

Таким образом, изменение энергетического состояния измельчаемого материала характеризуется его гранулометрическим параметров. На основании зависимости изменения гранулометрического состава измельчаемого материала в данном аппарате можно прогнозировать гранулометрический состав готового продукта, время его получения и энергетические затраты.

Список литературы

1. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерность измельчения и исчисления характеристики гранулометрического состава. – М.: Металлургиздат. – 1959. – 437 с.
2. Лифлянд Д.И., Тунцов А.Г. Сравнение сухого измельчения в лабораторных шаровых мельницах в открытом и замкнутом циклах. – Л.: Сб. ин-та «Механобр». – 1935, т.1. – С.38–44.
3. Загустин А.И. Теория дробления в шаровой мельнице. – Л.: Сб. ин-та «Механобр». – 1935, т.1. – С.54–61.
4. Митрофанов С.И., Харина И.П. Закономерности дробления материалов сложного минералогического состава. // Цветные металлы. – 1979. – №2. – С.73–76.
5. Харламов В.С., Николаенко Б.И., Кирнос Э.Г. Измельчение марганцевых продуктов Грушевской обогатительной фабрикой. // Горный журнал. Изв. ВУЗ, 1968. – №1. – С.165–169.
6. Куприн А.И. Безнапорный гидротранспорт. – М.: Недра. – 1980. – 244 с.
7. Гидравлическая добыча угля в Донбассе. – М.: ЦИТИУголь. – 1961. – 95 с.
8. Тунцов А.Г. Сравнение дробимости коунрадской руды с дробимостью кварца при тонком измельчении в шаровых мельницах в открытом и закрытом циклах. – М.: Сб. ин-та «Механобр» «Обогащение медных руд коунрадского месторождения». – 1935. – С.199–212.
9. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. – М.: Химия. – 1968. – 377 с.
10. Клешнин А.А. Исследование процесса фильтрования угольных шламов различного гранулометрического состава. Дис... канд. техн. наук. – Донецк, ДПИ, 1974. – 148 с.
11. Денисенко А.И. Исследование самоизмельчения магнетитовых кварцитов Кривбасса. – Дис... канд. техн. наук, ДГИ. – 1965. – Т.1. – 180 с.
12. Потураев В.И., Кармазин В.И., Денисенко А.И., Франчук В.П., Тарасенко А.А. Исследование самоизмельчения магнетитовых кварцитов в резонансной мельнице // Обогащение полезных ископаемых, 1968. – №3. – С.32–36.
13. Муйземнек Ю.А. Возможность замкнутых циклов дробления. // Горный журнал, 1983. – №6. – С.26–27.

© Полулях А.Д., Базарный С.Н., Лагутенко С.М., 2005

*Надійшла до редколегії 12.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації*

УДК 622.73

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-т техн. наук, **В.Ф. НЕЛЕПОВ**

53

Збагачення корисних копалин, 2005. – Вип. 22(63)

(Украина, Днепропетровск, Приднепровская лаборатория "УкрНИИУглеобогашение"),

Ю.И. БУЛАВА, канд. техн. наук,

(Украина, Красноармейск, филиал Донецкого национального технического университета)

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕСШАРОВОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

При бесшаровом измельчении загружаемый в мельницу материал состоит из крупной (дробящей) и мелкой (измельчаемой) среды.

При установившемся режиме измельчения количество поступающего в мельницу материала равно количеству разгружаемого готового продукта. Гранулометрический параметр [1] загрузки мельницы P_o за счет измельчения должен возрасти до величины P_m , при которой разгружается готовый продукт. Время изменения гранулометрического параметра (время нахождения материала в мельнице)

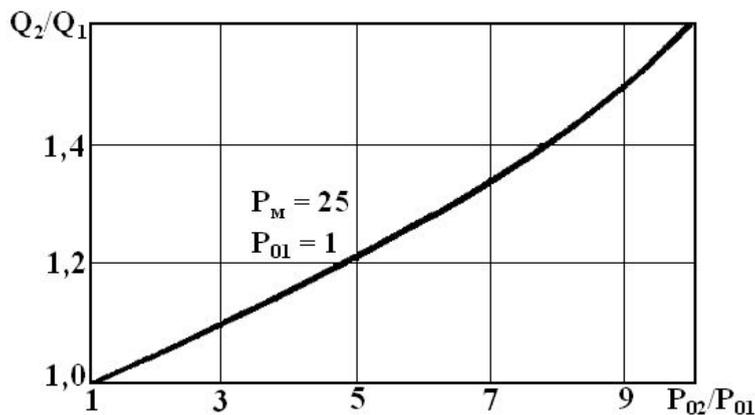
$$t = \frac{P_m - P_o}{b}, \quad (1)$$

где b – удельное изменение гранулометрического параметра (удельная скорость измельчения), 1/мин.

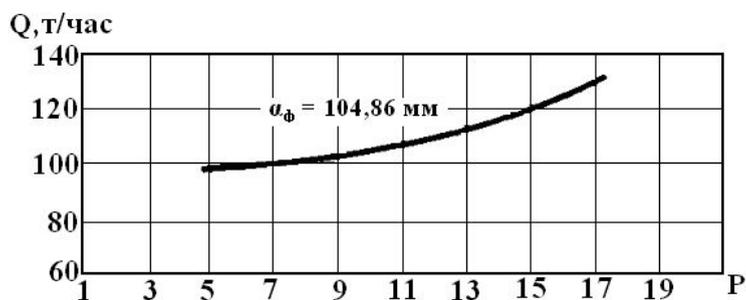
Как следует из данного выражения, чем больше гранулометрический параметр исходного материала при прочих равных условиях, тем время измельчения меньше, а производительность мельницы выше. Поэтому отношение производительностей мельницы при работе на двух материалах, отличающихся только первоначальным гранулометрическим параметром, можно записать как

$$Q_{2/} / Q_1 = \frac{P_m - P_{o1}}{P_m - P_{o2}}. \quad (2)$$

Последнее выражение показывает, что с увеличением гранулометрического параметра исходного продукта при одной и той же его средней крупности частиц производительность мельницы возрастает (рис. 1, а), что также подтверждается промышленными данными работы мельниц.



а



б

Рис. 1. Зависимость производительности мельницы от гранулометрического параметра исходного продукта:

а – построена по формуле (2), б – по данным работы [3]

Особенно наглядно влияние гранулометрического состава на производительность мельницы отображено на рис. 2 [2], из которого следует, что наибольшая производительность мельницы при работе ее на руде 0–150 мм соответствует такому ситовому составу, в котором содержание мелкого класса 0–25 мм составляет 30%, промежуточный класс 25–100 мм отсутствует, а содержание крупного класса 100–350 мм – 70%. При этом следует отметить, что такой ситовый состав руды при данном диапазоне крупности соответствует минимальной порозности, т.е. максимальному гранулометрическому ее параметру. Варьирование этими классами крупности в питании мельницы приводит к изменению гранулометрического параметра и, соответственно, средней крупности частиц. Если же из этих составов выбрать такие, которые имеют одинаковую среднюю крупность частиц, но разный гранулометрический параметр, то получим, например, следующее увеличение производительности:

Підготовчі процеси збагачення

d_{cp} , мм	115	115	144	144
P_o	5,3	12,4	2,9	16,2
Производительность, т/ч	97,8	110,3	87,0	117,5

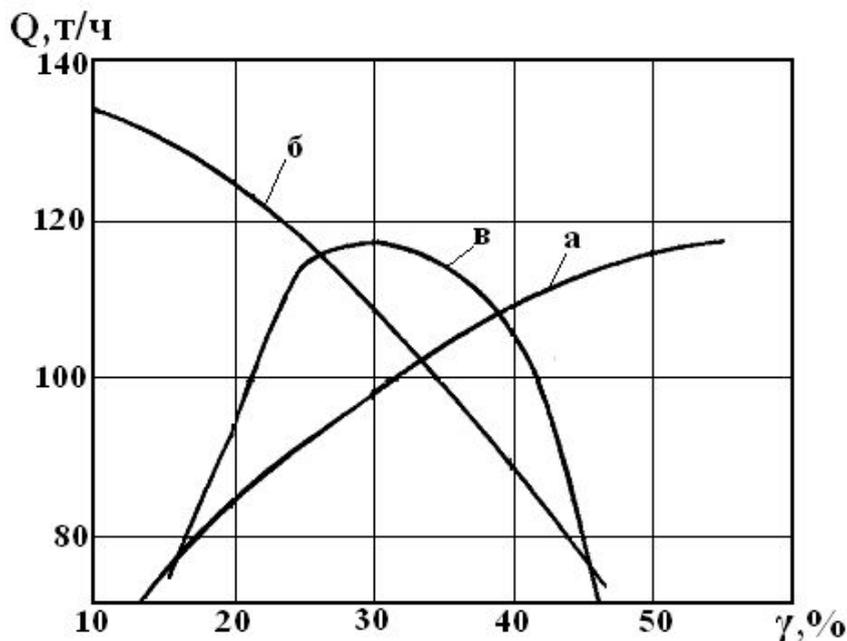


Рис. 2. Изменение производительности каскадной мельницы в зависимости от содержания:
а) класс 100–350 мм; б) класс 25–100 мм; в) класс –25 мм

Зависимость производительности мельницы от granulometricкого параметра руды, приведенная на рис. 1б построена по данным работы [3]. Она также подтверждает влияние granulometricкого состава загружаемого материала на производительность. В табл. 1 приведены данные лабораторных исследований [4], из которых следует, что при одинаковой средней крупности частиц наблюдается повышение производительности мельницы с увеличением granulometricкого параметра исходного материала.

Таблица 1

Класс крупности, мм	Проба (–250 мм)		Проба (–300 мм)		
	Выход, %	Выход, %	Выход, %	Выход, %	Выход, %
250–300	–	–	4,8	4,3	3,8
200–250	4,8	12,8	7,4	6,6	5,9
150–200	11,9	9,6	12,2	11,0	9,8

Підготовчі процеси збагачення

100–150	15,7	12,4	23,7	21,3	19,0
75–100	8,2	5,8	11,9	10,7	9,5
50–75	7,7	7,7	9,5	11,0	12,4
25–50	13,3	13,3	12,0	13,8	15,6
12–25	12,0	12,0	7,6	8,8	9,8
6–12	15,0	15,0	4,3	4,9	5,5
–6	11,4	11,4	6,6	7,6	8,7
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
d_{cp} , мм	72,1	79,9	97,7	96,2	89,1
P	12,7	14,1	6,0	7,0	7,5

Влияние гранулометрического параметра исходного продукта на производительность мельниц состоит в следующем: во-первых, чем выше гранулометрический параметр исходного продукта при одинаковой средней крупности частиц, тем меньше крупность частиц той части материала, которая относится к заполнителю и тем выше производительность мельницы. Во-вторых, основным является то, что увеличение гранулометрического параметра ведет к увеличению разницы в размере зерен скелета и заполнителя, что повышает эффективность измельчения мелких зерен крупными. В данном случае скелет является измельчающей нагрузкой, а заполнитель – измельчаемой средой. Чем больше гранулометрический параметр, тем полнее входят зерна заполнителя в промежутки между зернами скелета, тем больше точек контакта между зернами, тем эффективнее измельчение всей загрузки материала. Однако увеличение гранулометрического параметра загрузки мельниц имеет предел, выше которого эффективность измельчения снижается. Этот предел наступает, когда размер частиц заполнителя становится соизмерим с размером пор скелета.

Увеличение гранулометрического параметра загрузки мельниц не противоречит ранее сделанному выводу, что материал, загружаемый в измельчительный аппарат, должен быть однородным и его однородность должна поддерживаться в течение всего времени измельчения. Этот вывод относится к измельчаемому материалу (заполнителю), а не к загрузке в целом.

Таким образом, выше приведенные данные указывают на наличие резерва в производительности мельниц самоизмельчения за счет увеличения гранулометрического параметра загрузки мельниц. Увеличение гранулометрического параметра может быть достигнуто соответствующей схемой подготовки материала.

В настоящее время известны следующие схемы подготовки:

– вся руда после крупного дробления направляется в мельницу самоизмельчения;

– из руды после крупного дробления выделяются на грохотах крупные куски (более 100 мм), а подрешетный продукт подвергается дальнейшему

Підготовчі процеси збагачення

дробленню (приблизительно до крупности –25 мм). Дроблений материал и крупные куски подаются в мельницу отдельно.

Вторая схема предпочтительна перед первой, кроме всего прочего, и тем, что она способствует повышению гранулометрического параметра материала в питании мельниц. Однако при подготовке по второй схеме предварительному дроблению подвергается большая часть материала, что усложняет и удорожает процесс измельчения. Увеличение гранулометрического параметра возможно при дроблении только промежуточных классов, что значительно снижает объем дробления. Так, в табл. 2 приведен ситовый состав руды после крупного дробления и ее ситовый состав после дробления промежуточных классов до –25 мм. При этом гранулометрический параметр возрастает с 7,2 до 29,3, а расчетная производительность мельницы самоизмельчения – на 30%.

Таблица 2

Класс крупности, мм	Исходная руда НКГОК	Руда после дробления (25–100 мм) до –25 мм	Руда после дробления (25–100 мм) до –25 мм
	Выход, %	Выход, %	Выход, %
250–300	5,1	5,1	5,1
200–250	10,8	10,8	10,8
150–200	12,8	12,8	12,8
100–150	16,2	–	16,2
50–100	20,4	–	–
25–50	13,8	–	–
12–25	8,4	28,6	22,1
6–12	5,3	18,1	14,0
3–6	2,3	7,9	6,1
0–3	4,9	16,7	12,9
Итого	100,0	100,0	100,0
$d_{ср.}$, мм	104,0	68,2	103,0
P	7,2	25,2	29,3

В других случаях возможна пересортировка материала для увеличения гранулометрического параметра отдельных частей (табл. 3), получаемых с последующим их отдельным измельчением. Эти примеры указывают на возможность широкого варьирования схем подготовки материала к измельчению с целью увеличения производительности мельниц. Однако в каждом случае необходимы предварительные лабораторные испытания выбираемых схем и их экономическое уравнение.

При расчете загрузки бесшаровых мельниц надо иметь в виду, что измельчающая часть ее должна занимать 70% от объема загрузки и пользоваться гранулометрическим параметром как критерием производительности мельниц.

Підготовчі процеси збагачення

Таким образом, с помощью гранулометрического параметра можно оценивать влияние гранулометрического состава исходного материала на производительность мельниц. Формирование гранулометрического состава загрузки мельниц бесшарового измельчения с максимальным гранпараметром способствует увеличению производительности мельниц до 30% за счет более эффективной их работы по измельчению исходного материала.

Таблица 3

Класс крупности, мм	Выход, %				
	Исходный материал	1-я часть материала после сортировки		2-я часть материала после сортировки	
		к исходному	к продукту	к исходному	к продукту
250–300	10,0	10,0	33,4	–	–
200–250	10,0	10,0	33,3	–	–
150–200	10,0	–	–	10,0	14,3
100–150	10,0	–	–	10,0	14,3
50–100	10,0	–	–	10,0	14,3
25–50	10,0	–	–	10,0	14,2
12–25	10,0	10,0	33,3	–	–
6–12	10,0	–	–	10,0	14,3
3–6	10,0	–	–	10,0	14,3
0–3	10,0	–	–	10,0	14,3
Итого	100,0	30,0	100,0	70,0	100,0
<i>P</i>	8,86		13,0		26,2

Список литературы

1. **Клешнин А.А.** Исследование процесса фильтрования угольных шламов различного гранулометрического состава. Дис... канд.техн.наук. – Донецк, ДПИ. – 148 с.
2. Справочник по обогащению руд / Под ред. **О.С. Богданова, В.А. Олевского и др.** – М.:Недра, 1972. – Т.1. – 448 с.
3. **Кошурникова Э.Н.** Влияние гранулометрического состава руды на результаты ее самоизмельчения // Обогащение руд, 1970. – №3. – С. 22–24.
4. **Серго Е.Е., Долгих А.И.** К вопросу о влиянии гранулометрического состава питания мельниц типа «Каскад» на их производительность // Обогащение полезных ископаемых: науч.-техн. сб. – 1973. – Вып.12. – С.93–97.

© Полулях А.Д., Нелепов В.Ф., Булава Ю.И., 2005

*Надійшла до редколегії 12.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації*