

## О РАЗМАЛЫВАЕМОСТИ ДИКТИОНЕМОВОГО СЛАНЦА

Р. КОХ,

кандидат технических наук

Э. СИЛЬВЕР

Необходимость в тонком измельчении диктионемового сланца возникает при его практическом использовании. Однако тонкое измельчение материалов является трудной операцией, успешному решению которой во многом способствует знание закономерностей процесса измельчения. В литературе до сих пор отсутствуют данные для разработки технологии измельчения диктионемового сланца.

Диктионемовый сланец является типичной осадочной породой терригенного происхождения, т. е. породой с очень сложным минералогическим составом [1, 2]. Следовательно в нем присутствуют обломки магматических и метаморфических минералов различной степени дисперсности — кварц, полевой шпат, слюды и различные акцессории, глинистые минералы, органические остатки (скелеты организмов), органические и органо-минеральные соединения, поглощенные катионы, а также пирит как в виде отдельных макроскопических включений (желваки, линзы), так и в виде эмульсионной вкрапленности. Для диктионемового сланца характерна в основном алевритовая и алевритово-пелитная структура. В зависимости от месторождения довольно сильно колеблется как содержание отдельных компонентов, составляющих диктионемовый сланец, так и их крупность. Для полного раскрытия минералов диктионемового сланца необходимо производить его помол до высокой степени дисперсности. Условием успешного обогащения диктионемового сланца является возможно полное раскрытие его минералогических компонентов. Это может быть достигнуто в результате тонкого помола сланца.

В настоящее время исследование размалываемости материалов проводится в основном по двум методам [3]: 1) по уменьшению содержания крупного класса в измельченном материале и 2) по кинетике увеличения удельной поверхности продукта помола. По первому методу, учитывающему уменьшение содержания крупного класса частиц размеров выше избранного, исследовано большое количество материалов, причем данные обработаны по основному уравнению кинетики помола

$$\lg \frac{R_0}{R_t} = k \left( \frac{N\eta t}{P} \right)^m \quad (1)$$

Здесь и в дальнейшем приняты следующие обозначения:

$R_0$  — содержание крупного класса в исходном материале,

$R_t$  — содержание крупного класса в помолотом материале,

$N$  — мощность,

$t$  — продолжительность помола,

$\eta$  — коэффициент полезного действия,

$P$  — загрузка измельчаемого материала в мельницу,

$k, m$  — коэффициенты.



Кинетика увеличения поверхности материала в ходе его измельчения изучена в значительно меньшей степени. Данные опытных помолов обрабатывались исследователями по следующей формуле

$$S_k - S_n = aN\eta t, \quad (2)$$

где  $S_k$  и  $S_n$  — конечная и начальная поверхность измельчаемого материала. Формула (2) получена в предположении, что сопротивление материала помолу и эффективность использования энергии в течение процесса остаются неизменными. Последнее предположение справедливо в отношении измельчения однородных материалов. При изучении же размалываемости диктионемового сланца, т. е. материала заведомо не однородного, необходимо принять во внимание и изменение скорости помола в зависимости от тонины материала. Если это учесть и выразить величины, входящие в формулу (2), относительно весовой единицы измельчаемого материала, то получим формулу

$$S_{уд} = a \left( \frac{N\eta t}{P} \right)^m, \quad (3)$$

где  $S_{уд}$  — удельная поверхность продукта измельчения в  $m^2/g$ . В этом выражении учитывается только удельная поверхность конечного продукта, поскольку удельной поверхностью исходной руды, по сравнению с продуктом помола, можно по ее малости пренебречь.

Были проведены опытные помолы диктионемового сланца в шаровой мельнице размерами  $0,41 \times 0,44$  м. Шаровая загрузка состояла из стальных шаров диаметром 30 мм и 40 мм, взятых в равных весовых количествах. Коэффициент заполнения мельницы шарами составлял 0,36. Число оборотов мельницы равнялась 86% от критической скорости. При выборе режимов измельчения руководствовались данными, опубликованными Х. Розе [4]. Опытные помолы производились также в вибромельнице СМ-515, модель М-200-1,5 с применением режимов, рекомендованных М. Моргулисом [5]. Исходный диктионемовый сланец дробился до крупности 5 мм. Во всех случаях помол производился мокрым способом. Для продуктов измельчения определялись удельная поверхность — методом Б. Дерягина, и содержание класса крупнее 50 мк — путем декантации. Данные опытов обрабатывались по формулам (1) и (3).

Изучение кинетики помола диктионемового сланца по содержанию класса крупнее 50 мк привело к заключению, что в этом случае действительно следующая закономерность

$$\lg \frac{R_0}{R_t} = 5,75 \left( \frac{N\eta t}{P} \right)^{0,58}. \quad (4)$$

Оказывается, что закономерность (4) справедлива для случаев измельчения диктионемового сланца как в шаровой мельнице, так и в вибромельнице. Различие между ними состоит только в степени использования энергии, выражаемой через параметр  $\eta$ , величина которого больше при вибрационном измельчении. Вообще  $\eta$  зависит только от режима помола — от степени заполнения мельницы шарами и измельчаемым материалом, от ассортимента шаровой загрузки и от степени разжижения пульпы. Оптимальные значения для  $\eta$  имели место при отношении твердое : жидкое в пульпе = 1 : 1 и при общей степени заполнения мельницы, равном 0,38. Это совпадает с литературными данными [4] относительно режимов измельчения. По измельчению различных материалов, с целью сравнения, приводятся данные других авторов (см. табл. 1).

Увеличение удельной поверхности продукта измельчения происходит согласно следующей закономерности

$$S_{уд} = \frac{1}{0,0172} \left( \frac{N\eta t}{P} \right)^{0,264}. \quad (5)$$

Опытные данные представлены на рис. 1, на котором видно явное подчинение помола диктионемового сланца закономерности (5).



Таблица 1

Значения параметров  $m$  и  $k$ , рассчитанные по уравнению (1)  
 применительно к различным материалам [3]  
 (мокрый помол в шаровой мельнице)

Размалываемый материал	Диаметр мельницы, м	$m$	$k$
Диктионемовый сланец — 5 мм	0,41	0,58	0,084
Шлак доменный, гранулированный, класс — 10 мм	0,40	0,93	0,043
Кварцевый песок — 0,75 + 0,5 мм	0,50	1,20	0,049
Мергель радомский — 10 + 5 мм	0,40	0,71	0,094
Стекло	0,16	1,30	0,0037
Известняк еманжелинский — 10 + 5 мм	0,40	0,76	0,085

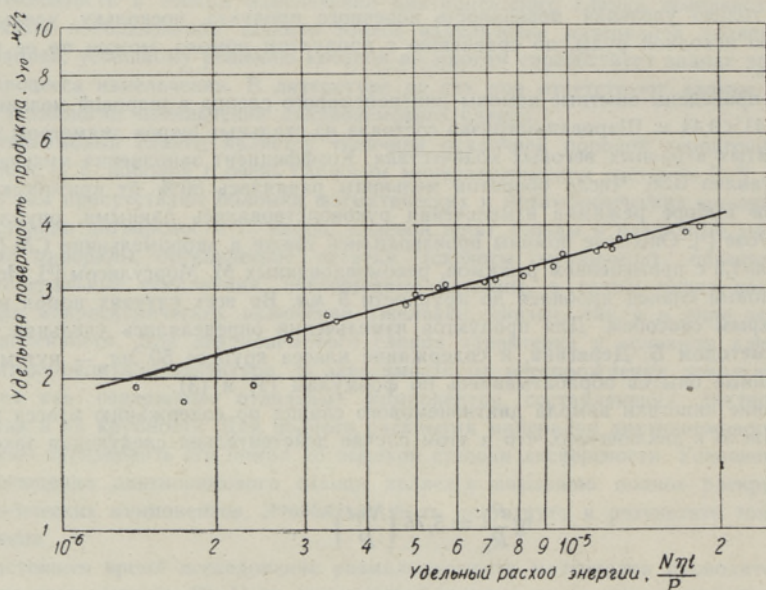


Рис. 1. Зависимость удельной поверхности измельченного диктионемового сланца от удельного расхода энергии.

Проводились также опыты измельчения диктионемового сланца в шаровой мельнице при непрерывном режиме ее работы и при различных производительностях мельницы. На рис. 2 представлены некоторые опытные данные и основные показатели по периодической работе мельницы. Для последнего режима производительность рассчитывалась как отношение загрузки материала в мельницу к продолжительности помола. Необходимо также отметить, что в случае непрерывной работы помол производился не при наивыгоднейшей консистенции пульпы, так как пульпа, содержащая диктионемовый сланец высокой дисперсности с соотношением  $T:Ж = 1:1$ , имеет недостаточную текучесть. Опыты показали, что измельчение при непрерывном режиме работы также подчиняется закономерности (5). Это можно увидеть на рис. 2. Различие состоит только в значении коэффициента использования энергии, который в случае непрерывной работы уменьшается. Это вполне понятно, так как была использована мельница с решеткой, степень заполнения которой меньше, чем мельницы с центральной разгрузкой.



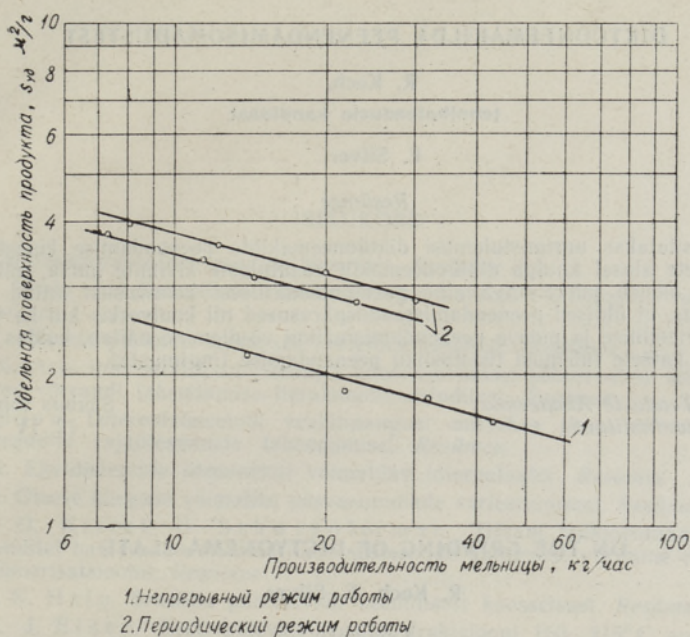


Рис. 2. Зависимость удельной поверхности измельченного диктионемового сланца от производительности помольной установки. 1 — непрерывный режим работы; 2 — периодический режим работы.

Вышеприведенные результаты имеют весьма большое практическое значение, так как они позволяют непосредственно применять данные, полученные при изучении размалываемости в периодически действующих лабораторных мельницах для случая непрерывного режима работы мельниц. Другими исследователями [3] было установлено, что удельные расходы энергии для измельчения материала до одинаковой удельной поверхности конечного продукта в промышленной и лабораторной мельницах практически совпадают друг с другом.

Из вышеприведенного следует, что установленные в данной работе закономерности по измельчению диктионемового сланца могут быть использованы для определения режимов, в частности — производительности помольных установок для этого вида сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Кордилов, Минералогическая характеристика диктионемовых сланцев Маардуского месторождения. Изв. АН Эст. ССР. Сер. физ.-матем. и техн. наук, 1962, 1, 67.
2. A. Luha, Eesti NSV maavarad. RK Teaduslik Kirjandus, Tartu, 1947.
3. С. Е. Андреев, В. В. Товаров, В. А. Перов, Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. Металлургиздат, М., 1959.
4. Н. Е. Rose, Eine Untersuchung des Kraftbedarfs von Kugelmühlen unter Verwendung von Kleinmodellen. Tonindustrie Zeitung, 1956, 9/10, 143.
5. М. Л. Моргулис, Вибрационное измельчение материалов. Промстройиздат, М., 1957.

## DIKTÜONEEMAKILDA PEENENDAMISOMADUSTEST

R. Koch,  
tehnikateaduste kandidaat

E. Silver

*Resümee*

Artiklis esitatakse uurimistulemusi diktüoneemakilda peenendamise kineetika kohta. Saadud andmete alusel kuulub diktüoneemakilt ebaühtlaste kivimite hulka, mille peenendamise kiirus oleneb jahvatatava aine granulomeetrilisest koosseisust antud momendil. Uurimine näitas, et üldised peenendamisseaduspärasused nii kuulveskis kui ka vibroveskis on samad. Perioodilise ja pideva peenendamisrežiimi võrdlemine näitab, kuidas rakendada laboratoorse katsete tulemusi tööstusliku peenendamise tingimustes.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Keemia Instituut*

Saabus toimetusse  
12. IV 1963

## ON THE GRINDING OF DICTYONEMA SLATE

R. Koch, E. Silver

*Summary*

This contribution deals with grinding kinetics for the Estonian dictyonema slate. Experimental results indicate that the dictyonema slate is an inhomogenous material and that the rate of grinding depends on the granulometrical composition of the grind at the given moment. It can also be stated that general relationships are the same for grinding in ball and vibrational mills. The comparison of continuous and batch grinding shows the way in which laboratory studies can be used in grinding on an industrial scale.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,  
Institute of Chemistry*

Received  
April 12th, 1963