

Момент силы инерции звеньев механизма выдвижения бульдозерного оборудования определяют с помощью формулы

$$T_i = J_{si} \cdot \varepsilon_{si} ,$$

где J_{si} – момент инерции i - того звена относительно оси, проходящей через центр масс звена; ε_{si} - угловое ускорение i - того звена.

После подстановки числовых значений получим следующие значения ускорений, сил инерции и моментов сил инерции для всех звеньев рычажного механизма выдвижения отвала бульдозерного оборудования: $a_{s1} = 0,0011 \text{ м/с}^2$, $a_{s2} = 0,0085 \text{ м/с}^2$, $a_{s3} = 0,011 \text{ м/с}^2$; силы инерции $U_1 = 477,84 \text{ Н}$, $U_2 = 216,90 \text{ Н}$, $U_3 = 601,94 \text{ Н}$; силы моментов инерции $T_1 = 21,68 \text{ Нм}$, $T_2 = 3,08 \text{ Нм}$, $T_3 = 11,60 \text{ Нм}$. Результаты вычислений приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Значения ускорений в механизме выдвижения отвала

Параметры	a_O	a_M	a_L	a_K	a_J	a_R
Значения, м/с ²	0,0021	0,0022	0,0044	0,0085	0,017	0,022

Таблица 2. Значения сил инерции и моментов сил инерции в механизме выдвижения отвала

Параметры	U_1 , Н	U_2 , Н	U_3 , Н	T_1 , Нм	T_2 , Нм	T_3 , Нм
Значения	477,84	216,90	601,94	21,68	3,08	11,60

По данным таблиц видно, что в механизме выдвижения отвала бульдозерного оборудования наибольшее значение сил инерции имеет отвал бульдозера, а наибольшее значение момента сил инерции имеет заднее рычажное звено.

Выводы:

1. Найдены ускорения кинематических пар рычажного механизма выдвижения отвала бульдозерного рабочего оборудования на основе графических методов.
2. Определены силы инерции и моменты сил инерции звеньев механизма выдвижения бульдозерного оборудования для различных положений отвала.

Список литературы

1. Тургумбаев Ж.Ж., Башиков И.Т. Управляемый отвал бульдозера для очистки снежных и грунтовых завалов на горных дорогах // Известия Кырг. гос. техн. ун-та им.И.Раззакова. Бишкек: 2010. № 21. – С. 80-83.
2. Тургумбаев Ж.Ж., Урманяев С.И. Бульдозерное оборудование для расчистки горных дорог от снежных и каменных завалов //Наука и новые технологии. – 2000, № 2. – С. 131-133.

References

1. Turgumbaev J.J., Bashikov I.T. A controllable bulldozer equipment for clearing snow and stone rubble on mountain roads// Proceedings of Kyrgyz State Technical University named I.Razzakov. Bishkek: - 2010, No. 21. - P. 80-83.
2. Turgumbaev J.J., Urmanaev S.I. Bulldozer equipment for clearing of mountain roads from snow and stone rubble//Science and new technologies. - 2000, No. 2. - P. 131-133.

УДК 622.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ КРЕПКИХ РУД ОТ ВРЕМЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ - ВОЛН

Султаналиева Рая Мамакеевна, к.ф-м.н, проф. КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Мира, 66, +996 705578159, e-mail:raia-ktu@mail.ru

Приведены результаты исследований изменений температуры руд и минералов от продолжительности времени воздействия СВЧ волн. Обоснована формула определения характерной температуры, при которой реализуется эффективное измельчение руд и минералов.

Ключевые слова: руда; минерал; температура; микроволны; теплоемкость, удельная энергоемкость, измельчение

**TEMPERATURE DEPENDENCE OF STRONG AND ORE MINERALS FROM TIME EXPOSURE
MICROWAVES**

Sultanaliyeva Raia Mamakeevna, candidate of Physical and Mathematical Sciences, prof. the Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, c. Bishkek, Mira 66, +996 705578159 e-mail: raia-ktu@mail.ru

The results of investigations of temperature changes of ores and minerals on the duration of exposure to microwaves. Is substantiated formula for determining the characteristic temperature at which the realized effective grinding of ores and minerals.

Keywords: ore; mineral; temperature; microwave; heat capacity.

В настоящее время решение проблемы повышения производительности обогащения, снижение энергоемкости измельчения связано с изысканием эффективных методов их разупрочнения. Поэтому, большое значение приобретают способы разупрочнения руд с помощью воздействия более эффективных физических полей, например, тепловых полей и СВЧ - облучение. Из всех известных, изученных видов энергии, с точки зрения влияния на физико-механические свойства пород и руд, наиболее перспективна энергия электромагнитного поля сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. К преимуществам разупрочнения горных пород в СВЧ электромагнитных полях относится: объемный характер преобразования излученной СВЧ - энергии в тепловую, в пределах глубины проникновения в зависимости от частоты электромагнитного поля; высокая температура нагрева, позволяющая обеспечивать скорость разупрочнения, соизмеримую с принятыми скоростями механического нагружения.

Источником облучения СВЧ - волн можно использовать микроволновую печь, средняя мощность которой составляет 1,5 МВт. СВЧ - микроволны представляют собой форму энергии, аналогичную электромагнитным волнам, используемым в радио- и телевизионном вещании и обычному дневному свету. Обычные электромагнитные волны распространяются наружу через атмосферу и исчезают в пространстве без следа. В микроволновых печах имеется магнетрон, с помощью которого электричество, используется для генерации микроволновой энергии. Испытуемые образцы горных пород помещаются в СВЧ - печь. Предварительно определяются исходные физико-механические свойства этих пород в условиях комнатной температуры. Продолжительность выдержки в печи составляла от одной до десяти минут, с интервалом две минуты. В печи можно выбирать 5 уровней микроволновой мощности. Был использован уровень мощности – 700 Вт. Частота микроволн составляет – 2450 МГц. Полезный объем печи составляет 0,03 м³. Масса навесок по 200–250 г и средними размерами 20-25 мм.

Разупрочнение горных пород (руд) при воздействии СВЧ - волн связано, прежде всего, с их нагревом, при этом энергия СВЧ - поля поглощается породой и превращается в тепловую энергию, температура породы повышается на dT . Для повышения температуры породы массой m на dT необходима энергия

$W = mc dT$, а $W = Pt$, отсюда выразим:

$$dT = \frac{Pt}{c\rho V} \quad (1),$$

где, P – мощность СВЧ - поля, поглощаемая единицей объема породы;
 t – время воздействие СВЧ - поля; C – удельная теплоемкость породы;
 ρ – плотность породы.

Подставляя $dT = T_2 - T_1$ и $P = \frac{N}{V}$ в формулу (1), получим

$$T_2 - T_1 = \frac{Nt}{Vc\rho} \quad (2),$$

где V – объем навески породы; T_1 - первоначальная температура, **К**;

T_2 - температура при исследуемой длительности нагрева (t, c) в **К**; N - мощность СВЧ - установки.

Температуру породы для разной длительности воздействия СВЧ волн можно определить по формуле (2).

В поле воздействия СВЧ - волн электропроводящие и полупроводящие минералы значительно нагреваются, тогда как, диэлектрические практически не нагреваются. Для нагрева диэлектриков можно использовать более высокие частоты, но этому препятствует уменьшение глубины проникновения СВЧ – поля. Поэтому максимальной разрешенной частотой, используемой в СВЧ – энергетике, является частота 2,45 ГГц. [3].

Определим температуру нагрева руды, для продолжительности действия СВЧ волн $t = 40c$, диорита месторождения Токтозан. Удельную теплоемкость

$C_0 = \frac{0,65 \text{ кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ берем из таблицы [2], размеры навески (пробы) $2 \times 2 \times 2,5 \text{ см}$; $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$; $V = (2 \times 2 \times 2,5) * n = (2 \times 2 \times 2,5) * 5 = 50 \text{ см}^3$, где n – количество кусков навески.

$$(T_2 - T_1) = \Delta T; \Delta T = \frac{N t}{C \rho V} \quad (3)$$

Подставляя соответствующие значения величин, получаем

$$\Delta T = \frac{N t}{C \rho V} = \frac{700 \text{ Дж/с} \cdot 40 \text{ с}}{\frac{0,65 \text{ кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,00005 \text{ м}^3 \cdot 2700 \text{ кг/м}^3} = \frac{28 \text{ кДж}}{0,088 \text{ кДж}} = 318 \text{ К};$$

$$T_2 = \Delta T + T_1 = 318 + 20 = 338 \text{ К}; \text{ или } T_2 = 338 - 273 = 65^\circ \text{C};$$

Известно, что при повышении температуры повышается удельная теплоемкость горных пород [1,5].

Считают, что при температуре от 273 до 773 К (от 0 до 500⁰ С) теплоемкость горных пород изменяется практически по линейному закону [5].

Для определения удельной теплоемкости горных пород для соответствующей температуры, запишем

$$C_T = C_0 + C_0 * T_K \quad (4),$$

где C_T – удельная теплоемкость при температуре T ; C_0 – удельная теплоемкость исходного состояния (начальная, при комнатной температуре);

T_K – коэффициент пропорциональности.

При увеличении продолжительности действия СВЧ - волн более 1 минуты температура горной породы повышается не строго по линейному закону, и поэтому необходимо найти зависимость удельной теплоемкости от продолжительности воздействия СВЧ - волн. На основе экспериментальных исследований и с учетом формулы (4) (совместно с Тажибаевым К.Т.) получена следующая зависимость удельной теплоемкости горных пород [4].

$$C_T = C_0 + C_0 \frac{t_m R_m}{4} = C_0 (1 + \frac{t_m R_m}{4}) \quad (5),$$

t_m – продолжительность СВЧ - воздействия, в минутах;

R_m – коэффициент размерности времени, 1/минут.

Формула (5) справедлива для температур от 0 до 1000⁰С, т.к. выше этой температуры в горных породах возможны процессы разложения.

Как указано выше, для диорита (Токтозан) $C_0 = 0,65 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ [2]. Определим, на основе полученной нами формулы 5, теплоемкость данной руды для продолжительности времени воздействия СВЧ - волн равной 1 минуты:

$$C_T = C_0 (1 + \frac{t_m R_m}{4}) = 0,65 (1 + \frac{1}{4}) = 0,81 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \text{ с учетом найденного значения теплоемкости диорита,}$$

для продолжительности времени воздействия СВЧ - волн равной 1 минуте, определяем температуру нагрева воздействия волн.

$$\Delta T = \frac{N t}{C \rho V} = \frac{700 \text{ Дж/с} \cdot 60 \text{ с}}{\frac{0,81 \text{ кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,00005 \text{ м}^3 \cdot 2700 \text{ кг/м}^3} = \frac{42 \text{ кДж}}{0,111 \text{ кДж}} = 381 \text{ К};$$

$$T_2 = \Delta T + T_1 = 381 + 20 = 401 \text{ К}; \text{ или } T_2 = 401 - 273 = 128^\circ \text{C} .$$

Для продолжительности времени воздействия СВЧ - волн 2 минуты

$$C_T = 0,65 (1 + \frac{2}{4}) = 0,975 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \text{ тогда}$$

$$\Delta T = \frac{N t}{C \rho V} = \frac{700 \text{ Дж/с} \cdot 120 \text{ с}}{\frac{0,975 \text{ кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,00005 \text{ м}^3 \cdot 2700 \text{ кг/м}^3} = \frac{84 \text{ кДж}}{0,132 \text{ кДж}} = 636 \text{ К};$$

$$T_2 = \Delta T + T_1 = 636 + 20 = 656 \text{ К}; \text{ или}$$

$$T_2 = 656 - 273 = 383^\circ \text{C} .$$

Таким образом, время выдержки продолжается до 12 минут, с интервалом времени 2 минуты.

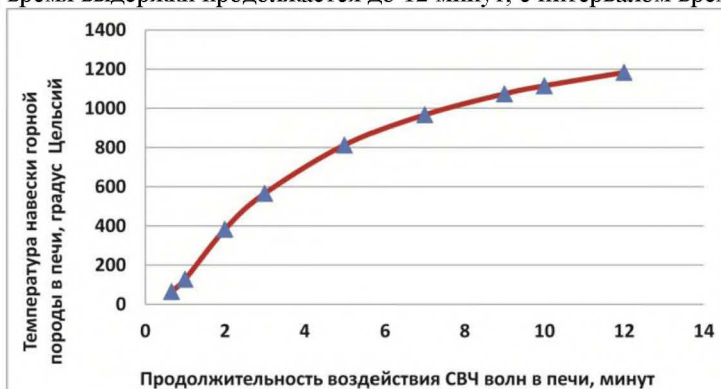


Рис 1. График изменения температуры навески руды (диорит, Токтозан) от продолжительности воздействия СВЧ - волн.

На рисунке 1 представлен график изменения температуры от продолжительности СВЧ - воздействия для диорита месторождения Токтозан. Как видно из рисунка, выше 566⁰ С температура руды изменяется не линейно. Отметим, что температура 566⁰ С соответствует 3-х минутному СВЧ - воздействию и при этой

продолжительности времени воздействия волн обеспечивается минимальная удельная энергоёмкость измельчения (см.рис 2). Дальнейшее увеличение времени воздействия волн, наоборот, приводит к увеличению энергоёмкости измельчения (рассматриваются и представлены средние значения данного показателя). Таким образом, переломное время воздействия СВЧ - волн – 3 минуты, следовательно, температура 566°C может служить характеристикой для диорита Токтозанского месторождения, при которой реализуется эффективное измельчение.

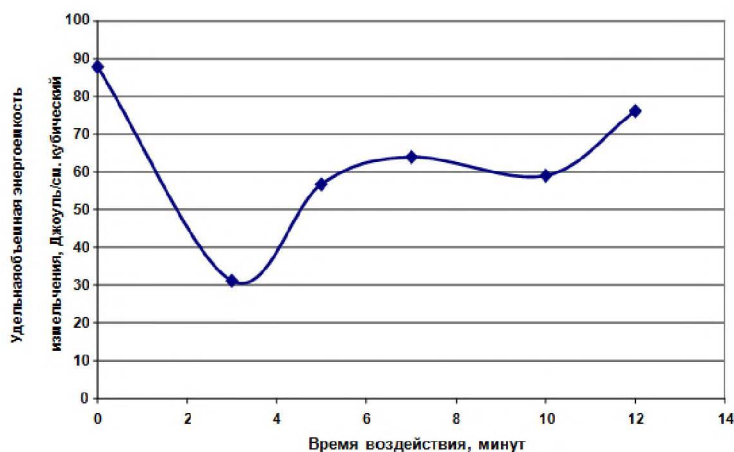


Рис.2 Зависимость удельной объемной энергоёмкости измельчения диорита месторождения Токтозан от времени теплового воздействия (микроволновая печь)

Результаты определения температуры с помощью формулы 5. для разных пород, отобранных из разных месторождений, хорошо согласуется с экспериментальными значениями энергоёмкости измельчения горных пород.

Выводы:

1. Установлено, что при продолжительности действия СВЧ - волн более одной минуты, температура горной породы повышается не строго линейному закону.
2. Определено переломное время воздействия СВЧ - волн и характерная для данной породы температура, при которой реализуется эффективное измельчения руд и минералов, достигается минимум энергоёмкости их измельчение.
3. Получена эмпирическая формула для определения удельной теплоемкости и переломной температуры крепких руд и минералов после воздействия СВЧ - волн.

Список литературы

- 1.Ильницкая Е.И. и др. Свойства горных пород и методы их определения / Е.И. Ильницкая и др. М.: Недра, 1969, 452 с.
- 2.Справочник (кадастр) физических свойств горных пород / под ред. Н. В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.М. Протодяконова. М.: Недра, 1975. 279 с.
3. Диденко А.Н. СВЧ-энергетика / А.Н.Диденко, Б.В.Зверев. М.: Наука, 2000. 264с.
- 4.Тажобаев К.Т. Способ измельчения руд и минералов .Патент Кыргызской Республики №1503. 31.10.2012г. / Р.М.Султаналиева, М.С.Акматалиева, Д.К.Тажобаев.
5. Дмитриев А.П. Термодинамические процессы в горных породах: учебн. для вузов / А.П. Дмитриев, С.А. Гончаров. М.: Недра, 1990. 360 с.

References

- 1.Ilnickaya E.I. and other of Property of mountain breeds and methods of their determination / of E.I. Ilnickaya of and other of M. : Bowels of the earth, 1969, 452 p.
- 2.Reference book (cadastre) of physical properties of mountain breeds / under ред. N. V. Melnikova, V.V. Rzhev, M.M. Protodyankonova. M.: Bowels of the earth, 1975. 279 p.
3. Didenko A.N. SVCH-energy / A.N.Didenko, B.V.Zverev. M.: Science, 2000. 264c.
- 4.Tajibaev K.T. Method of growing of ores and minerals shallow .Patent of Kyrgyz of Republic №of 1503. 31.10.2012г. / R.M.Sultanalieva, M.S.Akmatalieva, D.K.Tajibaev.
5. Dmitriev A.P. Thermodynamics processes are in mountain breeds: book. for Institutions / of higher learning of A.P. Dmitriev, C.A. Potters. M.: Bowels of the earth, 1990. 360 p.