

BESZÁMOLÓ AZ UZSAI KŐBÁNYÁBAN VÉGZETT KÖTÖRÉSI ÉS ENERGIAMÉRÉSI KÍSÉRLETEKRŐL

ARATÓ MÁTYÁS

Összefoglalás

A dolgozatban a következő feladatot oldjuk meg: hogyan kell kötörésnél az utántörő pofanyílását megválasztani, hogy a zúzáshoz felhasznált energia minimális legyen, feltéve, hogy a 65 mm fölé tört kőzetet vissza kell szállítani az utántörőre s újra meg kell törni.

Intézetünk már régebben foglalkozik aprítási folyamatokkal, elsősorban a kötörés folyamatával. Az első dolgozat, amelyet ezzel kapcsolatban Rényi Alfréd irt, [1] a zúzásnál előálló kötörmelék eloszlásának logaritmikus normális-voltára vonatkozó *A. N. Kolmogorov*-tí szarmazó eredmény egyszerűsítésével foglalkozik és meghatározza a zúzáshoz szükséges energiát. Ennek folytatásaként *Székely Gábor* az Intézet Közleményeiben megjelent dolgozata [2] foglalkozik a pofás-törők optimális (a zúzáshoz szükséges energiát minimalizáló) beállításának kérdésével. Ezen eredmények ellenőrzése és mérési adatokkal való kiegészítése céljából 1953. június és július hónapokban méréseket végeztünk az «Uzsa Kőbánya» vállalatnál.

Előtörőn végzett kísérleteknél 1 csille anyag töréséhez szükséges energia mérése a motor elé helyezett kilowattóra számláló fordulatainak számlálásával, zúzásidőjének mérése stopperórával történt. A mérési eredményeket mint a pofanyílás függvényét vizsgáltuk. Az általános szóhasználatnak megfelelően pofanyílás alatt a törőpofák bordaéleinek mm-ben mért távolságát értjük azok legszűkebb helyzetében. (Ez 30 mm-rel kevesebb, mint amit bordaéltől bordaélig mérünk.) Egy pofanyílás mellett 15–25 csille kőzet zúzásához felhasznált energiát mértük s ezen értékeknek vettük a középértékét. A középérték szórása 75 mm-es pofanyílásnál 2,73%, 85 mm-es pofanyílásnál 6,43%, 87 mm-es pofanyílásnál 4,31%, 90 mm-es pofanyílásnál 6,20%. Azt találtuk, hogy az E átlagos energia és p pofanyílás közötti kapcsolat

$$E = \frac{c}{p^a}$$
 alakú képlettel közelíthető. Kiegyenlítő számítás segítségével — ha E -t kwó-ban mérjük s a p pofanyílást mm-ben — $a = 2,237$ és $c = 10^6 \cdot 1,8436$ értékeket kaptuk. A továbbiakban $E(p)$ -vel jelöljük a kwó-ban mért 1 csille anyag zúzásához felhasznált átlagos energiát, p -vel a mm-ben mért pofanyílást. A következő táblázat a mérési eredményeket s a kiegyenlítővel nyert értékeket adja:

I. táblázat

p mm	Mért érték kvó	E (p) kvó
75	1,138	1,1260
85	0,911	0,8767
87	0,904	0,8368
90	0,788	0,7820
92,5	0,680	0,7403
93,5	0,769	0,7245
94,5	0,698	0,7093
96,5	0,659	0,6802
100	0,610	0,6334
103	0,581	0,5970

A zúzásához felhasznált energiára a Rittinger-törvény, a logaritmikus normális szemcseceloszlás, valamint az eloszlásban szereplő a paraméternek, mint a pofanyílás lineáris függvényének segítségével $\frac{C}{p}$ alakú függvényt kapunk

(lásd *Bényi A.* [1] és *Székely G.* [2]). Eredményünk ettől eltér, s ez abból adódik, hogy a törési folyamat rövid időtartama miatt a logaritmikus normális eloszlással való közelítés nem pontos az eloszlásgörbe alsó szakaszán, másrészt a Rittinger-törvény olyan megfogalmazásban, hogy a felhasznált energia a keletkező felületkülönbségnek lineáris függvénye nem érvényes minden körülmények között pontosan. Ezeket a kísérleteket nem a Rittinger-törvény igazolására végeztük el, mert ahhoz sokkal pontosabb eszközökre a kísérletekre lenne szükség. Megjegyezzük, hogy az irodalomban szerepelnek hasonló megfigyelések és eredmények, amelyek szintén azt fejezik ki, hogy az energia a pofanyílásnak $\frac{C}{p^a}$ alakú függvénye, ahol $a \neq 1$.

Mértük az egy csille anyag zúzásához szükséges időt is, másodpercekben a pofanyílás függvényében; ezeket az adatokat a következő táblázat tünteti fel:

II. táblázat

p mm	t (zúzásidő) mp
75	50,9
85	49,9
87	47,8
90	49,65
92,5	43,7
93,5	43,5
94,5	43,0
96,5	42,2
100	45,75
103	39,1

Utántörőn energiámérést 22 és 38 mm-es pofanyílás mellett végeztünk. A zúzott anyag mennyiségének mérését a szállítószalag sebességének s az 1 méteren szállított anyag mérésének segítségével végeztük.

1 csille anyag (2225 kg) zúzásához felhasznált energiaértékek kwó-ban a következők:

22 mm-es pofanyílás	1,3794 kwó	
38 " " "	0,8585 " "	
22 " " "	pofanyílásnál a törő teljesítménye	90 tonna kő/óra
38 " " "	" " "	140 " "

Mind előtörőnél, mind utántörőnél a zúzott anyagból mintát vettünk s megrajzolva a súlyszerinti eloszlás görbéket meghatároztuk planiméter segítségével az első és második momentumokat, melyeket a következő táblázatban tüntetünk fel:

III. táblázat

Bazalt

p	M_1	M_2
22	34,11	1529,8
38	48,12	2731,4
85	62,31	4926,0
93	73,29	7148,5
94	66,55	5726,0
100	72,39	7019,5

Ezek alapján feltételezve, hogy a szemmagyság szerinti eloszlás logaritmikus normális, meghatároztuk az $a = \frac{M_1^2}{M_2^2}$ és $b = \ln \frac{M_2}{M_1}$ paraméterek értékét.

Mivel b -re közelítőleg konstans értéket nyertünk, M_1 és M_2 -re, $M_1 = c_1 \sqrt{p}$ és $M_2 = c_2 p$ alakban végeztünk kiegyenlítő számítás. Ezen az úton a $c_1 = 7,2641$ és $c_2 = 67,175$ értéket kaptuk, s ezek segítségével

$$a = 3,1207 \sqrt{p}, \text{ és } b^2 = 0,2414 \text{ adódott.}$$

A következő táblázatok M_1 és M_2 mért és kiegyenlítéssel nyert értékeit adják:

IV. táblázat

p	M_1 Mérték érték	$M_1 = c_1 \sqrt{p}$	M_2 Mérték érték	$M_2 = c_2 p$
22	34,11	34,07	1529,8	1477,9
38	48,12	44,78	2731,4	2552,7
85	62,31	66,97	4926,0	5709,9
93	70,29	70,05	7148,5	6247,3
94	66,55	70,43	5726,0	6314,5
100	72,39	72,34	7019,0	6717,5

Eredményeink, mint már az előbbieken is említettük, nem egyeznek meg a régebbi mérésekkel; ennek oka, hogy azokat más jellegű törőkön végzett kísérletek alapján nyerték, másrészt a logaritmikus normális eloszlással való közelítés az eloszlásgörbék alsó szakaszán nem jó. Az, hogy M_1 a pofanyílásnak nem lineáris függvénye, könnyen belátható abból, hogy p bizonyos értékén túl M_1 állandó lesz, mivel a törőbe kerülő közetet igen nagy pofanyílás esetén a törő már nem töri meg, s ezt mindeddig figyelmen kívül hagytuk.

Székely Gábor [2] dolgozatában felvetette és megoldotta azt a problémát, hogyha két részletben törünk, hogyan kell az előtörő p_1 , ill. az utántörő p_2 pofanyílását megválasztani, hogy a zúzáshoz szükséges energiának s a p^* alá zúzott közet súlyának hányadosa minimális legyen.

A mérések alapján egy kissé módosított problémát vizsgálunk, külön tárgyaljuk az elő- és utántörő esetét. Figyelembe vesszük, hogy jelenleg az előtörő és az utántörőről a $p^* = 65$ mm alá tört anyagot használják fel.

Vizsgáljuk meg az 1 csille anyag zúzásához szükséges $E(p)$ energia a a 65 mm alá tört közet $S_1(p)$ részének hányadosát különböző pofanyílások mellett az előtörőn. 1 csille súlynyi anyagot egységnek véve a zúzás után 65 mm alá tört anyag

$$S_1(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} b a^3 e^{\frac{a^2}{2}}} \int_0^{65} a^2 e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \ln a}{b} \right)^2} dx$$

lesz, ezt az integrált a következő alakra hozhatjuk:

$$S_1(p) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\ln \frac{65}{a} - \ln a}{b\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt.$$

$S_1(p)$ értékét táblázatból meghatározva $\frac{E(p)}{S_1(p)}$ -re a következő értékeket kapjuk:

V. táblázat

Pofanyílás	$E(p)$ kcal	$S_1(p)$	$\frac{E(p)}{S_1(p)}$
105	0,5745	0,4880	1,177
100	0,6334	0,5978	1,247
95	0,7018	0,5286	1,328
90	0,7820	0,5504	1,421
85	0,8767	0,5733	1,529
80	0,9897	0,5974	1,657
75	1,126	0,6226	1,809
70	1,2926	0,6484	1,994

Innen látható, hogy az $\frac{E}{S_1}$ hányados a vizsgált intervallumban a pofanyílásnak monoton csökkenő függvénye. Mivel a törő nem törhet 100–105 mm-es pofanyíláson felül a törés állandó megakadása nélkül, így ilyen pofanyílás mellett lesz leghatásosabb a törés.

Utántörőnél megváltozik a helyzet, u. i. a 65 mm fölé tört közetet vissza kell szállítani az utántörőre s újból meg kell törni: 1 csille anyagnak szállítószalaggal a vibrátorhoz (rostákhoz) és onnan a törőhöz való visszaszállításához kb. 0,75 kwó energia szükséges. (Természetesen ez az érték a szállítószalag hosszától, emelési magasságtól függő állandó, így tízemenként változó.)

$E(p)$ -vel jelöltük 1 csille anyag egyszeri zúzásához szükséges energiát; ezt a mennyiséget mértük meg. Azonban, ahhoz hogy egy csille közetet teljes egészében 65 mm alá törjünk, több energia szükséges, mivel a 65 mm fölé tört közetet mindig vissza kell szállítani az utántörőre s újból meg kell törni. Ha egy csille anyagnak 65 mm alá való zúzásához szükséges energiát $\varepsilon(p)$ -vel jelöljük (s kwó-ban mérjük $E(p)$ -vel együtt), úgy

$$\varepsilon(p) = E(p) + 0,75 \Phi(p) + E(p) \Phi(p) + 0,75 \Phi(p)^2 + E(p) \Phi(p)^2 + \dots,$$

ahol

$$\Phi(p) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{\ln \frac{65}{p}}{\alpha}}^{\infty} e^{-t^2} dt,$$

$$\frac{\ln \frac{65}{p}}{\alpha} = \frac{30}{\sqrt{2}}$$

$\varepsilon(p)$ két geometriai sor összege, melyek nyilvánvalóan konvergensek; ennőlfogva az

$$\varepsilon(p) = \frac{E(p)}{1 - \Phi(p)} + 0,75 \frac{\Phi(p)}{1 - \Phi(p)}$$

összefüggést kapjuk.

Ennek a függvénynek keressük a minimumát, ami létezik, mivel a függvény pozitív és $p \rightarrow 0$, valamint $p \rightarrow \infty$ esetén végtelenhez tart.

Differenciálás helyett megmutatjuk ezen $\varepsilon(p)$ függvény értékeinek táblázatát:

VI. táblázat

Pofanyílás mm	$\varepsilon(p)$ kwó
15	2,2460
20	1,7488
25	1,4710
30	1,3030
35	1,1992
40	1,1348
45	1,0975
50	1,0791
55	1,0752
60	1,0823

Az $\varepsilon(p)$ görbét nemcsak 65, hanem 45, 55, 75, 85 mm-es leválasztás mellett is meghatároztuk.

Az eredmény azt mutatja, hogy a függvények jóval nagyobb pofanyílás mellett veszik fel a minimumukat, mint amilyen pofanyílással a jelenlegi utántörők dolgoznak. Ez azt jelenti, hogy 100 csille anyag 65 mm alá való töréséhez 22 mm-es pofanyílás mellett 55 kwó-val több energia szükséges, mint 45 mm-es pofanyílás mellett. Ennek figyelembevétele évente (8 óras műszak 400 csille termelése és 300 munkanap mellett) 66 ezer kwó energiamegtakarítást jelentene egy törőműnél.

Nagyobb pofanyílás esetén a törők teljesítménye is jóval nagyobb lesz óránként s ez is a nagy pofanyílással való törés mellett szól.

IRODALOM

- [1] *Bényei Alfréd*: Az aprítás matematikai elméletéről. Építőanyag 2. 1950.
[2] *Székkely Gábor*: A kőtörés energiaszükségletének minimalizálása az elő- és utántörők legelőszzerűbb beállításával. A. M. I. Közleményei I.

ОПЫТЫ ПО ЛОМКЕ КАМНЯ И ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ В УЖАЙСКОМ КАМЕННОМ КАРЬЕРЕ

M. ARATO

Резюме

В работе решается следующая задача: как выбирается открытие щек дробилки для дробления с целью минимального расхода энергии в процессе толчения, предполагая, что порода, раздробленную на куски, крупнее 65 мм., нужно отвезти обратно на дробилку и подвергнуть вторичному дроблению.

BERICHT ÜBER KRAFTBEDARFSVERSUCHE IM STEINBRUCHE UZSA

M. ARATO

Zusammenfassung

Die Abhandlung löst folgendes Problem: wie ist die Quetschbäckenöffnung der Nachbrechmaschine zu ermitteln um die beim Brechen angewandte Kraft minimal zu halten, wobei angenommen wird, dass das Gestein von mehr als 65 mm Größe zur Brechmaschine zurückgeführt und noch einmal gebrochen werden wird.