

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗНОСВАНЕТО НА ОБЛИЦОВКИТЕ НА БАРАБАНИ ТОПКОВИ МЕЛНИЦИ

Иван Минин¹, Антоанета Янева², Петко Недялков³

¹Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, E-mail: minin@dir.bg

²Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, E-mail: antoaneta.yaneva@gmail.com

³Технически университет, 1000 София, E-mail: nedpetko@tu-sofia.bg

РЕЗЮМЕ. В представената работа е описан пасивен факторен експеримент в обогатителна фабрика, преработваща медни руди. Дадена е подробна теоретична постановка и практически данни от предишни изследвания. Експериментът е извършен върху барабанна топкова мелница тип МТР 3,5x5. Резултатите от него са подложени на статистически анализ посредством програмата Statgraphics. Получена е функционална зависимост между целевата функция износване и фактора преработена руда. Направени са изводи за значимостта на изследването.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE WEAR OF DRUM BALL MILLS LININGS

Ivan Minin¹, Antoaneta Yaneva², Petko Nedyalkov³

¹University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, 1700 Sofia, E-mail: minin@dir.bg

²University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, 1700 Sofia, E-mail: antoaneta.yaneva@gmail.com

³Technical University, 1000 Sofia, E-mail: nedpetko@tu-sofia.bg

ABSTRACT. In the presented work a passive factor experiment in a concentration plant, processing copper ore, is described. A detailed theoretical formulation and practical data from previous studies are given. The experiment is carried out on a drum-type ball mill MTR 3.5 x5. Results are subjected to statistical analysis using the program Statgraphics. A functional relationship between the "wear" objective function and the "processed ore" function is obtained. Conclusions about the importance of the study are made.

1. Теоретична обосновка

Износването на облицовките на мелниците е един от основните проблеми при експлоатация на тези машини. Освен че те регулярно трябва да бъдат подменяни, което води до значителни финансови разходи за предприятията, износването влияе и на технологичния процес на смилане на рудата. Износването на облицовките на мелницата увеличава вътрешния обем на мелницата и намалява коефициента на напълване със смилащи тела.

Плъзгането на раздробявания пълнеж по повърхността на облицовката на барабана зависи основно от профила на облицовката и коефициента на триене между раздробявания пълнеж и облицовката.

Износването на облицовката на топковите мелници ще е по-интензивно в мелниците, имащи повече плъзгане и специфични нормални контактни налягания между раздробяващата маса със смилаемия материал и облицовката на барабана.

Известно е, че количеството на раздробен чрез изтриване продукт [1] е пропорционално на площта на съприкосновение на търкащите се повърхности. Изчисленията показват, че повърхността на триене на облицовките с

топките е едва около 2% от сумарната повърхност на топките вътре. Това позволява да твърдим, че количеството износен материал в резултат на приплъзването между смилащите тела и облицовката на барабана, съставлява примерно 2% от общото количество на износения материал.

Оттук следва заключението, че влиянието на облицовката върху количествената страна на процеса на раздробяване за сметка на приплъзването на раздробяващата маса е незначително. В същото време триенето значително повишава износването на облицовъчните плочи на барабана. Тъй като производителността на мелницата по готов продукт е пропорционална на използваната полезна мощност, с намаляване на приплъзването пропорционално ще се увеличава производителността на мелницата и ще се намалява специфичният разход на енергия и облицовка.

Ако натрошаваният товар се движи без приплъзване и скоростта на смилащите тела, които се движат по кръгова траектория, е равна на скоростта на въртенето на барабана ($\omega_T = \omega_B$), то мощността на вала на барабана ще бъде:

$$P_M = P_B = M_B \cdot \omega_B, kW \quad (1.1)$$

където: M_B - момент на барабана на мелницата, NM

ω_B - ъгловата скорост на барабана, rad/s.

При движение на раздробяващите тела с приплъзване за запазване на предишния режим на смилания товар е необходимо да се увеличи скоростта на въртене на барабана със стойност, определена от приплъзването.

Мощността на вала на барабана в този случай ще се измени и се определя като:

$$P'_B = M_T \cdot \omega_T, kW \quad (1.2)$$

където: M_T - масата на смилачата среда (топките), kg;

ω_T - ъгловата скорост на топките, rad/s.

Мощността, която се губи при приплъзване на топковия товар, е:

$$P_3 = P'_B - P_T = M_T (\omega_B - \omega_T), kW \quad (1.3)$$

Загубата на мощност при приплъзване може да бъде записана като сума:

$$P_3 = P_{Tp} + P_{П}, kW \quad (1.4)$$

където:

P_{Tp} - мощност, която се губи за разрушаване на облицовката чрез триене, kW.

$P_{П}$ - полезна мощност, използвана за раздробяване на материала чрез изтъркване в облицовката, kW.

Съотношението на величините в горното уравнение ще се променя в зависимост от площта на контакта на раздробяващия товар с облицовката на мелницата и възникващите при това налягания в местата на контакта.

Проф И.В. Крюгов [1] експериментално е определил стойностите на коефициентите на триене на стоманени топки с различни диаметри при приплъзване по стоманена пластина. Данните от тези експерименти са позволили да се определи, че с намаляване диаметъра на топките при постоянно нормално налягане площта на контакта намалява, а силите на сухото триене значително нарастват, тоест увеличава се стойността на коефициента на триене. Прилагайки тези изводи към процеса на

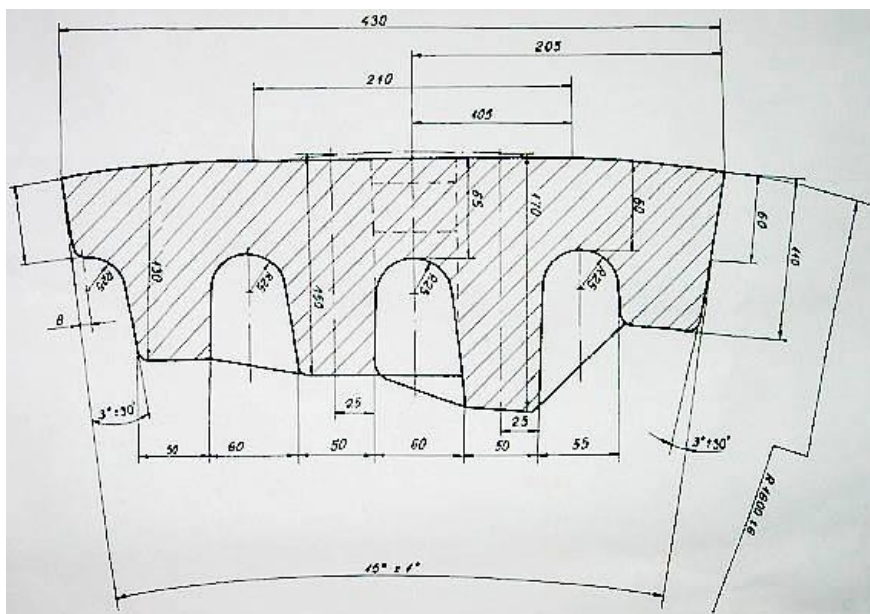
взаимодействие на топковото натоварване с облицовката, може да се направи заключение, че силите на триене между дребните топки и облицовката ще бъдат по-големи отколкото при топковите мелници, работещи с по-едри топки. Увеличаването на силите на триене ще води към съответстващо намаляване на приплъзването на топковия товар относно облицовката. Отчитайки че големината на износването на контактуващите повърхности се определя основно от приплъзването и нормалното налягане, може да се заключи, че при всички други равни условия износването на облицовката и контактуващите с нея топки ще бъде по-голямо в мелниците, които работят с по-едри топки.

Факторът, който ускорява износването на облицовката, е корозия като следствие на химическото и електрохимическото взаимодействие на метала на облицовката с пулпа и парите. Корозията много силно се проявява при мелници с мокро смилане и значителна киселинност на пулпа. При удари и приплъзвания раздробяващата среда оставя по облицовката драскотини, канали, вдлъбнатини, които увеличават площта на съприкосновение на чистия метал с активната среда. Това води до повърхностна корозия. По-малко стабилният окислен слой бързо се сваля чрез раздробяващата среда, оголвайки чистия метал. По тази причина облицовката на мелницата с мокро смилане по правило има по-кратък срок на служба.

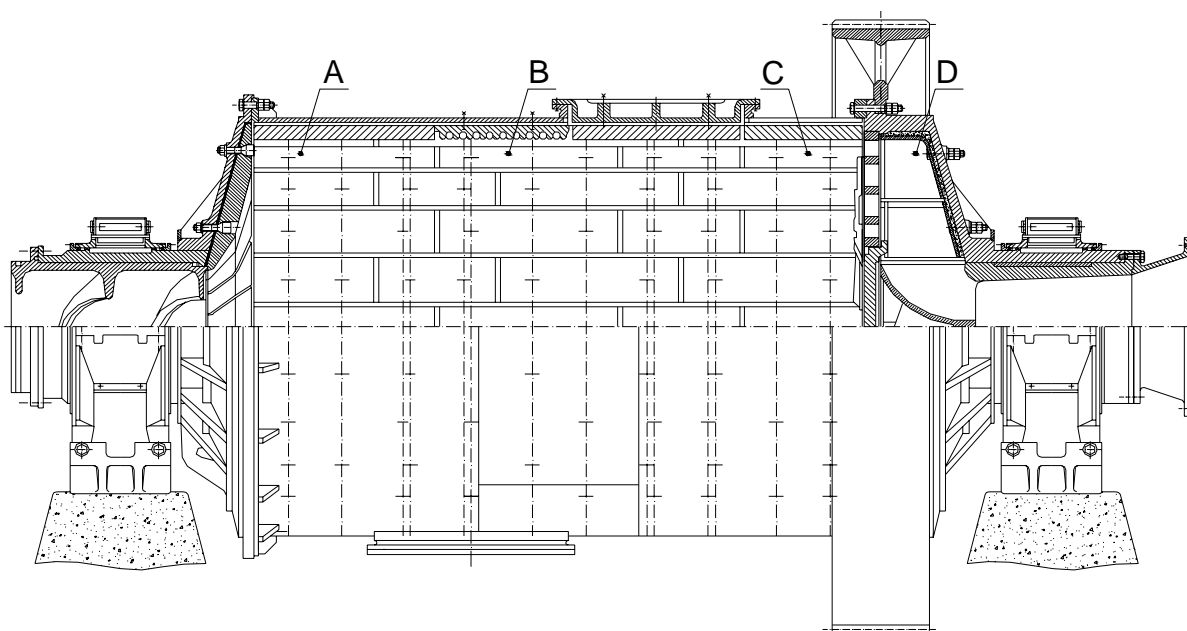
На базата на тези известни от практиката изводи се направи изследване на износването на облицовките на барабанна топкова мелница с решетка, работеща във фабрика „Челопеч“.

2. Описание на експеримента, проведен във фабрика „Челопеч“

Профилът на облицовките на мелниците МТЦ 3,5х5 е показан на фигура 1, като са направени измервания на четири различни сечения с дебелини съответно 120, 170, 150 и 135 мм. Освен това измерванията са в четири зони (А, В, С, D) от барабана, което е показано на фигура 2. При всяко измерване са записани дебелината на съответното сечение и количеството преработена руда от момента на поставяне на нова облицовка до момента на измерването. Измерванията за всяка облицовка от момента на поставянето ѝ са само две поради големия престой на машината и икономическата неизгодност за предприятието. Измерванията са направени на 4 броя облицовки.



Фиг. 1. Профил на облицовките



Фиг. 2. Зони на измервания в барабана

Резултатите от направените измервания са показани в таблица 1

Таблица 1

Дата	Зона на измерване	Сечение 120мм.	Сечение 170мм.	Сечение 150мм.	Сечение 135мм.	Износване l, %	Преработка, Q_{IP}, t
25.07.06	A	90	100	95	90	34,04	270597
	B	95	110	105	100	28,01	270597
	C	100	115	110	100	25,4	270597
	D	85	110	105	95	31,2	270597
10.10.06	A	60	70	65	60	64,21	537716
	B	65	75	70	75	59,9	537716
	C	70	75	75	75	58,4	537716

	D	55	60	65	60	66,2	537716
13.02.07	A	95	110	100	85	31,62	261617
	B	85	120	110	100	27,79	261617
	C	90	130	120	100	23,61	261617
	D	85	100	95	90	35,09	261617
16.05.07	A	65	80	80	75	47,47	537136
	B	70	85	75	80	45,6	537136
	C	70	95	100	80	39,96	537136
	D	65	70	70	60	53,39	537136
20.09.07	A	90	100	95	90	34,04	237468
	B	85	120	115	100	26,96	237468
	C	95	125	115	95	25,07	237468
	D	85	100	90	90	35,92	237468
10.04.08	A	0	5	5	5	97,51	758055
	B	15	25	15	10	88,85	758055
	C	20	35	30	28	80,5	758055
	D	30	45	32	25	77,17	758055
05.08.08	A	90	110	100	85	32,67	279695
	B	95	130	120	95	23,5	279695
	C	95	125	120	95	24,23	279695
	D	80	105	110	90	32,89	279695
17.02.09	A	0	5	5	5	97,51	772067
	B	5	5	5	5	96,46	772067
	C	5	15	13	10	92,73	772067
	D	22	30	33	15	82,73	772067

3. Статистически анализ на получените резултати

Резултатите от експеримента показват, че износването в отделните зони от барабана е различно, което предполага да бъде направено статистическо изследване поотделно за всяка зона, а след това то да бъде усреднено за цялата облицовка. Изследването има за цел да се получи зависимост между износването $i, \%$ от преработената до момента на достигането му количество руда $Q_{ПР}, t$.

Резултатите от измерванията, показани в таблица 1, са статистически изследвани за всяка зона. Чрез програмата STATGRAFICS са получени по два модела за всяка зона, един с константа и един без константа. Оказва се, че параметрите на моделите с константа не могат да бъдат приети за адекватни поради това, че стойностите на

показателя на доверителна вероятност (*P-критерий*) за константите е над критичната $> 0,05$.

В таблица 2 са показани параметрите на получените модели, като модел М1.9 се отнася за усредненото износване на целия барабан. В таблицата са показани стойностите на коефициента на множествена корелация -

R^2 , максималният показател на доверителна вероятност - P_{MAX} , стойността на критерия на Фишер - F и неговата значимост, средната абсолютна грешка, степените на свобода - V и стойностите на константите и коефициентите. Аналитично моделът изглежда по следния начин:

$$i = 1,12 \cdot 10^{-4} \cdot Q_{ПР}, \% \quad (1.5)$$

Таблица 2

Параметри на получените модели

Модел Зона	Const	$Q_{ПР}, t$	V	F	Значимост на F	P_{\max}	Абсолютна грешка.	R^2
M1.1- A	-0,222	0,00012	11	343,04	0,000	0,935	3.12	97.12%
M1.2- A		0,00012	12	831,75	0,000	0,000	3.04	98.69%
M1.3- B	-2,124	0,000116	11	327,81	0,000	0,437	3.791	97.04%
M1.4- B		0,000116	12	702,44	0,000	0,000	3.399	98.46%
M1.5- C	-2,112	0,000108	11	244,48	0,000	0,474	4.043	97.04%
M1.6- C		0,000104	12	526,71	0,000	0,000	3.643	97.95%
M1.7- D	2,573	0,000105	11	433,3	0,000	0,242	3.631	97.74%
M1.8- D		0,00011	12	999,88	0,000	0,000	3.388	98.91%
M1.9		0,000112	12	1119	0,000	0,000	2.576	99.02%

4. Изводи

От получените модели на износването можем да направим следните изводи:

- получените математични модели показват, че износването на облицовките на мелниците, увеличаващи вътрешния диаметър и дължина на барабана е в линейна зависимост от количеството преработена руда;
- количеството преработена руда от барабанна топкова мелница от момента на поставяне на нова облицовка до всеки следващ момент е достатъчно условие да се определят текущите стойности на вътрешния диаметър и дължина на барабана.

- ползата от тези модели е в това, че във всеки момент по тях може да се определи степента на износване в зависимост от количеството преработена руда, но това се отнася само в случаите, когато качеството на облицовките не се променя.

Литература

1. Д.К.Крюгов, „Усовершенствование размольного оборудования горно-обогатительных предприятий“, Недра, Москва, 1966.
2. Димова, В.С., „Ръководство по статистическа обработка на опитни данни“, София, ВМЕИ, 1979г.

Препоръчана за публикуване от катедра
„Механизация на мините“, МЕМФ

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФОРМАТА НА ОТРАЗЕНИЯ ИМПУЛС ПРИ ЧУКА НА ШМИД

Юлиян Димитров, Кристиан Цветков

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail juldim@abv.bg, khc@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. При минния добив намират голямо приложение машини с ударно действие. По предмета Минни машини се изучават параметрите на ударния процес.

В настоящия материал се обсъжда моделът на удара и са обсъдени формулите за отразения импулс.

За пример е взет чука на Шмид, който се използва за определяне на якостта на натиск на скалата. Направени са изводи за техническите параметри на ударното устройство.

STUDY OF THE FORM OF THE REFLECTED PULSE AT SCHMIDT HAMMER

Julian Dimitrov, Kristian Tsvetkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail juldim@abv.bg, kho@mgu.bg

ABSTRACT. In mining large application have machinery impact. Parameters of percussive processes are studied in the course of Mining machinery.

In this paper is discussed the model of impact and the formulas of the reflected pulse are discussed.

For example is given Schmidt hammer, which is used to determine the compressive strength of rock. Conclusions about the technical parameters of the impact device are made.

Въведение

Процесите на удар играят важна роля при някои основни добивни машини в минното производство.

По предмета Минни машини се изучават параметрите на ударния процес. Удачно е в обучението да се използват експериментални прототипи на пробивни машини. Тези машини трябва да са с по-малки габарити и ниска цена. Като пример разглеждаме чука на Шмид. Същевременно той е и професионален инструмент за измерване на якостта на натиск на скалата.

Модел на удара

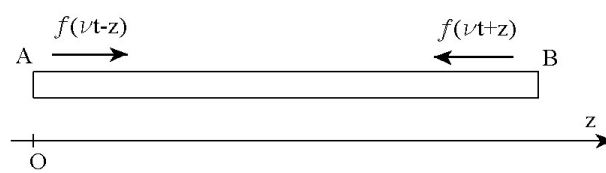
Ударния механизъм формира ударен импулс, който може да бъде описан чрез вълново уравнение като функция на времето. Ефективността при разрушение на ударния инструмент се определя от формата, максималната амплитуда и продължителност на импулса.

Общи принципи и модели на удара

Съществуват много различни модели на взаимния удар на две абсолютно твърди тела. При всички модели е в сила законът за запазване на импулса $m_1 V_1' + m_2 V_2' = m_1 V_1'' + m_2 V_2''$, където m_1 , m_2 - масите на двете тела и V_1' , V_2' , V_1'' , V_2'' - скоростите на телата преди и след удара. В определен смисъл

универсален е моделът на Нютон – предполага се пропорционална зависимост между относителните скорости на телата преди и след удара $V_1' - V_2' = R(V_1'' - V_2'')$. Тук R е коефициента на възстановяване на скоростта. При $R = 1$, ударът е идеално еластичен и при $R = 0$ - имаме пластичен удар.

За извършване на необходимите изчисления се приема дискретен модел на удара – телата се представят чрез елементарни дискретни елементи, притежаващи маса и имащи еластични свойства. Този подход позволява моделирането на процеса на удара с компютър.



Фиг. 1. Ударен процес при свободен прът

На фиг.1 е представен схематичен модел на прът с дължина l . Успоредно по пръта е разположена координатна ос z , с начало в единия край на пръта, обозначен с А, който ще наричаме „приложен край“. Другият край на пръта, обозначен с В, наричаме „работен край“. В процеса на удара в приложния край се поражда „права вълна“. След отразяването на вълната от работния край се поражда „обратна вълна“.

