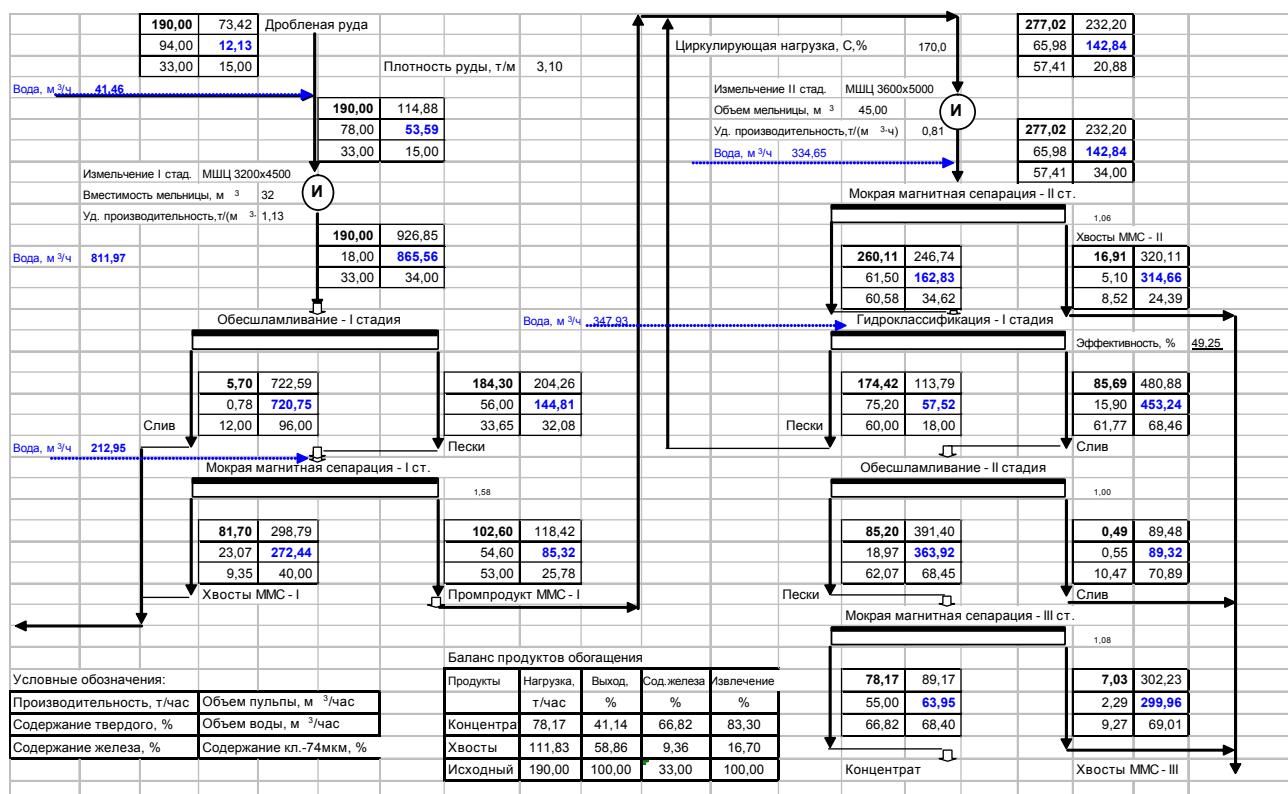


Рис. 5. Усовершенствованная технологическая схема обогатительной фабрики Коршуновского ГОКа

© Кирнарский А.С., Тарасенко Г.А., 2009

*Надійшла до редколегії 15.02.2009 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.765

3

Збагачення корисних копалин, 2009. – Вип. 36(77) – 37(78)