



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR
NYERSANYAGELŐKÉSZÍTÉSI ÉS KÖRNYEZETI
ELJÁRÁSTECHNIKAI INTÉZET



SZÁRÍTÓ-GYŰRŰSMALOM-SZÉLOSZTÁLYZÓ ŐRLŐRENDSZER ÜZEM-OPTIMÁLÁSI MÓDSZERÉNEK KIDOLGOZÁSA

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Készítette:

Nagy Lajos

okl. bányamérnök

Tudományos témavezető:

Prof. Dr. habil. Csőke Barnabás

egyetemi tanár

MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

A doktori iskola alapítója: Dr. h.c. mult. Dr. Kovács Ferenc

egyetemi tanár, akadémikus

A doktori iskola vezetője: Dr. Lakatos István

egyetemi tanár, MTA levelező tagja

MISKOLC, 2009

I. Az értekezés célja, tudományos előzményei

A fejlett társadalomnak egyre több, számára fontos, vagy nélkülözhetetlen ásványi nyersanyagot kell kitermelni a földkéregből. A kitermelés, mely bányászati módszerekkel történik, csak az első lépés abban a folyamatban, amely során a nyersanyagból a társadalom számára a létfenntartáshoz, a minél magasabb színvonalú életminőség eléréséhez szükséges tárgyak, eszközök készülnek.

Nehéz és nem könnyen meghatározható az a határ, amely a jóléti társadalom igényeinek kielégítése és a természeti egyensúly fenntarthatósága között húzódik. Ennek a határvonalnak a bizonytalansága, törekeny volta kötelez bennünket arra, hogy a jóléti társadalom kellő önmérséklete mellett, keressük az általunk használt technológiák azon lehetőségeit is, amelyekkel a természet egyensúlyi állapota megőrizhető, az egyes bányászati technológiával kitermelt anyagok kellő megfontoltaságú hasznosításával, a földünk természeti kincseinek igénybevétele csökken.

Napjainkban, ahogy az emberiség története alatt mindig, a nyersanyag kitermelés, feldolgozás nélkülözhetetlen. Az emberiség nem tud megenni sem az energia ellátás zömét biztosító nyersanyagok, sem a mindennapi életben használatos, bányászati termékek, alapanyagok nélkül.

A nyersanyagok feldolgozása során feltűnően magas az aprítási és őrlési előkészítést igénylő nyersanyagok aránya, amihez komoly mennyiségű energiára van szükségünk. A különböző ásványi nyersanyagok aprítási, őrlési fajlagos energia igénye különböző, de átlagosan a fejlett országok, az éves felhasznált összenergiájuk 3-5 %-át fordítják ilyen célra. Ezért fontos, hogy az őrlési, aprítási műveletek energia igényeinek, ill. az erre a célra felhasznált energia mennyiségnek a csökkentése, a csökkenés lehetőségeinek vizsgálata nem csupán gazdasági kérdés, hanem nagyon komoly szerepe van a természeti környezetünk állapotának megtartásában, környezetet romboló folyamatok önhordóvá válásának megakadályozásában.

Ahhoz, hogy az energiaszükséglet csökkentésével, lehetséges módjaival foglalkozni tudjunk, fontos az egyes anyagokra jellemző fajlagos energiaszükséglet meghatározása.

Az energia szükséglet meghatározására kerültek már korábban, neves Tudósok által kidolgozásra az „Aprítási munkatörvények”, melyek az aprítás elmélet egyik feladatát, az őrlendő anyag, az őrlendő anyag diszperzitás foka és az őrlőberendezés által az őrlésre fordított energia közötti összefüggéseket hivatottak feltárni. Az őrlési folyamat igen bonyolult volta miatt a probléma a mai napig sem tekinthető megoldottnak, annak ellenére, hogy kérdéskörre vonatkozó irodalom igen kiterjedt.

Az őrlhetőségi vizsgálatokra elsősorban a malmok méretezésénél van szükség, mert az őrlendő anyag őrlési munkaigényéből, mennyiségéből meghatározott összes őrlési munkának elvben meg kell egyeznie a malom munkavégző képességével.

Esetemben nem a malomméretezés miatti őrlhetőségi vizsgálatok voltak az elsődlegesek, hanem ipari körülmények között meghatározni az őrlési munkaigényt és azt összehasonlítani a laboratóriumban különböző módszerekkel végzett mérések eredményével. /Bond-féle munkaindex, Hardgrove-index/

Ezek az összevetések mutattak rá arra, hogy ipari körülmények között, egy folyamatosan változó anyag feladási paraméter rendszer mellett, milyen a technológia energiaigénye.

Fontos célja értekezésemnek, hogy az őrlési energia igényen túllépve, a technológia legenergia igényesebb egységének, az őrlés – osztályozás – szárítás egységnek az energia igényét vizsgáljam és megtaláljam ennek minimalizálási lehetőségét.

Az értekezéshez szorosan kapcsolódó területeket több kutató vizsgálta SMEKAL [1] az aprítás eredményeinek a felületi energiát tekintette és ezzel levezette az aprítás hatásfokát.

Beke [2] foglalkozott SMEKAL állításának bírálatával és Beke szerint valamilyen energia átalakító gép hatásfokát egy tört adja meg, melynek számlálója a hasznosított, nevezője az összes bevezetett energia. A nem hasznosított energia hővé alakul.

BOWN [3] szintén foglalkozott a lassú őrlési folyamatra jellemző energia mérleg felállításával.

Számos kutató végzett kalorimetrikus méréseket, amelyek azt mutatták, hogy az energia érdemleges része a szilárd testben, illetve az őrlési termékben akkumulálódik.

SEKULA [4-6] és munkatársai módszert dolgoztak ki a diszperz rendszer, valamint az őrlési folyamat eloszlásának kvantitatív meghatározására.

A szakirodalom, ill. a tudományos előzmények alapján, a következő megállapítások tehetők:

- ? Olyan őrlőberendezés használata esetén, ahol az őrlés – osztályozás – szárítás egy berendezésen belül kerül megvalósításra, a komplex folyamat

energiaigényének a meghatározásával, az energia igény optimalizálásával a szakirodalom elenyésző mértékben foglalkozik.

- ? Az őrlési energia – szemcseméret kapcsolatára nincs olyan elméleti megoldás, amely valamennyi körülményre alkalmas lenne.
- ? Az ásvány-előkészítésben használatos azonos típusú berendezéseknél és a feladott anyag - még azonos típusú anyagnál is – folyamatos minőségi változása miatt a fajlagos energia igény változik. Napjainkig a tudományos kutatás elsősorban olyan elméletek kidolgozására vezetett, melyekkel egy – egy anyagfajtára, laboratóriumi körülmények között, jól használható őrlhetőségi eredményeket kapunk.

II. Tudományos munkám célkitűzései

Meggyőződésem, hogy a laboratóriumi mérések eredményeire támaszkodva, abból kiindulva, minden technológiának, ipari körülmények között is el kell végezni az energiaigény optimalizálására vonatkozó méréseket.

Az egyes, üzemszerűen működő technológiákra alkalmazható mérési eljárások más metodikát igényelnek, mint a laboratóriumi mérések módszertana. A technológiai folyamatra a mérési modellt, a méréshez szükséges eszközöket egyedileg kell megtervezni, kiválasztani, hogy a kitűzött cél elérése minél biztosabb legyen.

A kutató munka fő célkitűzése az volt, hogy a gyárba beépített technológiai folyamat őrlés-szárítás-osztályzás egységére meghatározzam az optimális energia felhasználást és a lehetőségekhez képest általánosítsam ennek eredményeit.

Törekedtem arra, hogy a módszerek alkalmasak legyenek általában is más, hasonló üzemekben való energia optimalizálásra, az alábbi fő területeken:

- Az ipari körülmények közötti Bond-index meghatározásával minden olyan ásvány-előkészítési technológiát alkalmazó területen, ahol az őrlés a gyűrűsmalmok különböző típusaival történik.
- Az energia modell és ezen keresztül az őrlés-osztályzás-szárítás technológiai egység fajlagos energia felhasználásának optimalizálására alkalmas mérési módszer kialakítása
- Az energia modell és a mérési eredmények alapján meghatározni egy automatikus előre csatolásos folyamatvezérlést, amelyen keresztül elérhető egy energiatakarékos termék minőség szabályzás.

III. Az elvégzett vizsgálatok, kísérletek leírása

Kutatásaim során legelső feladatomban volt a hazai és nemzetközi szakirodalom tanulmányozása alapján, és az általam megoldani kívánt probléma lehetséges megoldási módjait, a megoldások elérését segítő kísérletek tervezése és kivitelezése. Ezután laboratóriumi és üzemi kísérletek elvégzését követően, a kapott eredmények rendszerezését, kiértékelését végeztem el. Végül a legfontosabb megállapításokat tézisekben foglaltam össze.

Az elvégzett kísérletek:

I. Laboratóriumi mérések.

A felnémeti mészkő őrlhetőségi vizsgálatait a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetben végeztem el. Az őrlhetőségi mérőszámok érvényességi köre igen korlátozott, csak arra a közegre és arra a malomtípusra érvényes, melyben meghatározták, ezért az őrlhetőségi vizsgálatot feltétlenül ugyanabban a közegben kell elvégezni, melyben az üzemi őrlés folyik. Az igénybevétel módját és sebességét az alkalmazott őrlő közegen kívül a használt malomtípusok is befolyásolják. Ezen okok miatt végeztem a laboratóriumi kísérleteket Hardgrove- és Bond malmokkal.

Univerzális Hardgrove malom

A rendelkezésemre álló univerzális Hardgrove-malom alkalmas volt száraz és nedves közegben, magasabb hőmérsékleten végzett őrlhetőségi vizsgálatok megbízható elvégzésére. A Hardgrove-eljárás alkalmazható a finomőrlés tartományára is, valamint közvetlen nyomatékméréssel az energia felhasználás mérése is biztosítva van.

Bond malom

Az Intézet által tervezett új laboratóriumi dob malom hajtása centrikus és szinte megegyezik a szabványos Bond maloméval. A fordulatszámot frekvenciaváltó segítségével szabályozhatjuk, és az őrlőtér a vízszinteshez képest $\pm 45^\circ$ -kal dönthető, így lehetővé téve az egyszerűbb töltést és ürítést.

Minta anyagok

A felnémeti bányában a korábbi ismeretek és vizsgálatok alapján három típusú mészkövet különböztetünk meg:

- Kovás mészkő
- Fehér mikrokristályos mészkő
- Sötétszürke mikrokristályos mészkő

Az őrlhetőségi vizsgálatok elvégzése során fontosnak tartottam, hogy mind háromtípusú mészkövel végezzünk méréseket mindaddig, míg a három típus mérési eredményei markánsan eltérnek egymástól.

Az őrlhetőségi vizsgálatok mellett laboratóriumi körülmények között meghatározásra került az egyes minták nedvességtartalma, sűrűsége is.

Az őrlhetőségi vizsgálatokat mind a Bond, mind a Hardgrove eljárás során elvégeztük légszár az állapotú mészkövel 20-40-60-80-100 °C-on, és minden mérési hőmérsékleten két mérést végeztünk, s ahol az eltérés nem haladta meg a 3 %-ot, (tömegmérés pontossága 0,01 g) ezek számtani átlagát vettem.

A különböző hőmérsékleten végzett őrlhetőségi vizsgálatok mellett kísérleteket végeztem az üzemi körülményeket jobban szimuláló nedves őrléssel és meddővel kevert mészköre is.

A laboratóriumi mérések során a szakirodalomból ismert és az aprítási, őrlési energia meghatározására használt legfontosabb módszerek szerint végeztünk őrlési, és őrlési energiaigényt meghatározó méréseket.

Az alpmérések - amelyek tiszta mészkömintákra vonatkoztak – mellett megkíséreltem szimulálni az üzemi körülményeket, így vizsgáltuk a feladott anyag nedvesség tartalmának, meddőtartalmának és az őrlési tér hőmérsékletének függvényében a fajlagos energia szükségletet.

A laboratóriumi mérések eredményei a meddő és nedvességtartalommal összefüggésben megerősítették a szakirodalomban leírtakat, miszerint a két paraméter növekedése a feladott anyagban, csökkenti az őrlés fajlagos energia igényét.

Az őrlési tér hőmérsékletének növelésével, tiszta mészkövel végzett kísérletek esetén a fajlagos őrlési energia igény konstans maradt, közvetlen hatása nem volt kimutatható.

A laboratóriumi méréseket Mucsi Gábor szakmai tanácsai alapján Árvai Gáborral közösen folytattuk le. Az adatok feldolgozását és a kiértékelésüket magam folytattam le.

II. Üzemi mérések

Az üzemben végzett kísérletek alátámasztják, hogy minden technológiai sort, vagy részegységet érdemes üzemi mérésekkel ellenőrizni, működésük optimális feltétel rendszerét meghatározni.

A laboratóriumi őrlhetőségi vizsgálatok alapján kézenfekvőnek tűnik, hogy üzemi körülmények között is elvégezzük a méréseket.

Az üzemi mérések első kísérleti szakaszban az őrlési energia meghatározása az őrlhetőség üzemi körülmények közötti meghatározására szolgáltak.

A laboratóriumi mérések alapján az őrlési munka üzemi körülmények közötti meghatározását ellenőrzés, összehasonlítás miatt végeztem el.

A technológia üzemeltetése, az üzemeltetés energia szükséglete és a laboratóriumi mérések alapján egyértelművé vált, hogy az őrlőtér hőmérsékletének az emelése a késztermék nedvesség tartalmának a biztosítása miatt szükséges.

Kísérletek során, a technológia alapbeállításától eltérve, kerestem azt a hőmérsékleti küszöbértéket az őrlési térben, amelynél a rendszer megbízhatóan üzemel és a végtermék minőség minden tekintetben megfelel az elvárásoknak.

Miután a kísérletek alapján bebizonyosodott, hogy a feladott anyag őrlhetőséget alapvetően a hőmérséklet nem befolyásolja, a technológia zavartalan működéséhez szükséges egyéb paramétereknél is meg kellett vizsgálni az őrlési tér hőmérsékletével való összefüggést.

Kísérleteket végeztem a késztermék nedvesség tartalmának a határérték alatt tartásához szükséges őrlési tér hőmérséklet meghatározásán túl, annak a hőmérsékleti küszöb értékének meghatározásán is amelynél a porszűrő üzembiztos működése még lehetséges.

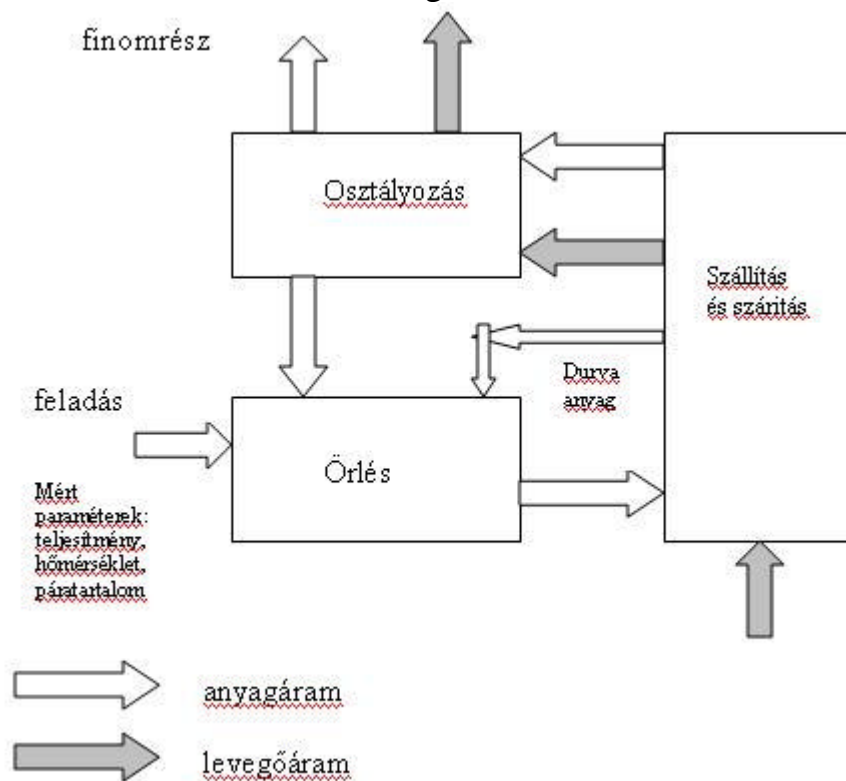
Vizsgáltam a fajlagos villamos energia felhasználását állandó feladás mellett és mérésre került a különböző feladási mennyiség mellett a fajlagos villamos energia szükséglet.

A fentebb említett kísérletek, mérések eredménye egyértelműsítette, hogy az őrlés-szárítás-osztályzás rendszer energia igényét, a szárításhoz szükséges külső, földgáz energia optimalizálásával lehet csökkenteni.

Kidolgozásra került egy olyan mérési modell, amely eredményei alapján az őrlésre bevitt villamos energia felhasználási helyeit és az egyes felhasználási helyeken az elhasznált villamos energia nagyságát meg tudjuk határozni.

Ezek ismeretében határozható meg, hogy a felhasznált villamos energia milyen hányada hasznosul mint szárítási energia.

A folyamat ahol a méréseket el kell végezni a következő:



1. ábra Elvi mérési modell

Az elvi mérési modell felállítása után meg kell határozni az egyes paraméterek mérési helyét, a mérés metodikáját, a mérési eredmények rögzítését, kiértékelését.

Mért paraméterek:

1. - malom hajtómű veszteség
2. - hajtómű palást hőátadási vesztesége a környezet felé
3. - a feladott anyag hőmérséklet és nedvesség tartalma
4. - az áthúzó levegő hőmérséklete
5. - a malom palást hőátadása

A mérési eredmények kiértékelése

A mérési adatok táblázatos formában kerültek rögzítésre, amelyekből különböző diagramok lettek megszerkesztve.

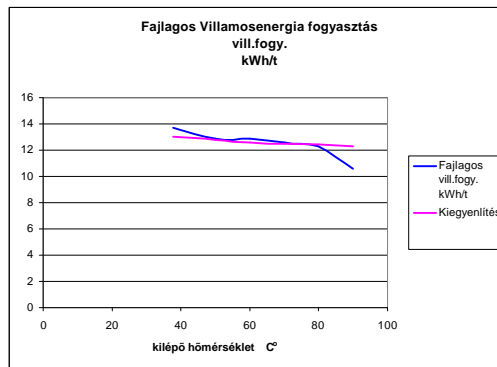
IV. Tudományos eredmények, tézisek

1. A kísérletek során megállapítottam, hogy a növekvő gázfelhasználás nem jár együtt érdemi fajlagos őrlési energia csökkenéssel (1. diagram). Az 50 – 80 °C-os kilépő levegő hőmérséklet tartományban a W_f fajlagos energia alig változik, alig csökken, és a csökkenés mértéke nem fedezi a gázfelhasználásból származó energia felhasználás jelentős növekedését.

Δt	Q		
Időszak	Malom termelés	Kilépő hőmérséklet	Malom vill.fogy.
h	t/h	C°	kWh
2	50	37,8	687
2	50	50,0	644
2	50	60,0	642
2	50	70,0	630
2	50	80,0	614
2	50	90,0	528

1. táblázat Malom villamos fogyasztás

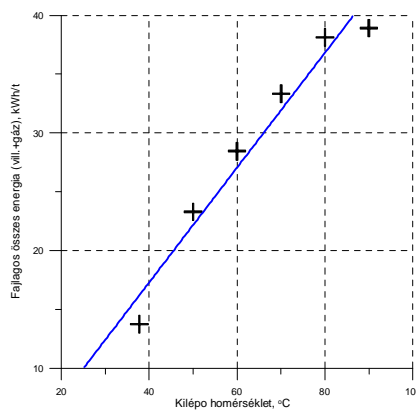
- 1.1. A 2. diagram bizonyítja, hogy a fajlagos őrlési villamos energia stagnálása, ill. csökkenése ellenére az össz fajlagos energia a földgáz felhasználás miatt drasztikusan növekszik. A gázenergia használata az őrlés szempontjából felesleges, indokolatlan. Szerepe csak a szárításban van.



1. diagram Fajlagos villamosenergia fogyasztás

$$Y = -0.04966220204 * X + 15.68983366$$

Relatív szórás: 7,75 %



2. diagram Fajlagos össz. villamosenergia fogyasztás

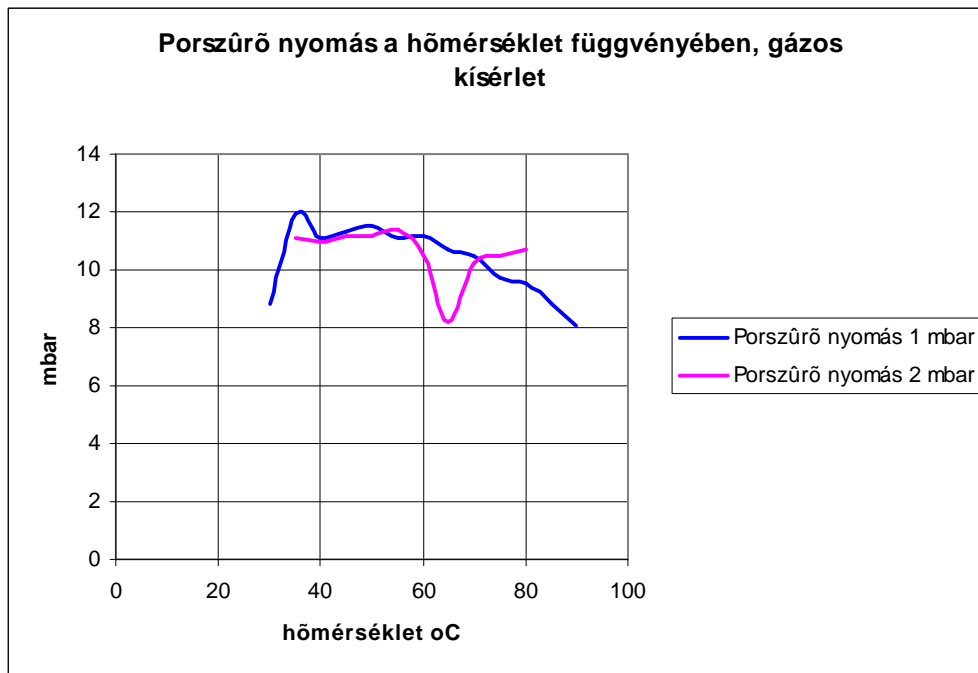
$$Y = 0.4884610433 * X - 2.259198763$$

2. Bizonyítottam, hogy függetlenül attól, hogy az űrlési tér hőmérséklete emelkedésével az űrölhetőség alig javul, létezik a hőmérséklet szempontjából egy alsó határérték, amelyet teljesíteni kell. Ez a határérték ahhoz szükséges, hogy a por-levegő elegyet szétválasztó porszűrőben a betapadás mértéke következtében fellépő nyomáskülönbség a gyártó által megadott értéktől folyamatosan kisebb legyen és ne veszélyeztesse a technológia zavartalan működését.

Dátum / idő	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Feladás	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Porszűrő nyomás 1 mbar	8,8	11,9	11,1	11,3	11,5	11,1	11,2	10,7	10,5	9,7	9,5	8,8	8,1
Közbenső nyomás	36,9	39,2	38,8	40,2	40,0	41,4	40,7	34,1	36,2	37,4	36,7	39,1	37,0
Hőmérséklet °C	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90

Dátum / idő		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Feladás		62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Porszűrő nyomás 2 mbar		11,1	11,0	11,2	11,2	11,4	10,5	8,2	10,2	10,5	10,7
Közbenső nyomás		40,5	39,6	38,5	37,8	35,1	41,7	49	35	41,1	47
Hőmérséklet °C		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

2. táblázat Porszűrő nyomás



3. diagram Porszűrő nyomás

Porszűrő nyomás 1 mbar: $Y = -5.26048951 + 0.814536297 * X - 0.01226373626 * \text{pow}(X,2) + 5.431235431E-005 * \text{pow}(X,3)$

Relatív szórás: 11, 28 %

Porszűrő nyomás 2 mbar: $Y = -18.65547786 + 1.773286713 * X - 0.03358041958 * \text{pow}(X,2) + 0.0002004662005 * \text{pow}(X,3)$

Relatív szórás: 8, 29 %

A hőmérséklet küszöbértéke: 35 °C.

Az őrlési tér hőmérséklete kettős küszöbértékekkel rendelkezik.

Az első a porszűrőben uralkodó nyomáskülönbség határérték alatt tartásához szükséges küszöbérték, amely technikai jellegű és a technológia zavartalan működését biztosítja.

A második küszöbértéket a késztermék nedvesség tartalma határozza meg. A kísérletekkel megállapítottam, hogy ez a hőmérséklet 37,8 °C (1. táblázat).

A technológia zavartalan működéséhez mindig a magasabb küszöbértéket kell beállítani.

3. Megállapítottam, hogy a malom feladási teljesítmény (kapacitás) és a fajlagos őrlési energia igény között lineáris függvény kapcsolat van.

A malom teljesítménye tág határok között változtatható. Az anyagáram mennyiségének alsó és felső határértékét az őrlőágy vastagsága határozza meg.

Az alsó határértéket a malom rezgési sebessége szabályozza.

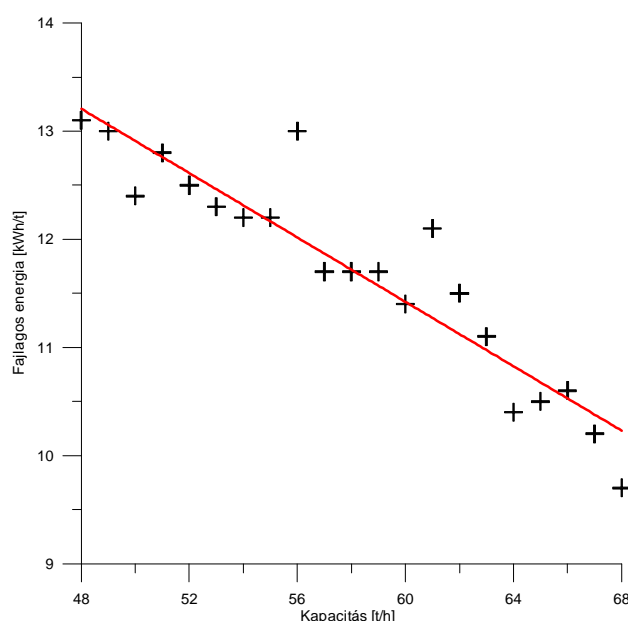
A felső határértéket az energiafogyasztás növekedésén keresztül a malom lefulladás határozza meg.

A 3. táblázat tartalmazza a mérési eredményeket, amelyeket diagram formájában a 4. diagramon láthatunk.

Feladás	[t/ó]	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Fajlagos vill. en. felh.	[kW/t]	13,1	13,0	12,4	12,8	12,5	12,3	12,2	12,2	13,0	11,7	11,7

Feladás	[t/ó]	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
Fajlagos vill. en. felh.	[kW/t]	11,7	11,4	12,1	11,5	11,1	10,4	10,5	10,6	10,2	9,7

3. táblázat Fajlagos villamosenergia



4. diagram Fajlagos villamosenergia

A mérési pontok korrelációs tényezője 0,86262 és a függvény

$$Y = -0.1488311688 * X + 20.35125541$$

Relatív szórás: 8, 28 %

formában írható fel, és alkalmas előzetes számítások elvégzésére.

4. Őrölhetőségi vizsgálatokkal megállapítottam, hogy a kis nedvesség tartalmú, tiszta mészkő őrölhetőségét a hőmérséklet nem befolyásolja, az ingadozás, mérési hibán belüli.

Az elvégzett mérések bizonyították, hogy az őrölhetőség, a nedvességtartalom, a szárítási hőmérséklet és meddő tartalom kapcsolatában a meddő tartalom van döntő hatással az őrölhetőségre.

	Nedvességtartalom [%]	Nyomatékmérésből számított Bond-munkaindex [kWh/t]	Hardgrove-számból számított Bond-munkaindex [kWh/t]
100 % mészkő	0	9,83	13,39
5 % meddőtart.	0,22	8,31	13,16
10 % meddőtart.	0,44	7,89	12,92
100 % meddő	4,44	3,92	8,71

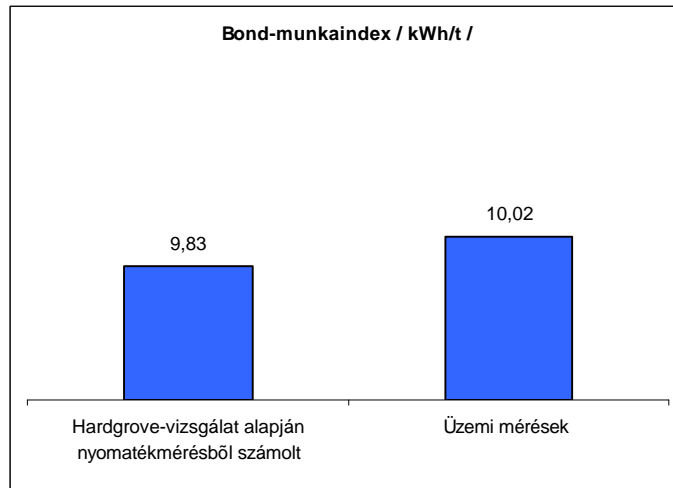
4. táblázat: Őrlési munkaszükséglet változó meddőtartalmak mellett

5. Megállapítható, hogy a nyomatékmérés finomabban érzékelteti az őrölhetőség változását, mint a Hardgrove-index vagy a belőle számított Bond-munkaindex.

Az eredmények értékelésénél figyelembe kell venni, hogy nem tudtam minden esetben azonos őrlési körülményeket elérni. 0,12 – 0,14 %-os nedvesség tartalom mellett a hőmérséklet 40 °C volt, kivéve a Bond vizsgálatot, ahol szobahőmérsékleten dolgoztunk.

	Hardgrove-vizsgálat alapján		Üzemi mérések alapján	Bond-vizsgálat alapján
	Hardgrove-számból számolt	Nyomatékmérésből számolt		
Bond-munkaindex [kWh/t]	13,66	9,83	10,02	8,71

5. táblázat: Bond-munkaindexek alakulása(tiszta mészkő)



5. diagram: Bond-munkaindexek

A minta anyag különbözősége ellenére az eredmények igazolják, hogy a nyomaték-mérés pontosabb, jobban egyezik az üzemi eredménnyel.

- 6 a.) Kísérletekkel megállapítottam, hogy az őrlésre bevitt villamos energia hányadrésze fordítódik szárításra:

$$Q_{vsz} = k Q_{vill}$$

k – az energia modellből meghatározott tényező, amely azt mutatja meg, hogy a bevitt villamos energia hányad része fordítódik szárításra.

- b.) Meghatároztam a szárításhoz rendelkezésemre álló energia egyenletét:

$$Q_{sz} = Q_{lev} + k Q_{vill.en.}$$

Q_{lev} – az őrlési téren áthaladó levegő hő tartam változása.

7. A folyamat vezérlés automatizálásához meghatároztam a szárítási energia egyenletből és a feladott anyag pillanatnyi mért paramétereiből a szükséges szárítási energiát

$$Q_{aszp} = Q_1 (\text{feladott anyag hőváltozás}) + Q_2 (\text{párologtatás feladott anyag})$$

Q_{aszp} – a pillanatnyi anyag paramétere alapján meghatározott szárítási energia

a.) ha $Q_{\text{aszp}} > Q_{\text{szár}}$
 külső, földgáz energia bevitele szükséges, melynek nagysága a $34 \text{ MJ/m}^3 = 9,4455 \text{ kWh}$ értékkel a különbségből meghatározható.

b.) ha $Q_{\text{aszp}} < Q_{\text{szár}}$
 a rendszerben felesleges energia van, (pl. kánikulai idő – magas anyaghőmérséklet), amit plusz anyag feladással tudunk hasznossá tenni.

? Q – a rendszer plusz energia nagysága

$$? Q = Q_{\text{szár}} - Q_{\text{aszp}}$$

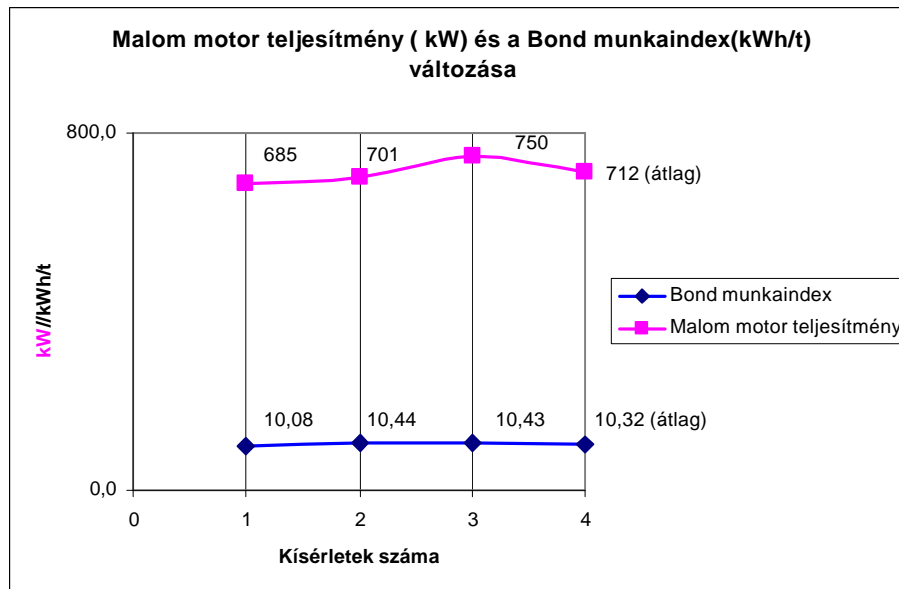
A ? Q és az üzemi Bond munkaindex ismeretében a többlet anyagfeladás nagysága meghatározható

$$m_{\text{üz}} = \frac{? Q}{W_{\text{üiB}}}$$

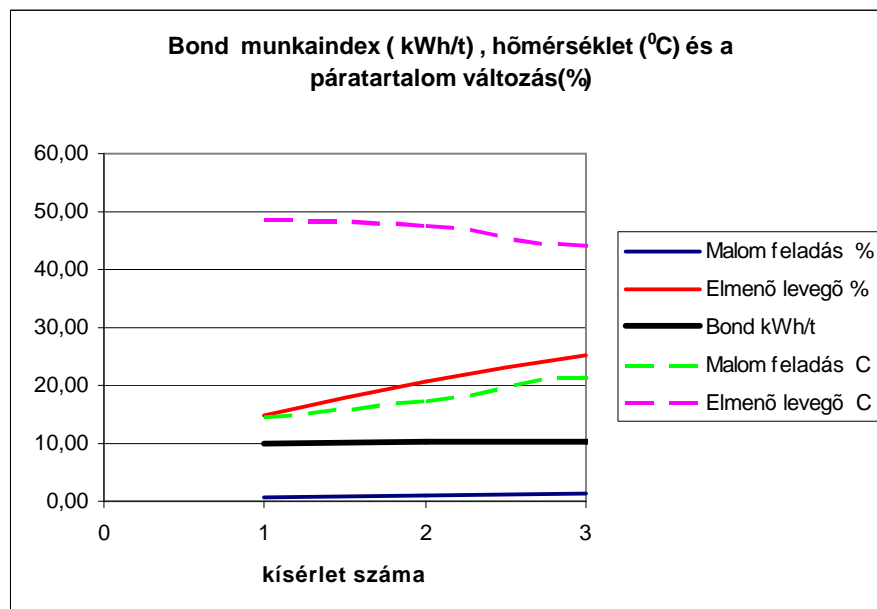
8. Megállapítottam, hogy ha az üzemi Bond-indexet a feladott anyag és az áthúzó levegő paramétereivel vetjük össze, (hőmérséklet, nedvességtartalom) megállapítható, hogy a Bond indexet ezen paraméterek alig, míg a malom motor teljesítményt jelentősen befolyásolják.

	Bond-index [kWh/t]	Villamos telj. [kWh]	Feladás [t/h]	m ² /g	nedv. tart. [%]
1. kísérlet	10,08	658,86	56	1,6	0,69
2. kísérlet	10,44	679,91	54	1,6	0,97
3. kísérlet	10,43	727,28	58	2,2	1,43
4. kísérlet	10,03	673,77	56	1,6	0,80

A szélsőértékek eltérése: 4 % ~ 10,4 %



6. diagram Vill. energia Bond-index /kísérlet



7. diagram Bond száraz és nedves L_G

9. A laboratóriumi mérésekkel sikerült igazolni, hogy a robbantás során a közetekben keletkezett mikrorepedések száma növekszik a nem robbantott mészkőhöz képest és ez az őrlési energiára hatással vannak, csökkenti azt. Szembetűnően jelentkezett ez abban az esetben, ha az őrlési tér hőmérsékletét növeltük.

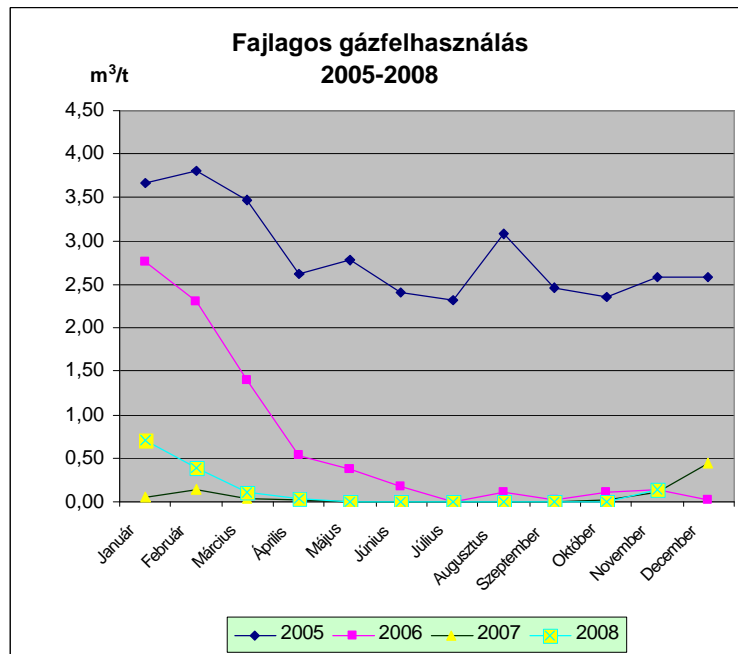
V. Az értekezés eredményeinek hasznosítási lehetőségei

A kísérletek eredményeit a technológia költséghatékonyságának javítására felhasználtuk.

1. A kísérletek alapján meghatározott kilépő levegő hőmérsékletére szabályoztuk a rendszer földgáz felhasználását. A késztermék nedvességtartalmát és a porszűrő nyomáskülönbségre megállapított küszöbértékek közül a magasabbat, azaz a 40 °C-os értéket követtük 2006 májusától és az eredmény igazán látványos volt.

Hónap	Gázfelhasználás m ³ /t			
	2005	2006	2007	2008
Január	3,66	2,76	0,05	0,71
Február	3,81	2,31	0,14	0,39
Március	3,48	1,40	0,04	0,10
Április	2,63	0,53	0,01	0,03
Május	2,78	0,37	0,00	0,00
Június	2,41	0,17	0,00	0,00
Július	2,32	0,00	0,00	0,00
Augusztus	3,08	0,10	0,00	0,00
Szeptember	2,47	0,02	0,00	0,00
Október	2,36	0,11	0,01	0,00
November	2,58	0,14	0,10	0,17
December	2,58	0,01	0,45	0,24
Átlag	2,80	0,56	0,07	0,12

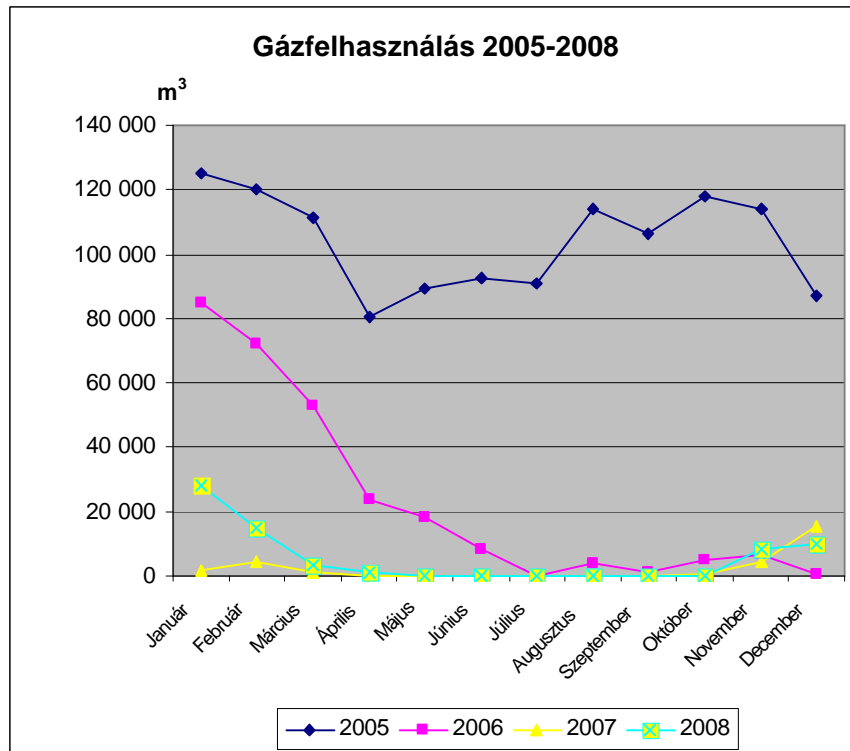
6. táblázat Fajlagos gázfelhasználás



8. diagram Fajlagos gázfelhasználás

Hónap	Gázfelhasználás m ³			
	2005	2006	2007	2008
Január	125 182	84 824	1 897	27 872
Február	120 332	72 246	4 664	15 036
Március	111 384	53 031	1 174	3 481
Április	80 478	23 639	231	1 332
Május	89 361	18 179	0	0
Június	92 383	8 263	0	0
Július	91 169	0	0	0
Augusztus	114 268	3 941	0	0
Szeptember	106 624	965	0	0
Október	117 915	5 066	533	0
November	114 326	6 648	4 662	8 469
December	87 057	383	15 703	9 648
Összes	1 250 479	277 185	28 864	65 838

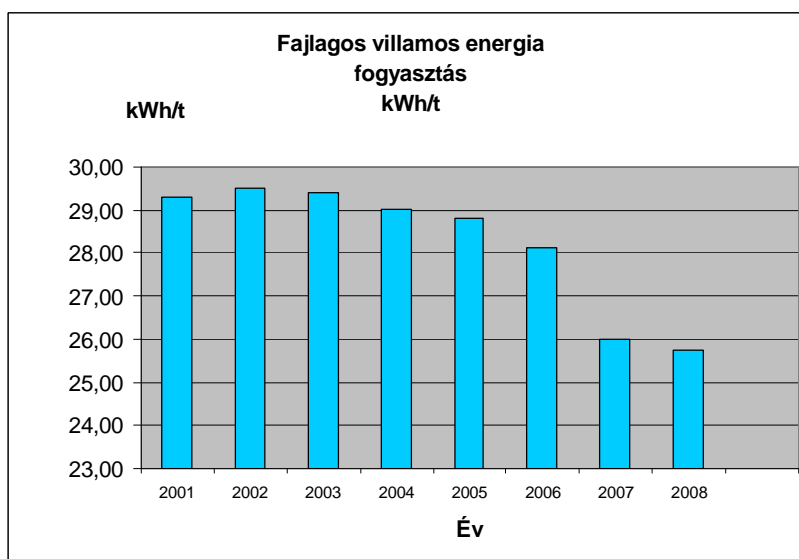
7. táblázat Gázfelhasználás



9. diagram Gázfelhasználás

Évi 550 et-s termelés mellett a földgáz felhasználás csökkenésével jelentős költség csökkenést tudunk elérni.

2. A kapacitás kihasználás és a fajlagos energia közötti függvény és az optimális malomteljeítmény meghatározásával az energiafelhasználás hatásosan csökkent, amelynek hatása a 10. diagramon szemléletesen látszik.



10. diagram Fajlagos villamos energia

PUBLIKÁCIÓK

1. Nagy Lajos: **Korszerű finomosztályzás: osztályozás és őrlés görgős malommal**
BKL 2005. 138. évf. 6. szám 8-11. old.
2. Nagy Lajos: **Az Eger-Felnémeti mészkőbánya**
BKL 2001. 134. évf. 6. szám 463-466. old.
3. Nagy Lajos: **Korszerű finomosztályzás, osztályzás és őrlés görgősmalommal**
Bányagépész Konferencia kiadványa 2005. Balatongyörök 2005. szept. 29-30. 16-22. old.
4. Nagy Lajos: **Környezettudatos bányászkodás Felnémeten**
XI. Bányászati-Kohászati és Földtani Konferencia – BKF 2009. EMT Konferencia kiadványa, Máramarossziget 2009. ápr. 2-5. 78-87. old.
5. Nagy Lajos: **Környezettudatos bányászkodás Felnémeten**
BKL 2009. 142. évf. 2. szám 12-18. old. (megjelenés alatt)
6. Nagy Lajos: **A robbantás geometriai paramétereinek és a robbantott kőhalmaz szemszerkezetének az összefüggései**
BKL 2009. 142. évf. 5-6. szám 15-19. old.
7. Dr. Mádai Ferenc – Nagy Lajos: **Effects of the temperature and the blasting to the grinding energy**
Acta Montanistica Slovaca (megjelenés alatt)
8. Nagy Lajos: **Az őrlési folyamat energia-optimalizálása az Omya Hungária Kft-nél**
Építőanyag (megjelenés alatt)

SZAKIRODALOM

1. SMEKAL, A.: Zeitschr. VDI. 81. 1321 (1937).
2. BEKE B.: Építőanyag 25, 47 (1973).
3. BOWN, R.W.: Bull. Trans. Instn. Min. Metall. Sc. C., London 75. 715, 173 (1966).
4. SEKULA, F.-KRUPA, V. – MERVEA, M. – HOČMANOVA, I.: Bilanz der energetischen Transformation beim Drehbohren (Vortrag) Kosice 1973.
5. MERVA, M. – KRUPA, V.: VI. Symposium für Mechanoemission und Mechanochemie. Berlin. Kurzreferate Nr. 33. (1977).
6. TKAĚOVA, K. – SEKULA, F. – KRUPA, V. – BEJDA, I. – KAVEĚANSKA, V.: VI. Symp. Für Mechanoemission und Mechanochemie, Berlin, Kurzreferate Nr. 32. (1977).