

ВЛИЯНИЕ НА ПАРАМЕТЪРА - РАБОТНА СРЕДА ПРИ ВИБРОДЕЛАМИНИРАНЕ НА КАОЛИН

Любомир Кузев

Минно-геоложки
университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail:
lkuzev@mail.mgu.bg

Николай Христов

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail: nhrstov@mail.mgu.bg

Стайко Сексенов

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България

РЕЗЮМЕ

Въпреки стогодишната история на вибрационното смилане все още съществуват възможности за решаване на нови технологични задачи. При финото и избирателното фино смилане е изследвано влиянието на формата на елементите на работната среда при деламинацията на каолин по метода на вибрационно стриване. Проверени са възможностите за избирателно смилане с леки работни елементи с плътност под 1 g/cm^3 с лещообразна, таблетковидна и къса цилиндрична форма, при честота на вибрациите от 30 до 75 Hz и амплитуда от 0,25 до 1.8 mm. Установена е зависимост между елементите на работната среда и степента на деламинация на каолина. Най-висока ефективност на избирателното смилане чрез вибрационно стриване е постигната при употребата на лещообразна работна среда.

КЛЮЧОВИ ДУМИ: Деламинация, каолин, стриване, фини частици.

ВЪВЕДЕНИЕ

Многообразието на материалите за смилане и поставените от консулаторите изисквания по отношение на зърнометричния състав, фиността на смилане, понякога и към формата на частиците в смления продукт, стават причина за създаване на разнообразни по конструкция апарати, както и на сложни за изпълнение технологични схеми. Вибрационните мелници с хоризонтално разположени работни камери намират широко приложение при финото смилане на руди и индустриални минерали, при смилане на метали и метални сплави, рециклиране на техногенни отпадъци, междинни продукти и др.

Предимствата на вибрационните мелници при фино смилане на традиционни материали са добре известни и са разгледани в голям брой публикации (Мадер, 1966, Вибрации в технике, 1981, Роуз, 1964, Стоев, 1979). За определени суровини известни, като трудносмилаеми и при подобни на вибрационното смилане процеси, вибрационните мелници при подходящо избрани вибрационни параметри и работни среди предлагат възможности за нови оригинални технологични решения. При вибрационните мелници с хоризонтално разположена работна камера съществуват все още неизяснени - следователно неподозирани възможности от технологична и теоретична гледна точка.

Изискванията на процеса на фино вибрационно смилане във вибрационни мелници се свеждат до:

- Прилагане на относително малки сили;
- Използване на максимално високи честоти на вибрационно въздействие;
- Тънкослойно разпределение на смилания материал между елементите на смилачната среда.

Прилагането на ударни усилия с голяма стойност при финото смилане не е оправдано от икономическа гледна точка. Освен това при големи усилия работните тела действат разрушително, както към облицовката и корпуса на мелницата, така и върху повърхностите на работните тела. При фино смилане с висока интензивност на ударите, смиланият материал се замърсява с голямо количество нежелани примеси. Ето защо при финото смилане стойността на амплитудата на вибрациите е ограничена в ниските стойности. Изменение в чистотата на вибрациите се допускат в интервала до 50 Hz, поради съображения свързани с якостните показатели заложили в конструкцията на вибрационната мелница. Най-лесният начин за осигуряване пропускането на материала за смилане на тънки слоеве е той да се подава в област с плътна пакетирани структура от работна среда с големи контакти между съставлящите я елементи.

Характерните стойности на параметрите на вибрациите при вибрационните мелници с хоризонтално разположена

ТЕОРЕТИЧНИ ПРЕДПОСТАВКИ

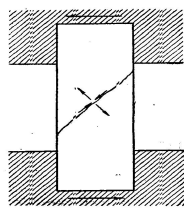
работни камери при нормална експлоатация, за смилане на фини по едрина частици са:

- Амплитуда до 6 mm;
- Честота 15 – 50 Hz;
- Форма на вибрациите – елипсовидна, близка до кръговата.

Технологичните възможности на вибрационните мелници с хоризонтално разположени работни камери най-често се реализират при фиксирани вибрационни параметри. Оптимизирането на тези параметри е ограничено в малък интервал според посочените по горе граници.

Известната конструкция Podmore Boulton Vibro-Energy Mill (Podmore, 1969) има специфична пръстеновидна форма на работната камера, която осигурява плътно пакетирание на работна среда, представена от къси цилиндрични тела. Плътното пакетирание на работната среда осигурява условието за разпределяне на смилания материал в тънки слоеве. Работната среда осигурява големи контактни области по линия и площ между съставящите я елементи, а също и с вибриращата повърхност на пръстеновидната камера на мелницата. В работната камера се създават условия за свръх фино смилане, което е резултат главно на стриващото действие на елементите на работната среда и ударите с ниска интензивност между тях.

Стриването е един от основните видове въздействия прилагани при финото смилане на минералните суровини. Съгласно постановката на Жуазел при стриването действат едновременно два вида усилия на разрушаване – натиск и опън. Процеса схематично е илюстриран на Фигура 1 (Мадер, 1966).



Фигура 1. Схематично разрушаване при стриване

Реализиране на процеса на стриване във вибрационна мелница с хоризонтално разположена работна камера може да се постигне при 100% запълване на работната камера с работна среда, при което се реализират изисквания за фино и свръхфино смилане. Тези изисквания са в сила и при избирателното смилане на слоести минерали (Кузев и др. 1995).

ОПИТНИ РЕЗУЛТАТИ

Процесът на вибрационно фино и свръхфино смилане е експериментиран при деляминацията на каолин, при избирателното смилане на микролюспест преотложен

хематит, при смилането на ковки метали, метални сплави и др.

Деляминация на каолин

Изследванията са проведени с избелен каолин от редовното производство на фирма "Каолин", Сенено имащ следният химически състав: Al_2O_3 - 32,21%, Fe_2O_3 - 1,02%, TiO_2 - 0,31%, SiO_2 - 51,62%.

Използвана е двукамерна лабораторна вибрационна мелница осигуряваща амплитуда до 5 mm и честота до 75Hz. Методът на деляминиране е вибрационно стриване.

Използвани са леки деляминиращи среди, на които важните характеристики са дадени в Таблица 1, а в Таблица 2 са дадени зърнометричните им характеристики (Кузев, 1997, Кузев, 1998).

Таблица 1. Характеристики на деляминиращите среди.

Изследвано е влиянието на формата на работните елементи на деляминиращите среди, тъй като разликите в плътностите на изследваните материали – полистирол и полиетилен е много малка и може да се приеме, че получените резултати показани на Таблица 3 са следствие от различната форма. Полистироловата група е представена от къси цилиндри, а полиетиленовата от таблетковидна и лещовидна форми. Сравнителните изследвания са получени при честота на вибрациите от 50 и 75 Hz и постоянна амплитуда на вибрациите от 0,6 mm. Плътноста на каолиновата суспензия при експериментирането е 15%, а продължителността на деляминацията е 10 min.

Таблица 2. Зърнометрични характеристики на деляминиращите среди.

С част от получените в лабораторни условия деламинарни продукти са извършени изследвания по определяне измененията в зърнометричния им състав. Деламинараният каолин е получен при едни и същи условия на експеримента само с изменение на амплитудата на вибрациите. Работната среда е полистирол. Продължителността на обработката е 10 min, при 50 Hz честота и плътност на пулпа 15 %. Изследваните стойности на амплитудата са: 0,25 mm, 0,52 mm, 0,70 mm, 1,10 mm, 1,45 mm.

В Таблица 4 изходната проба е отбелязана с нулева стойност на амплитудата. Едрината на частиците е отчетена, като еквивалентна сферична частица, при което не може да се регистрира ефекта от разлюспването. Анализите са извършени в лаборатория "Седиментационен анализ" на СКАХП при ЦИХП, гара Искър с течностен пикнометър и седиментационна везна Сарториус 4610 по БДС 10550-78.

Таблица 4. Добиви на класите в зависимост от амплитудата на вибрациите.

Постигнатата деламинация е отчетена чрез изменение на вискозитета регистриран с ротационен вискозиметър TV (Швейцария) със скала градуирана на 100 равни части.

Таблица 3. Постигнатата деламинация отчетена чрез изменение на вискозитета.

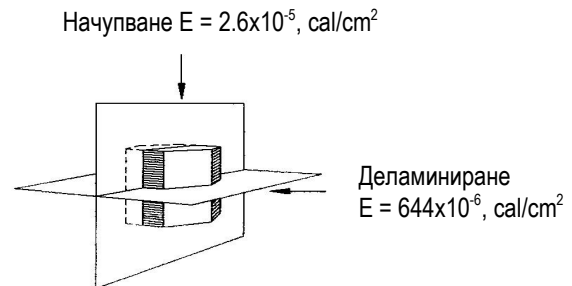
Таблица 5. Среден диаметър и форма на частиците определени чрез микроскопско наблюдение.

На Таблица 6 са дадени условията, при които са деламинарани пробите, за които са определени средните диаметри дадени в Таблица 5.

Таблица 6. Условия за провеждане на деламинационните експерименти.

Средния размер на частиците в каолиновата суспензия преди деламинацията, както и при деламинация при различни условия подбрани по метода на статистическата обработка е измерен с помощта на микроскопско наблюдение. На Таблица 5 са отбелязани, при броенето на частиците, класи с размер $-2 \mu\text{m}$, $2-5 \mu\text{m}$, $5-10 \mu\text{m}$, и $+10 \mu\text{m}$, по които данни изчисляваме средния диаметър на наблюдаваната проба.

За получаването на частици с люспеста форма е нужно силата, която държи отделните кристалчета в каолиновия пакет по оста "с" $E = 644 \times 10^{-6}$, cal/cm², Фигура 2 да е с по-малка стойност от стриващата сила между плъзгащите се повърхности на работните тела (Conly, 1987, Davis and Dawson, 1989).



Фигура 2 Енергия на връзките в каолиновия кристал.

Получените при изследването резултати дадени в Таблица 3 за изследването на вискозитета на деламинараните при различни работни среди каолинови суспензии показват:

- Най-високи стойности на повишаване на вискозитета се получават при работна среда от полиетиленови лещи. Контактната повърхност между елементите на работната среда при тях е най-голяма.
- Низходящата градация при ефективността на работните среди с различна форма са: лещи, таблетки, цилиндри. Подреждането на тези форми съответства на намаляването на контактните площи между елементите. При лещите контактната площ е най-голяма, при таблетките (комбинацията от цилиндри и лещи) контактната площ е по-малка, тъй като съчетава площен и линеен контакт, а най-малка контактна площ има при цилиндричните елементи, където контактите са предимно линейни.

Разглеждайки цифровите данни от Таблица 4 в колонките отчитащи добива на отделните класи се забелязва, че има реален ефект на смилане, тъй като съществуващите при изходния избелен каолин частици с едрина над 20 μm след деламинационният процес, независимо от големината на амплитудата, броят им се намалява. Отчитайки стойностите на класи 20, 10 и т.н. до 2 μm едрина в колонките с различни амплитуди, се забелязва много характерен минимум в стойностите при амплитуда 0,7 mm и нарастване на добивите при намаляване на амплитудата и при увеличаване на тази стойност. На пръв поглед има аномалия, но тя лесно може да се обясни с променените условия на стриване, а именно че плоскостта на плъзгане остава постоянна при различните амплитуди, независима от знакопроменливата скорост предизвикана от вибрационните колебания, докато от друга страна преминаването на суспензия в контактната площ на плъзгане остава една и съща. Ето защо при скорост на преминаване на суспензията по-голяма от тази на плъзгането води до повишаване на добивите на фини

ДИСКУСИЯ

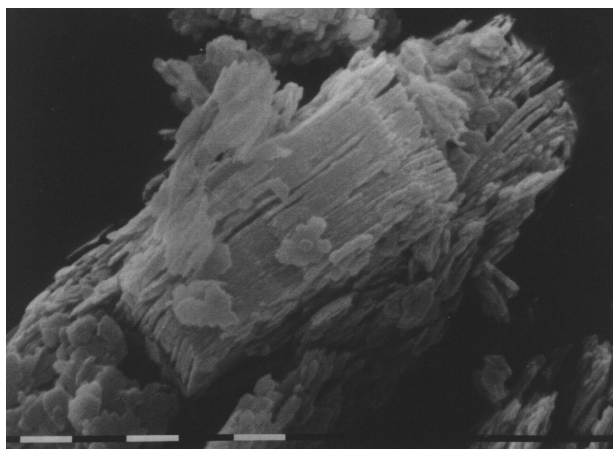
В зависимост от физико-механичните свойства на смилания материал при вибрационно стриване могат да се получат фини диспергирани частици с различна форма. При слоестите минерали, като каолин, графит, спекуларит и др. преобладаващата форма на частиците може да бъде пластинчата или люспеста при сполучливо подбрани работна среда и вибрационни параметри. При други параметри на вибрациите и вид на работната среда от същите минерали може да се получат фини диспергирани продукти с преобладаващо количество изометрични частици.

класи. При изравняването на двете скорости има оптимум на смилане, при който се постигат най-фините продукти. След преминаването през равенството в скоростите увеличаването на амплитудата на вибрациите не може да даде положителен резултат по отношение фиността на смилането. Абсолютните стойности отчетени за отделните класи в таблица 4 са малки, но в качествено отношение изразяващо деламинацията на каолините може да се визуализира със снимки от СЕМ. На Фигура 3 е показан общ вид на избелен каолин, на Фигура 4 деламиниран каолин.

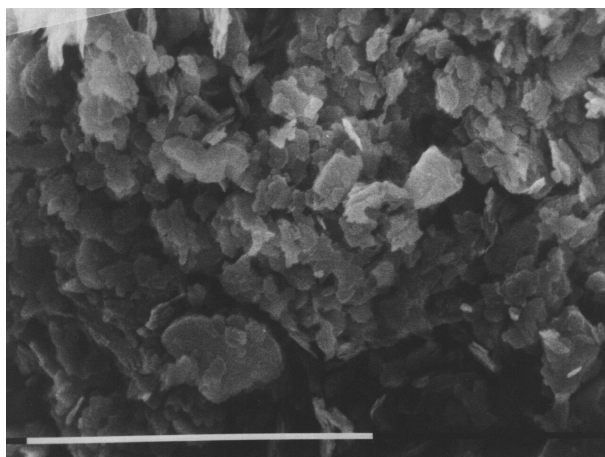
Интересни резултати за изменение на средния размер на частиците са отчетени и показани на Таблица 6 чрез микроскопското наблюдение на изходната проба каолин и деламиниран каолин при:

- Постоянна амплитуда 0,25 mm и честота 30, 40, 50, 60, 75 Hz;
- Постоянна честота 50 Hz и амплитуда 0,31 mm, 0,7 mm, 1,1 mm, 1,45 mm.

От среден размер на изходния избелен каолин 2,62 μm при деламинацията при различни вибрационни параметри, продължителност на обработката и плътността на пулпа средния размер се намали до 1,29 μm . Данните за отчетения среден размер на каолиновите частици при постоянна честота 50 Hz и амплитуда от 0,31 mm до 1,45 mm напълно съответстват и потвърждават данните от Таблица 5.



Фигура 3. СЕМ снимка на каолинов пакет. Увеличение 10000 пъти, Маркер 1 μm .



Фигура 4. СЕМ снимка на каолинови частици (плюспи). Увеличение 6200 пъти, Маркер 1 μm .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършено е изследване върху влиянието на формата на работната среда при избирателно фино смилане – деламинация на каолин при условие на вибрационно смилане в мелница с хоризонтално разположени работни камери. Изследваните леки работни тела са с пренебрежимо малка разлика в плътността. Едрината е от 2,5 до 5,0 mm. При леките работни тела се изключва възможността за удар между елементите на средата, както и за смачкване. При тези изключително благоприятни условия е отчетено влиянието на формата на елементите на работната среда за избирателното смилане. Доказа се, че с увеличаване на контактните площи между елементите на работната среда, което е пряко следствие от формата им, ускорява процеса на деламинация. Най-подходяща е лецообразната форма следвана от таблетковидната и цилиндричната.

ЛИТЕРАТУРА

- H.L. Podmore, F. I. Ceram, E.G. Beasley. 1969, Vibration grinding in close packed media systems. *A. M. I. Chem. Chemistry and Industry*, p-p 1443-1450.
- L.Kuzev, St. Seksenov. 1997, Vibration grinding by attrition. *Proceeding of the XXI IMPC, Aachen, Germany, September*, Vol. 2.
- Роуз Г. Е. Новые результаты исследования вибрационного машин и вибрационного помола.
- Мадер Г.И. 1966, К вопросу о результатах помола в вибрационных мелницах, Москва, *Труды европейского совещания измелчению*, Госстройиздат.
- Кузев Л. 1998, Вибрационно стриване – характерни особености, *XXX October Conference, Milanovac, Югославия*.

Кузев Л. Ст. Сексенов, М. Методиев, 1995, *Хоризонтални вибрационни мелници – работна среда, 6та Балканска конференция по ОПИ*, Септември, Охрид, Македония.
Вибрации в технике, 1981, Т.6, Москва, *“Машиностроение”*.
Роуз Гийс, 1964, *Проблема измелчения материалов и ее развитие*, Москва, *Изд по строительству*.

Стоев Ст. 1979, *Виброакустична техника при преработката на минералните суровини*, Изд. *“Техника”*.

S. B. Davis, M. F. Dawson, 1989, *Attrition Grinding, I.S.Afr.Ind. Min. Metall*, Vol. 89, p-p 231-141.

Robert F. Conly, 1987, *Attrition milling of industrial minerals*, Chapter 4.

*Препоръчана за публикуване от
катедра “Минерални технологии” на МТФ*

THE WORKING MEDIA INFLUENCE ON THE KAOLIN VIBRODELAMINATION

Lubomir Kuzev

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria
E-mail: lkuzev@mail.mgu.bg

Nikolay Hristov

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria
E-mail: nhristov@mail.mgu.bg

Staiko Seksenov

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria

ABSTRACT

In spite of the one-hundred-years history of the vibration milling process, there are still possibilities for solving new technological tasks. An investigation on the influence of the working media elements shape to the process of fine and fine selective milling was carried out. Vibration attrition method for the delamination of the kaolin was used. The possibilities for selective milling with light working elements having density below 1 g/cm^3 having lens, short cylindrical and tablet shapes were examined. The frequency of the vibration was between 30 and 75 Hz, the amplitude between 0.25 and 1.8 mm. Dependence between working media elements and the degree of delamination of kaolin was established. The highest efficiency of the process of selective milling by vibration attrition was achieved by usage of lenses as working media.

KEYWORDS: Delamination, kaolin, attrition, fine particles.

INTRODUCTION

The variety of the materials being milled and consumer requirements in respect of granulometric characteristics, maximum size and shape of the particles motivate creating of different in constructions machines, as well as technical flowsheets with high complexity. Vibratory mills with horizontal placed working chamber find wide application for fine milling of ores, industrial minerals, metals, alloys, recycling of technogenic wastes and by-products.

The advantages of the vibratory mills for fine milling of traditional materials are well known and described in wide number of publications (Мадер, 1966, Вибрации в технике, 1981, Роуз, 1964, Стоев, 1979). Vibratory mills with well-defined vibration parameters and working media offers possibilities for new technological solutions for milling of materials considered as hard-milled. There are still obscurity in the process of vibration milling therefore there are unsuspected possibilities for finding of new theoretical and technological solutions.

THEORETICAL PRECONDITIONS

The requirements of the process of fine vibration milling could be generally grouped in:

- Applying of relatively small forces;
- Usage of as high frequency as possible of the vibration impact;
- Ensuring of thin-layered distribution of the material being milled between the milling media.

Applying of high-energy hit impacts for fine milling is not exculpated from economical point of view. Moreover, strong hit impacts cause destroying of the facing and corps as well as working elements surface. The milled materials are contaminated with big quantity of unacceptable impurities,

when a high-intensity fine milling is applied. Therefore, in the fine milling, the amplitude is limited in the low values. Variations in the frequency of the vibrations are allowed in the interval up to 50 Hz ensuring the solidity of the mill construction. The easiest way to ensure the thin-layered distribution of the material being milled between the milling media is to be feed in as much packed as possible stricture of the working media with large contact area between working bodies.

The typical value of the vibration parameters in the vibratory mills with horizontal working chamber for producing of fine in size products are:

- Amplitude up to 6 mm.
- Frequency between 15 and 50 Hz;
- The form of the vibration – elliptic or near to the circular.

The technological possibilities of the vibratory mills with horizontal working chamber are frequently realized with fixed vibration parameters. The optimization of these parameters is limited in short interval according to the above shown limits.

The known construction Podmore Boulton Vibro-Energy Mill (Podmore, 1969) has specific ring-type form which ensures compact packing of the working media represented by short cylindrical bodies. Compact package ensures the condition of thin-layered distribution of the material being milled between the milling media. The working media ensures large line and area contacts between the elements as well as working elements and vibrating surface of the ring-type chamber. Conditions for ultra fine milling, as a result mostly of the attrition action of the working media elements and hits wit low intensity between them are created in the working chamber.

The attrition is one of the base impacts applied for fine milling of mineral raw materials. Two types of efforts take action together in the attrition process – pressure and tension

according to the Joazel theory. The process is schematically illustrated at Figure 1 (Мадер, 1966).

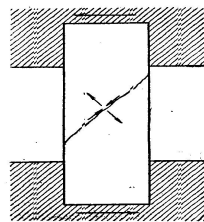


Figure 1. Attrition destroying.

Realizing of the attrition process in the vibratory mill with horizontal chamber could be achieved by 100% filling of the working chamber with working media whereupon the conditions for fine and ultra fine milling are realized. These conditions take place in the process of selective milling of layered minerals (Кузев и др. 1995).

TEST RESULTS

The process of fine and ultra fine milling was examined for delamination of kaolin, for selective milling of fine-flaked hematite, for milling of malleable metals, metal alloys etc.

Delamination of kaolin

The investigations are carried out with bleached kaolin from the current production of the kaolin treatment plant Senovo, having chemical content Al_2O_3 - 32,21%, Fe_2O_3 - 1,02%, TiO_2 - 0,31%, SiO_2 - 51,62%. Two-chamber laboratory vibration mill ensuring amplitude up to 5 mm, and frequency up to 75 Hz was used. Vibration attrition was applied as delaminating process. Light delaminating media with main characteristics given at Table 1 were used. Table 2 shows the granulometric characteristics of the media. (Kuzev, 1997, Кузев, 1998).

Table 1. Characteristics of the delaminating media.

The influence of the working elements form on the process of delamination was examined. The differences in the density of the delaminating media polystyrol and polyetilen are small, thus it be considered that the obtained results, shown at Table 3, are resulted from the different forms of the working media. Short cylinders represent polystyrol group whereas polyetilen group by tablet and lens forms. The results are obtained with vibration frequency of 50 and 75 Hz and constant amplitude of 0.6 mm. The density of the kaolin suspension is 15% and duration of the delaminating process 10 min.

Table 3. The obtained delamination registered by changes in the suspension viscosity

Table 2. Granulometric characteristics of the delaminating medias.

The obtained delamination was proved by the variation in the suspension rheology registered with rotation viscosimeter TV (Switzerland) with measuring scale divided to 100 equal parts.

Table 4. The yields of the classes in dependence of the amplitude of the vibrations.

The medial size of the particles in the kaolin suspension before delamination as well as after the delamination in different statistically defined conditions was measured by microscopic observations. In result of the counting of the particles, at Table 5 are shown classes with size $-2 \mu\text{m}$, $2 - 5 \mu\text{m}$, $5 - 10 \mu\text{m}$, and $+10 \mu\text{m}$. The medial diameter is estimated according to the dates of observed sample.

Table 6 shows the conditions for delamination of the samples represented at Table 5.

Table 6. Experimental conditions for delamination.

Investigations for determination of the changes in the granulometric characteristics of the part of obtained in laboratory scale delaminated products were carried out. Constant conditions, only variations in the amplitude and frequency, were used for obtaining of delaminated kaolin in the laboratory. The working media was polystyrol. The treatment duration was 10 min, the frequency of vibration - 50 Hz and the pulp density - 15 %. The amplitude was: 0.25 mm, 0.52 mm, 0.70 mm, 1.10 mm, 1.45 mm. The initial sample is marked with label Zero (0) of the amplitude at Table 4. The size of the particles is determined as equal spherical particle whereupon the effect of the delaminating process could not be registered. The analyses were performed at "Седиментационен анализ" laboratory in СКАХП at ЦИХП, Gara Iskar with a liquid picnometer and sedimentation balance Sortarius 4610 according to БДС 10550-78.

Table 5. Medial diameter and particle shape defined by microscopic observation.

DISCUSSION

As a result of vibration attrition process, fine dispersed particles with different forms, according to the physical-mechanical properties of the material been milled, could be obtained. The correct definition of the vibration parameters and working media, leads to obtaining of particles with predominantly plate forms from layered minerals such as kaolin, graphite, specular hematite etc. From the same raw material, at different conditions - parameters of the vibrations and working media could be predominantly obtained particles with isometric forms.

For obtaining of kaolin particles with flake forms it is necessary the force in direction of "c" axes ($E = 644 \times 10^{-6}$ cal/cm²), which keep different crystals in one kaolin stack, to have smaller value, then the attrition force between the slithered surfaces of the working bodies. (Conly, 1987, Davis and Dawson, 1989).

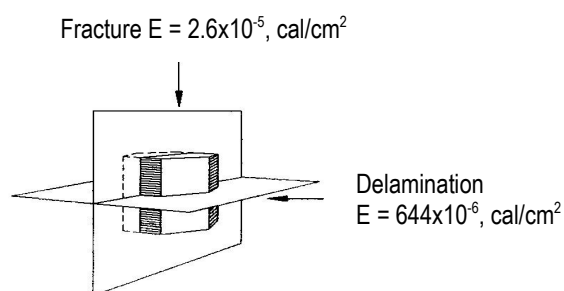


Figure 2. Bonds energy of the kaolin crystals.

The obtained in the investigation results, shown at Table 3, for the viscosity of kaolin suspensions after delamination with different delaminating medias shows:

- The highest value of viscosity increasing is obtained by usage of polyethilen lenses as working media.
- Downstream climax of the efficiency of working elements with different forms is lenses, tablets and cylinders.

Arrangement of these forms corresponds to the contact area decreases between the elements. In the case with lenses as working media, contact area is the largest. Contact area is smaller with usage of tablets (or combination between tablets and cylinders) because there are line and area contacts. The smallest contact area is with usage of cylinders as working media, because the contacts between the elements are predominantly lines.

A real effect of grinding could be observed browsing over the numeric data at Table 4, in the columns showing the yields of the different classes. After the delamination with different amplitudes, the number of particles with size over 20 μ m decreases. Taking into account the size of classes from 20 to 2 μ m a character minimum could be observed with the amplitude of 0.7 mm. The yields of these classes increase with the variations of the amplitude up and down from 0.7 mm. There is an anomaly at first view, but it could be easily explained with the changed attrition conditions. Namely, the glide plane remains constant at different amplitudes and remains independent of the different speed of the working media caused by the vibrations, while the speed of the suspension movement in the contact area of the working elements depends on the amplitude. That is way, at higher suspension speed than the glide speed increases yields of the fine classes. At the equation of the speeds, there is an optimum of the milling, whereupon the finest products are obtained. After the passage of the speed equation, the increases of the amplitude could not increase the fine classes yield. The absolute values for the different classes at Table 4 are small but the quality of the delaminated kaolin could be visualized by Scanning Electron Microscope (SEM) pictures. A general view of the bleached kaolin is shown at Figure 3. Figure 4 shows delaminated kaolin.

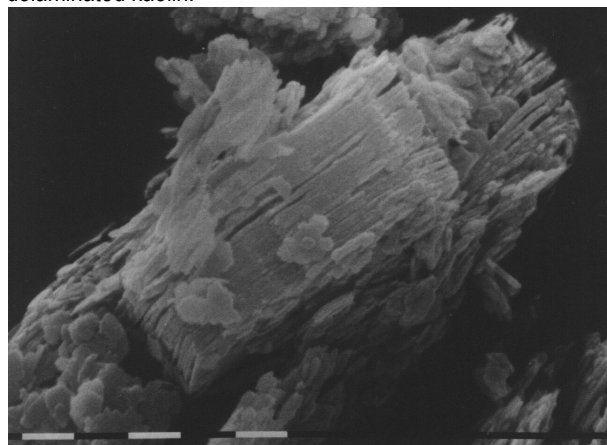


Figure 3. SEM picture of kaolin stack. Magnification 10 000 times and Marker 1 μ m.

Interesting results for changes of the medial size of the particles are perceived by microscope observation of the initial and delaminated in the following conditions samples:

- Constant amplitude 0.25 mm and frequency of 30, 40, 50, 60, 75 Hz.
 - Constant frequency 50 Hz and amplitude of 0.31 mm, 0.7 mm, 1.10 mm, 1.45 mm.
- Results are shown at Table 6.

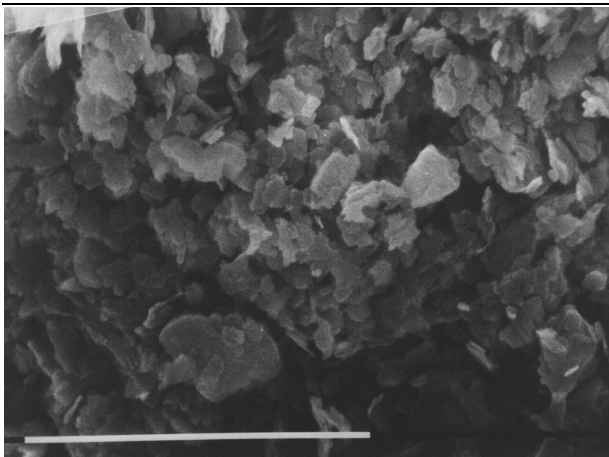


Figure 4. SEM picture of kaolin particles (flakes)
Magnification 6 200 times and Marker 1 μm .

The medial diameter of the bleached kaolin 2.62 μm was decreased to 1.29 μm after the delaminating process by applying of different vibration parameters, duration of the treatment and density of the slurry. The data for the received medial diameter of the kaolin particles at constant frequency and amplitude from 0.31 to 1.45 mm, completely correspond and confirm the data shown at Table 5.

CONCLUSION

An investigation on the influence of the working elements form to the fine selective milling – delamination of kaolin under conditions of vibration milling in the mill with horizontal working chambers was performed. The investigated light working bodies are with inconsiderable differences of the density. The size is between 2.5 to 5.0 mm. Usage of light working bodies as milling media excludes the hit impacts between the bodies and crushing of the material being milled. Under these extremely conducive conditions, the influence of the working

elements form on the process of selective milling was investigated. The increasing of contact area between the working elements of the milling media, which is a direct result from the working bodies form, accelerates the process of delamination. The most appropriate form of the working bodies is lenses, followed by tablets and cylinders.

REFERENCES

- H.L. Podmore, F. I. Ceram, E.G. Beasley. 1969, Vibration grinding in close packed media systems. *A. M. I. Chem. Chemistry and Industry*, p-p 1443-1450.
- L.Kuzev, St. Seksenov. 1997, Vibration grinding by attrition. *Proceeding of the XXI IMPC, Aachen, Germany, September*, Vol. 2.
- Роуз Г. Е. Новые результаты исследования вибрационного машин и вибрационного помола.
- Мадер Г.И. 1966, К вопросу о результатах помола в вибрационных мельницах, Москва, *Труды европейского совещания измелчению*, Госстройиздат.
- Кузев Л. 1998, Вибрационно страване – характерни особености, *XXX October Conference*, Milanovac, Югославия.
- Кузев Л. Ст. Сексенов, М. Методиев, 1995, *Хоризонтални вибрационни мелници – работна среда, бта Балканска конференция по ОПИ*, Септември, Охрид, Македония.
- Вибрации в технике, 1981, Т.6, Москва, "Машиностроение".
- Роуз Гийс, 1964, Проблема измелчения материалов и ее развитие, Москва, *Изд по строительства*.
- Стоев Ст. 1979, Виброакустична техника при преработката на минералните суровини, *Изд. "Техника"*.
- S. B. Davis, M. F. Dawson, 1989, Attrition Grinding, *I.S.Afr.Ind. Min. Metall*, Vol. 89, p-p 231-141.
- Robert F. Conly, 1987, Attrition milling of industrial minerals, Chapter 4.

Recommended for publication by Department
of Mineral Processing, Faculty of Mining Technology