

СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ ДВИЖЕНИЕТО НА ТЕЛА В ЛАБОРАТОРНА МЕЛНИЦА

SIMULATION MODELING OF THE BODIES MOTION IN A LABORATORY MILL

Eng. Stoimenov N.

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria
e-mail: nikistoimenow@gmail.com

Abstract: In this paper the attention is paid to the research of a new type lifter for ball mills. The angle of the separation of the shoulder and the angle of incidence (falling) are defined. For the modeling and simulation of the research is used an EDEM Software, which works on the base of a discrete element method. Analysis of the obtained results are made.

Key words: EDEM SOFTWARE, GRINDING MEDIA, MILLS, LIFTERS.

1. Увод

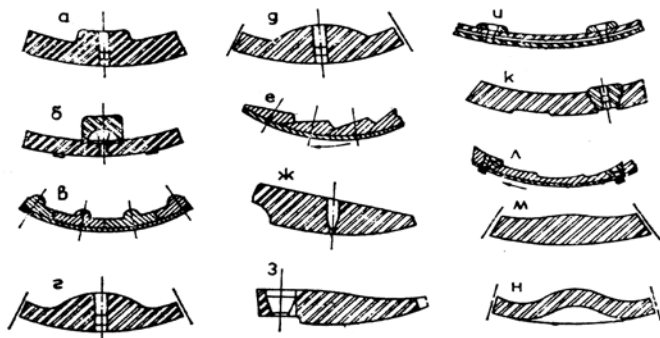
Смилането на материал се извършва главно чрез топкови мелници. Сами по себе си топковите мелници са различни видове с различна конструкция. Топковите мелници осигуряват ефективен начин за смилане на различни видове материали до желана едрина на изходния продукт. Средата на смилане може да бъде мокра и суха. Известни са различни режими на работа на топковите мелници, получаващи се чрез различната скорост на въртене на барабана. От своя страна барабанът на мелницата може да бъде разделен на различни секции за различна едрина на материала. От особено значение е и облицовката на барабана, както и лифтерите [1, 2].

Облицовката на вътрешността на мелницата предпазва мелещите тела и барабана от бързо износване. Тя осигурява движението и издигането на мелещите тела и материала за смилане. След издигането, мелещите тела и материалът преминават в режим на свободен полет. Приземяването им се осъществява върху плочите, лифтерите и мелещите тела [1, 2].

Целта на настоящата работа е симулационно моделиране движението на тела в лабораторна мелница.

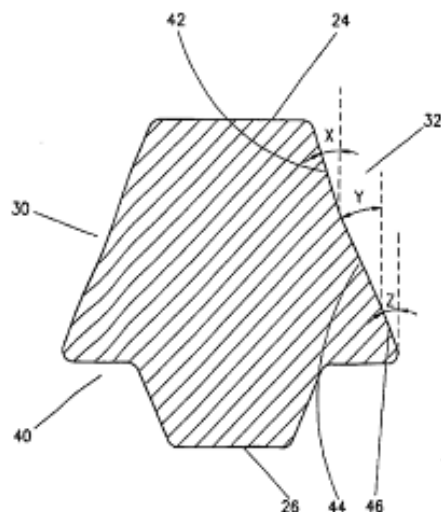
2. Видове облицовъчни плочи и лифтери.

Облицовката на мелниците се изработва от различни материали. Най-използвани са специален чугун или манганова стомана. Облицовката освен по материал се различава и по форма, дебелина и закрепване. От особено значение е бързото ремонтване, отстраняване на повредени или износени плочи. За да осигурява висока надеждност, конструкцията на плочите трябва да осигурява лесен монтаж, демонтаж и подмяна. На фиг. 1 са показани различни профили. Освен мелещите тела е важен и видът на облицовката. Тя влияе на работата на мелницата. Профилите от фиг. 1 - а, б, в, е и ж са формирани от отделни плочи, които се закрепват към барабана посредством болтове. При останалите профили от фиг. 1 - г, д, и, к, л, м, и н закрепването се осъществява със стоманени греди. Те са закрепени с болтове към барабата на мелницата [1, 2].



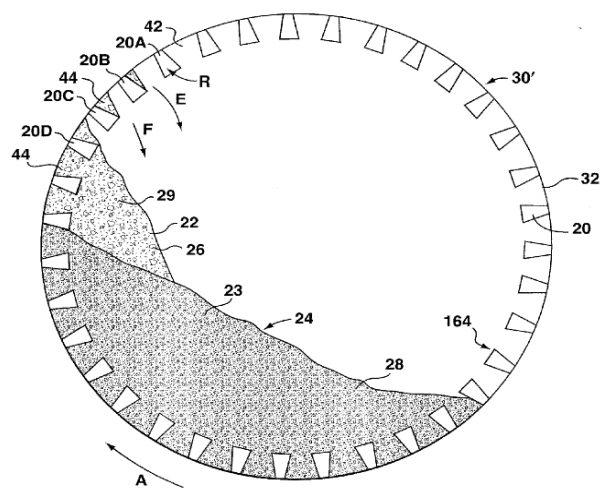
Фиг. 1. Различни профили за облицовка [1].

Известни са и други видове облицовъчни плочи и лифтери [4] с форма, съдържаща глава, ръбове и лице. Този тип е разположен във вътрешната повърхнина на цилиндричния корпус на мелница. Лифтерът, показан на фиг. 2 се състои от три линейни части: горна част, долна част и средна част [4].



Фиг. 2. Лифтер [4].

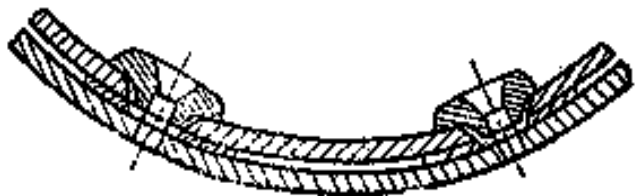
Известен е и друг тип лифтер, показан на фиг. 3 [5] – обърнат трапец. Той е стеснен от страната, контактуваща с вътрешността на мелницата (барабана), а в горната си част е разширен. По този начин формата позволява издигане на материала до по-високо ниво на отделяне на материала от стената на мелницата.



Фиг. 3. Лифтер [5].

За по-високото издигане спомагат и джобове по страните на трапеца. Джобовете са от двете страни, като това позволява мелницата да се върти в двете посоки (по часовниковата и обратно на часовниковата стрелка). При този тип материалът за смилане и мелещите тела се издигат до по-висок ъгъл. Следствие на това материалът пада в централната част на мелницата и попада върху пълнежа от материал и мелещи тела.

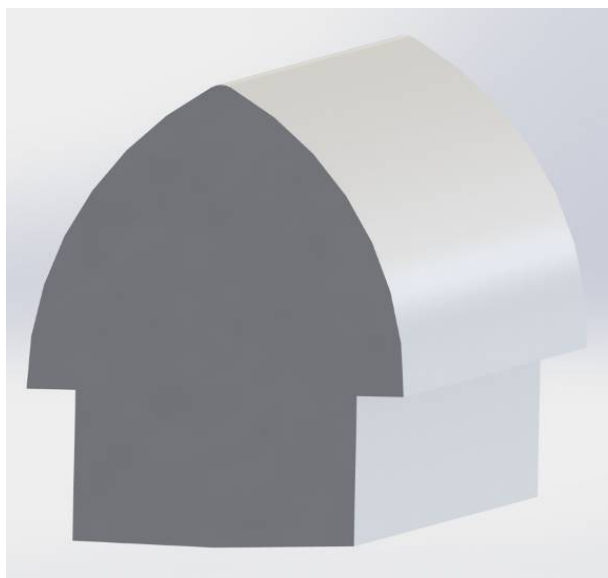
За фино смилане на материала се използва гладка облицовка – фиг. 4, имаща за цел да осигурява стриващо действие [1, 2, 3].



Фиг. 4 Гладка облицовка [2].

3. Лифтер тип сфероидален тетраедър.

Формата и профилите на облицовките, използвани за предпазни плочи и лифтери оказват съществено влияние върху производителността и ефективното смилане на изходния продукт. Различните профили на облицовките и лифтерите имат различен точков и повърхностен контакт, който те осъществяват с материала за смилане и мелещите тела. На фиг. 5 е показана нова форма на лифтер, заявена за патент от проф. Карастоянов и колектив от ИИКТ-БАН, [7]. Лифтерът се състои от тяло, глава и основа. Главата представлява триъгълник със сфероидални страни и заострен връх, с което ще се постига по-ефективно смилане, осигурявано от новата форма.



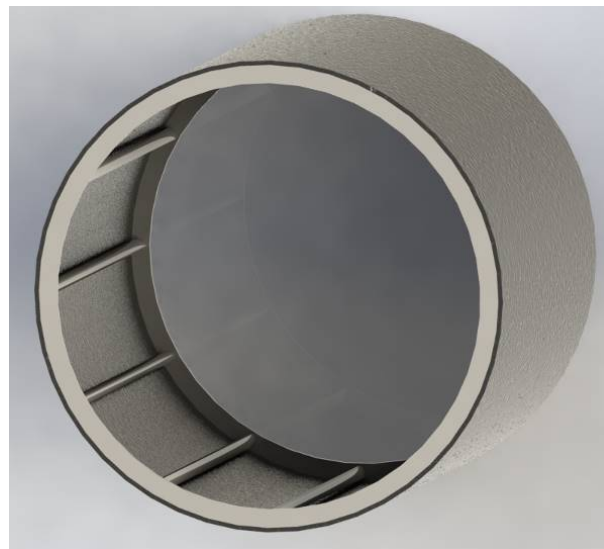
Фиг. 5. Лифтер.

Тялото е моделирано в 3D CAD среда. За провеждането на симулационното моделиране и изследвания на новият тип тяло е необходимо да се извърши техническа реализация в следната последователност:

1. Задаване стойности на входни параметри (взаимодействие на тела, гравитация, материали, връзки между обектите, свойства на материалите);
2. Определяне размера на мелещите тела и техните свойства (маса, обем, материал);

3. Моделиране на мелница и импортиране на модела на: изследване за определяне оборотите на избраната мелница и времето за симулация.
4. Определяне броят на необходимите тела за извършване на симулация и позициониране в мелницата;
5. Оптимизиране необходимите параметри за получаване на изходни данни.

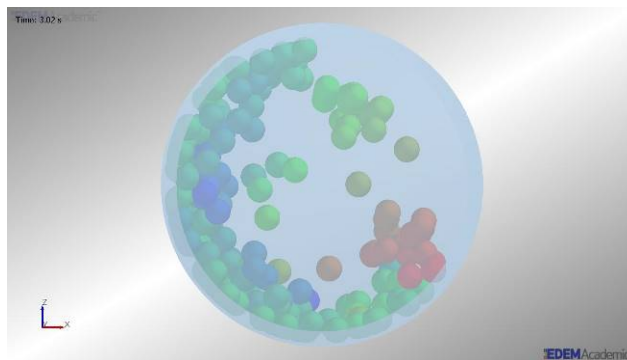
На фиг. 6 е показана моделираната лабораторна мелница. Мелницата е пренастойваема, като броят на лифтерите е с капацитет от 8 до 24 броя. За изследването е избран модел с 12 броя от новия тип лифтер. Те са разположени на 30° един от друг спрямо центъра на мелницата. Мелницата е с размери: диаметър $D = 305$ mm и дължина $L = 305$ mm.



Фиг. 6. Общ вид на моделираната мелница.

4. Провеждане на изследването.

Най-честият режим на работа е водопаден режим, показан на фиг. 7. Характерно за него е, че телата в мелницата се издигат до определена височина, след което се отлепят от стената на мелницата и преминават в режим на свободен полет. При този режим на работа смилането става предимно посредством удар и отчасти посредством смилане. Прилага се при двата метода на смилане – мокро и сухо. Полезен е както при полуавтогенни, така и при автогенни мелници [2, 3, 6].



Фиг. 7. Водопаден режим на работа.

От практиката е възприето, че мелниците работят оптимално в диапазона от 65% до 85% от критичните обороти. Водопадният режим се достига с използването на 75% от критичните обороти на мелница. То се равнява на 57 rpm. Критичните обороти са пресметнати по формула (1) [8]:

$$V_{cr} = \sqrt{\frac{g}{R}} \quad (1)$$

където:

V_{cr} – критични обороти на мелницата;

g – земно ускорение;

R – вътрешен радиус на барабана.

Чрез използването на специализиран софтуер, работещ по метода на дискретните елементи – EDEM Software, е симулирано движението на телата в лабораторната мелница [9], [10]. Софтуерът дава възможност за отчитане на множество параметри. Това го прави мощен продукт при анализиране и определянето на критични обороти, ъгъл на отделяне, ъгъл на падане на мелещите тела и материала за смилане, действаща сила на телата във всеки един момент от симулацията, скорост на въртене на мелницата, както и скоростта на телата, получена по време на симулацията. Определя се и силата, действаща на всяко едно тяло и други параметри, необходими за цялостно изследване на процеса смилане.

Запълването на мелницата е показано на фиг. 8. Определя се с помощта на следната формула (2):

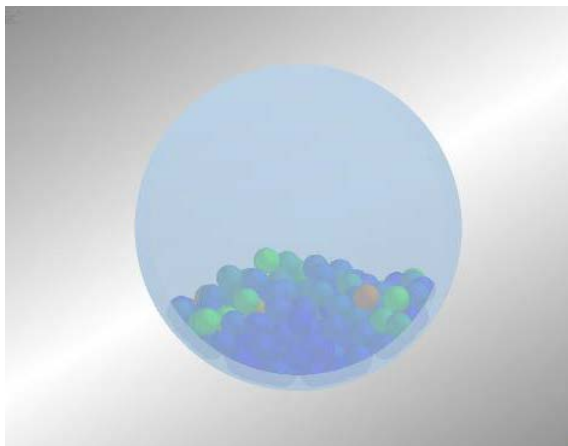
$$\varphi = \frac{100 \cdot G}{g \cdot V} \quad (2)$$

където:

G е масата на пълнежа, t ;

g е обемната маса на пълнежа, t/m^3 ;

V е работният обем на мелницата, m^3 .



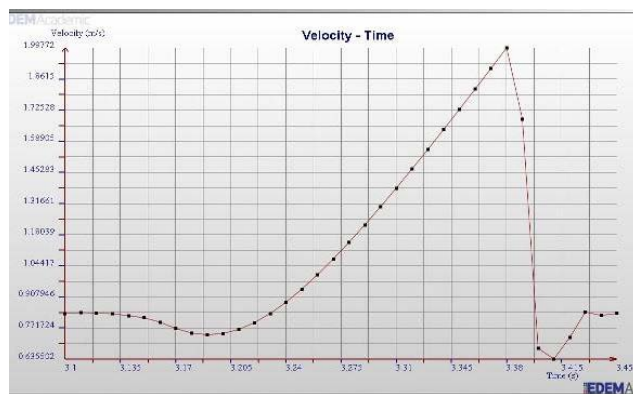
Фиг. 8. Запълване с мелещи тела.

5. Резултати.

С помощта на EDEM Software са отчетени ъгълът на отделяне на мелещи тела от барабана, ъгълът на падането им и средната скорост, достигната от мелещите тела по време на симулацията. Отчетена е силата, получена при следните видове удар: между тела; между вътрешността на мелницата и тела; между тела и лифтери.

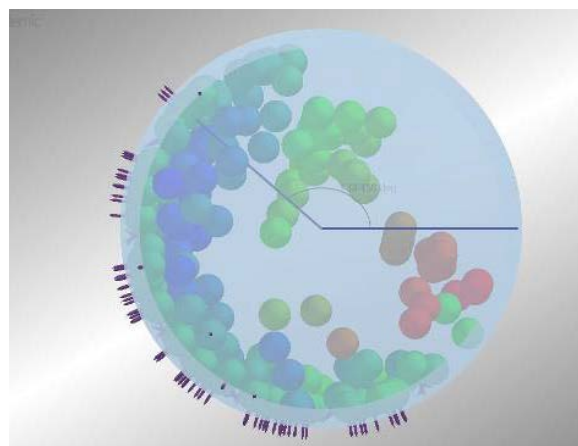
За провеждане на изследването е избрана произволна сферична топка в произволен момент от време на симулацията. Времето, през което е проследена траекторията на мелещото тяло от отделяне на мелницата до падането е 0,35 s. През този период от време тялото премине в свободен полет и достига скорост от 2m/s. Графиката „време-скорост“ е показана на фиг. 9. Приземяването е на повърхнина на лифтер.

За цялата симулация мелещите тела достигат скорости до 2,18 m/s със зададените параметри.

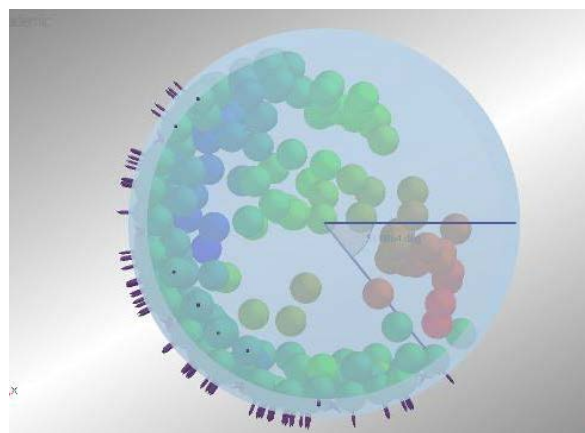


Фиг. 9. Скорост на сферична топка.

Ъгълът на отделяне от барабана – $133,46^\circ$ е показан на фиг. 10. На фиг. 11 е отчетен ъгълът на падане – 55° .



Фиг. 10. Ъгъл на отделяне.



Фиг. 11. Ъгъл на падане.

6. Заключение.

В заключение трябва да се обърне внимание на големината и разположението на лифтерите. Това е от особено значение за издигането и приземяването на мелещите тела и на материала за смилане. Работата по изследванията продължава с промяна на различни фактори, влияещи на производителността – оборотите, едрината на изходния продукт, качеството на изходния продукт и енергийната ефективност на процеса.

Постигнатите резултати от симулирането са основни за проследяване на цялостното поведение на сферичните тела, спрямо новият предложен тип лифтер. Чрез изходните данни ще се сравни ъгълът на отделяне и ъгълът на падане от вече проведени симулации със съществуващият тип лифтер на лабораторната мелница, използвана за симулацията.

Благодарности.

Изследването в настоящата работа е осъществено благодарение на закупена техника от проект AComIn "Advanced Computing for Innovation", договор 316087, финансиран от „Капацитети“ в 7-ма Рамкова програма на Европейската комисия (ЕК), "Научно-изследователски потенциал в конвергентните райони" и с финансовата подкрепа на договор Д01-192.

7. Литература.

1. Жълтов А., Машини за строителни материали, София, Техника, 1980, 104-122
2. Днев С. Трошене смилане и пресяване на полезни изкопаеми, София, Техника, 1964, 141-161
3. Цветков Х., Обогащителни машини, ДИ „Техника“, С., 1988г., 229-252
4. David Royston, „Lifter bars“ WIPO No: W000/33963
5. David J Page, Pramod Kumar, Raj K. Rajamani, Robert Mephram “LILFTER BAR” Pub.No.: US 2012/0228416 A1, Pub. Date: Sep.13, 2012.
6. Лагунова Ю, Проектирование Обогащительных машин, Екатеринбург, 2009г, 175-191
7. Карастоянов Д., Стоименов Н., Заявка за патент на Република България, ЛИФТЕР, Рег. № 112174, приоритет от 14.12.2015
8. EDEM Software User Manual
9. L. Kuzev, T. Penchev, D. Karastoyanov., New Shape Milling Bodies for Ball Mills., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 61, Sofia, 2009, pp 11-20, ISSN 0204-9848
10. D. Karastoyanov, M. Mihov, B. Sokolov., Optimization of the Control System by Milling Processes., John Atanasoff Celebration Days, International Conference "Robotics, Automation and Mechatronics" RAM 2012, Sofia, 15-17 October 2012, pp m15 – m20, ISSN 1314-4634