

UDC 622.32.33

DOI 10.52171/herald.328

Classification and Separation of Mineral Materials

Kh.E. Aliyeva, S.B. Mamedova

Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

Xalida Aliyeva / e-mail: aliyeva1976@bk.ru

Abstract

One of the most important stages of mineral processing is the separation of mineral materials by granulometric composition. The process is necessary to increase the efficiency of subsequent processing stages, as well as to prepare ore materials for crushing, enrichment and other technological operations. The purpose of size separation is to obtain material of uniform size, increase the efficiency of enrichment processes, and separate the feedstock into fractions for subsequent processing. The main processes of size separation are screening (dry and wet), hydroclassification (classification in an aqueous environment) and aeroclassification (classification in an air environment).

Keywords: separation, screening, sifting, sieves, grinding, crushing, trommel screens.

Submitted 15 April 2024

Published 17 December 2025

For citation:

Kh.E. Aliyeva, S.B. Mamedova

[Classification and Separation of Mineral Materials]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (4), pp. 58-63

Mineral materialların təsnifatı və ayrılması

X.E. Əliyeva, S.B. Məmmədova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Mineral emalının ən mühüm mərhələlərindən biri mineral materialların qranulometrik tərkibə görə ayrılmasıdır. Proses sonrakı emal mərhələlərinin səmərəliliyini artırmaq, həmçinin filiz materiallarını əzmə, zənginləşdirmə və digər texnoloji əməliyyatlara hazırlamaq üçün lazımdır. Ölçülərin ayrılmasının məqsədi vahid ölçülü material əldə etmək, zənginləşdirmə proseslərinin səmərəliliyini artırmaq və sonrakı emal üçün xammal fraksiyalara ayırmaqdır. Ölçülərin ayrılmasının əsas prosesləri süzmə (quru və yaş), hidroklassifikasiya (sulu mühitdə təsnifat) və aero-klassifikasiya (hava mühitində təsnifat).

Açar sözlər: separasiya, ələmə, süzmə, ələklər, xırdalama, əzmə, barabanlı ələklər.

Классификация и сепарация минеральных материалов

Х.Э. Алиярова, С.Б. Мамедова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Баку, Азербайджан)

Аннотация

Один из важнейших этапов переработки полезных ископаемых – это разделение минеральных материалов по гранулометрическому составу. Процесс необходим для повышения эффективности последующих стадий переработки, а также для подготовки рудных материалов к дроблению, обогащению и другим технологическим операциям. Целью размерного разделения является получение однородного по крупности материала, повышение эффективности процессов обогащения, а также разделение исходного сырья на фракции для последующей переработки. Основными процессами разделения по размерам является грохочение (сухое и влажное), гидроклассификация (классификация в водной среде) и аэроклассификация (классификация в воздушной среде).

Ключевые слова: сепарация, грохочение, отсеивание, сито, измельчение, дробление, барабанные сортировочные установки.

Введение

Отправляемые на переработку полезные ископаемые состоят из горных масс различных размеров. Разделение масс различных размеров на части одинакового размера осуществляется путем просеивания или гидравлической (пневматической) сепарации. Просеиванием (отсеиванием) называется процесс разделения пород путем измельчения частиц различных размеров. После процесса просеивания получается верхний и нижний продукт (рис.1) [1].

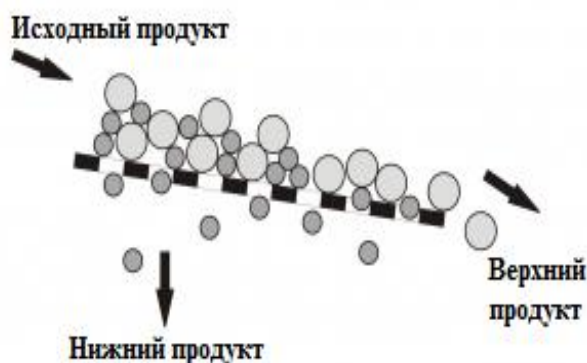


Рисунок 1 – Схема просеивания
Figure 1 – Sieving diagram

В общем случае размер частиц над и под ситом зависит от размера отверстий сита. Если на просеивание поступает материал размером до 100 мм, а размер отверстий сита составляет 25 мм, то размер надрешетного материала будет +25, а размер подрешетного материала -25. После n просеиваний получается $(n+1)$ продуктов.

На обогатительных фабриках используется схема грохочения-дробления-измельчения.

Процессы просеивания подразделяются на первичное (грубое) и контрольное (проверочное) грохочение в зависимости от их назначения и стадии технологического процесса.

Эффективность просеивания определяется следующей формулой:

$$E = \frac{P}{Q \cdot a} \cdot 100 = \frac{P \cdot 10^4}{Q \cdot a}$$

Здесь P – надрешетный продукт, в т; Q – количество исходного материала, в т; a – процент качества в классе крупности, в %.

Постановка задачи

При просеивании 200 т исходного материала через сито с диаметром отверстий 20 мм было получено 80 тонн подрешетного продукта. При процентном содержании полезного компонента в классе крупности +20 мм, равном 43,9%, эффективность просеивания рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{80 \cdot 10^4}{200 \cdot 43,9} = 91\%$$

где E – эффективность просеивания, %; $80 \cdot 10^4$ – масса или объем фракции, содержащей полезный компонент (в условных единицах); 200 – общий объем/масса исходного материала; 43,9% – содержание полезного компонента в данной фракции.

Гидравлическая классификация – это разделение мелко- и тонкозернистых смесей по размеру зерен. Здесь основную роль играют различные скорости падения частиц в водной среде [2]. Исходный материал при поступлении в восходящую струю воды со скоростью Виндекса движется с разной скоростью в зависимости от размера частиц, и частицы наименьшего размера выносятся и выгружаются в верхней конечной части устройства. Этот метод используется при промывке кварцевых песков. Гидравлический способ классификации более эффективен при размере руды 3-5 мм, а для угля – при размере частиц 10-13 мм.

Грохочение – это механическое разделение твёрдого сыпучего материала на фракции (классы крупности) путём его прохождения через сито с отверстиями определённого размера. Целью грохочения является получение материала заданной крупности, отделение мелких или крупных фракций, подготовка сырья к дальнейшей переработке (дроблению, обогащению и т.д.), контроль качества и соответствия продукта требованиям (например, при контрольном грохочении) (рис.2).

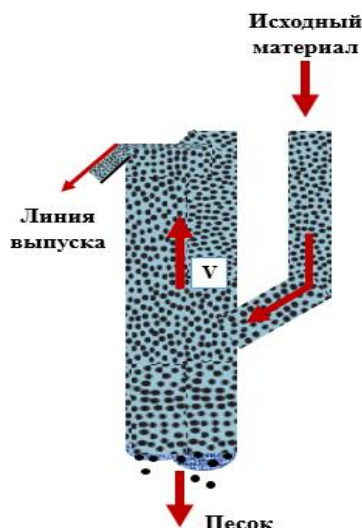


Рисунок 2 – Схема процесса разделения материалов по степени крупности
Figure 2 – Scheme of the process of separating materials by size

Аэроклассификация – метод классификации твёрдых частиц, основанный на различии их аэродинамических свойств (главным образом, массы, размера и формы), осуществляемый путём воздействия потока воздуха. Суть процесса аэроклассификации: материал подаётся в воздушный поток, частицы с меньшей массой, плотностью или размером уносятся дальше потоком, а более тяжёлые оседают раньше. Таким образом происходит разделение на фракции.

Ситами называются машины и аппараты, предназначенные для механического разделения сыпучих материалов по фракциям посредством просеивания и фильтрации.

Грохотные установки, также известные как грохоты, предназначены для разделения сыпучих материалов по размеру частиц с использованием вибрации. В соответствии с упрощённой классификацией, грохотные установки подразделяются на колосниковые, вращающиеся барабанного типа, качающиеся, а также устройства специальной конструкции [3]. Все сита обеспечены рабочими просеивающими поверхностями. В качестве таких просеивающих рабочих поверхностей используются проволока, сетки, листовые штампованные сита и колосниковые решетки. Последнее время также используются просеивающие поверхности, изготовленные из резины. Отверстия, которые открываются на поверхностях, бывают квадратной, овальной и прямоугольной формы (рис. 3) [4]. Отношение площади отверстий к общей площади называется живым сечением сита.

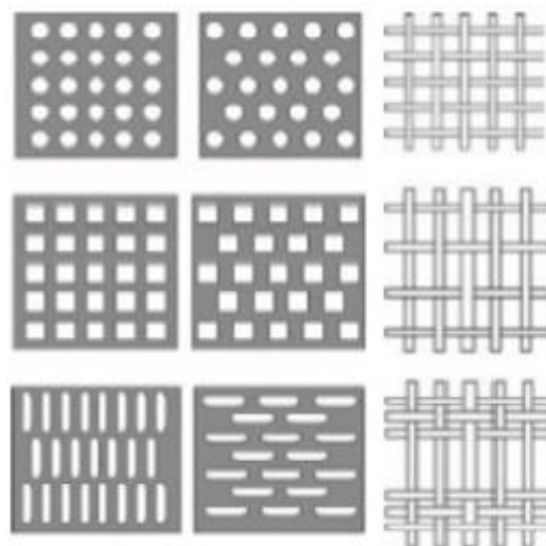


Рисунок 3 – Формы просеивающих поверхностей сит
Figure 3 – Forms of sieving surfaces of screens

Сетчатые сита состоят из отдельных частей и крепятся друг к другу болтами на определенных расстояниях [5]. Ширина борозды обычно составляет 50 мм. Решето устанавливается с наклоном 40-50°, рудная масса высыпается на решето и скатывается вниз по наклонной поверхности. В это время зерна или частицы меньше размера борозды проходят через сетку, а крупные части, двигаясь по поверхности, перемещаются в нижнюю часть решета. Эти сита, несмотря на свою простую конструкцию, широко используются, однако эффективность просеивания остается очень низкой [6].

Просеивание влажного материала создает много трудностей. Производительность таких решет определяется по следующей формуле:

$$Q = 2,4 \cdot F \cdot a \text{ (t/h)}$$

Здесь F – площадь сети m^2 , a – ширина борозды. Эффективность измерения достигает лишь 50-70%.

Барабанные сортировочные установки наиболее часто используются при промывке россыпного золота, платины, руд редких металлов [7]. Данные установки состоят из вращающихся барабанов цилиндрической или конической формы, установленных под наклоном 3-7°. Барабан состоит из 4 частей. Первые две части являются цельными. В оставшихся двух частях проделаны борозды. Просеиваемый материал поступает в верхнюю часть барабана, мелкие частицы высыпаются через отверстия (желобки) барабана вниз, а крупные частицы высыпаются наружу через нижнюю часть барабана.

Преимущества этих сит заключаются в простоте конструкции, бесшумной работе,

простоте обслуживания и возможности просеивания влажным способом при необходимости [8].

Однако низкая эффективность просеивания и производительность являются недостатками этих сит. Производительность на 1 m^2 площади просеивания составляет 0,45 т/час при влажном способе и 0,25-0,30 т/час при сухом способе. Эффективность составляет 50-60%.

Вибрационные сита являются инерционными, самобалансирующимися и резонансными ситами [9]. Эти сита очень широко используются. В таких решетках в движущихся механизмах между поверхностями сита отсутствует жесткая кинематическая связь. Колебания поверхности происходят под воздействием силы инерции [10]. Оставшиеся части скатываются вниз по верхней поверхности сита.

Заключение

Основной частью горной промышленности является процесс разделения минералов по размеру. Развитие технологий и использование современного оборудования позволяют существенно повысить точность разделения минералов, что положительно сказывается на рентабельности процессов добычи и переработки полезных ископаемых. Правильный выбор метода разделения, который учитывает физико-химические характеристики минералов и необходимую точность, имеет важное значение для оптимизации процессов переработки и сокращения потерь ресурсов. Минералы можно разделять по размеру с использованием различных методов, таких как классификация, ситовый анализ, гравитационное разделение и др.

Разделение минералов по гранулометрическим характеристикам способствует улучшению качества конечного продукта.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

REFERENCES

1. **Vahonina T.E., Klejn M.S.** Tekhnologiya obogashcheniya poleznyh iskopaemyh. KuzGTU im. T.F.Gorbacheva. - Kemerovo, 2014, 25 s.
2. **Topilnytsky V.G., Stotsko Z.A., Kysyj J.M., Rebot D. P.** Investigation of the dynamics of vibratory separator with unbalanced drive// Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Optimization of production processes and technical control in mechanical engineering and instrument making. 2014. Issue 786. - Pp. 53-61.
3. **Lanets O.S., Gavrylchenko O.V., Shpak Ya.V.** Automation of Manufacturing Processes in Machine Building and Instrument Making. 2008. Issue 42. - Pp. 36-43.
4. **Gavrylchenko O.V.** Creation of a three-mass circulation vibration separator with electromagnetic drive and synchronous motion of oscillating masses // Construction Equipment. 2007. Issue 20. - Pp. 67-77
5. **Stotsko Z., Topilnytsky V., Rebot D.** The Influence of the Loose Medium Parameters on the Process of Vibratory Separation // Manufacturing and Industrial Engineering. 2013. Vol. 12, Issue 1-2.
6. **Oryshenko S.V. Matsyuk B. V.** Research on the dynamics of the vibrating screen and evaluation of its effectiveness // Vibrations in Engineering and Technologies. 2013. Issue 3 (71). - Pp. 120-125.
7. **Szymanski T. Wodzinski P.** Screening on a screen with a vibrating sieve// Physicochemical Problems of Mineral Processing. - 2003. - Vol. 37. - Pp. 27-36.
8. **Dentsov N.N.** Dynamics of a vibrating screen under combined parametric resonance// Fundamental Research. 2015. Issue 4. - Pp. 55-60.
9. **Idziaszek-Gonzales A.** Analysis of material separation process performed in wet drum magnetic separators // Electrical Review. 2013. Issue 89 (7). - Pp. 265-267.
10. **Eminov R.Ə., Məmmədova S.B., Əliyarova X.E.** Boru kəmərlərinin təhlükəsiz işlənməsi üçün qrunut çökməsinin qiymətləndirmə dəqiqliyinin artırılması. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. Bakı, 2025, cild 17 (1), s. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.52171/herald.243>