

ÖĞÜTME HESAPLARINDA BOND FORMÜLLERİ

İrfan BAYRAKTAR *

«Cevherlerin, kayaçların ve minerallerin kırılması ve öğütülmesi, endüstriyel önemli büyük bir prosestir. Boyut İndirgeme-deki problemlerin pratik çözümü özel mühendislik bilgilerini gerektirir.»

Fred C. BOND

KIRMA VE ÖĞÜTME TEORİLERİ

Boyut indirgeme ile ilgili olan teorilerin, ortaya koymaya çalıştıkları bağıntı, belli bir boyuta kırılan ya da öğütülen cevherin bu iş için ne kadar enerji harcadığıdır. Kırma ve öğütme ile maddede oluşan fiziksel değişimin fonksiyonu kuşkusuz bir enerji girdisidir.

Enerji girdisi ile üretilen tane boyları arasındaki ilgi, ilk kez 1867 de RITTINGER tarafından ortaya atılmıştır. RITTINGER'e göre faydalı fış girdisi, kırma veya öğütme-de oluşan yeni yüzey alanları ile dolaysız orantılıdır. Bir ton parçacığın yüzey alanı, parçacıkların hepsinin çapı d ise 1/d ile orantılıdır. Bununla birlikte ticari anlamda kırma ve öğütmede üretilen yeni yüzeylerin enerjilerinin ölçümü enerji girdisinin ancak çok küçük bir parçasının bu işe harcadığını göstermiştir. Hemen hemen enerji girdisinin hepsi parça kırıldıktan sonra ısıya dönüşmektedir.

ikinci teori (1885) KICK'indir. KICK gerekli işin, parçacıkların hacimsel indirgenmesiyle orantılı olduğunu belirtti, f çapında bir parçacık, p çapında bir boyuta indirge*

niyorsa, İndirgeme oranı $R_r = \frac{f}{p}$ dir.

KICK her ton için gerekli iş girdisinin R_r ye göre ayarlayarak, iş girdisinin $\log R_r / \log ?$

ile orantılı olduğunu söyler. Bu iki teorinin çıkış noktaları olan temel diferansiyel eşitlikler araştırmacılar tarafından şöyle belirtilmiştir.

RITTINGER,

$$\frac{dE}{dX} = s \cdot \left\langle \frac{G}{X^N} \right\rangle \quad N = 2 \text{ olduğunda}$$

$$E \ll (1/X^2 - .1/\%)$$

veya

$$E * (S_2 - St) \text{ dir.}$$

KICK,

$$\frac{dE}{dX} = \frac{C}{X^*} \quad \text{N = 1 olduğu zaman}$$

$E \propto \log Xi/Xz$ dir.

Bu teorilerin endüstriyel uygulamalarla uyuşmamaları nedeniyle bu konudaki çalışmalar süregeldi. Bond tarafından 1951 de

(*) Maden Yük. Müh.; Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri asistanı — ANKARA

üçüncü teori ortaya kondu. Bilindiği gibi bir maddenin parçalanması için önce o madde çatlakların oluşması gerekir. Parçalanma bu çatlaklardan giderek baslar. Bond'a göre, çatlak için gerekli enerji, yeni yüzeylerin yarısının karekökü ile orantılıdır. Elde edilen yeni yüzeyler de o maddenin boyutları ile orantılı olduğundan enerji girdisi ile boyutlar arasındaki orantı kendiliğinden ortaya çıkar.

Bond'un enerji ve madde boyutları ile ilgili diferansiyel denklemi KICK'In denkleminin aynısıdır.

$$\frac{dE}{dX} = \frac{C}{XN} \text{ İdi.}$$

$N = 3/2$ olduğu zaman, denklem integre edilirse

$$E = a (x^{1/2} - X_1) \text{ çıkar.}$$

X_2 ürün boyutu P , X_1 kırılacak ya da öğütülecek madde boyu F ile belirtilmiştir. (Bond denklemleri)

Gerçekte Bond, teoriye parametrize yönden katkıda bulunmuştur, iş indeksi de enerji girdisi için bir parametre olduğundan ve iş İndeksinin öğütülecek maddenin fiziksel özelliklerine bağlı olması nedeniyle Bond'un teorisi pratiğe yaklaşmıştır.

Şunu kabul etmek gerekir ki, katıların fiziksel özellikleri üzerine toplanan bilgiler geliştikçe pratikle çok daha fazla uyum gösteren bir parametre ya da parametreler bulunabilecektir. Çünkü bu konuya ilişkin kayaç mekaniğindeki gelişmeler, yenilime kriterleri bir açıdan konumuza açıklık kazandırmaktadır, örneğin, Griffith kriteri (1924)

Pratik hesaplar için boyutlar mikron 0-10 olarak alınır ve seçilen bir boyuttan tanelerin % 80 ninin geçmesi gerekir. P . öğütme sonucu elde edilen ürünün % 80 ninin geçtiği elek açıklığını yine mikron olarak tanımlar. W , her short ton için gerekli gücü KWh olarak belirler. W_a ise cevherden cevhere farklı değerler olan bir parametredir. Hatta aynı tip cevherde bile farklılıklar göstere-

bilir. Bu notasyonlar Bond'un temel denkleminde şu şekilde birleşir :

$$m = \frac{10 W_c}{VP} \sim \frac{10 W_1}{VF} \cdot U \text{ dir.}$$

Homojen cevherler için denklemden bulunan değer endüstriyel değerlere yakındır. Günümüzde bundan daha geçerli bir teori henüz yoktur, fakat öğütmenin, tesis verimine ve tesisi işletme harcamalarına olan büyük etkisi nedeniyle bu konuda araştırmalar sürmektedir.

Çeşitli tipte değirmenler yapan Allis-Chalmers firması da Bond'un teorisini kullanmaktadır, öğütme olayındaki bağıntıları Bond Üç İlke şeklinde belirlemiştir. Bu ilkeler bütüncül ve öğütme verilerinin dikkate alınmasında faydalı kılavuzlardır. İlkeler kısaca şu şekilde belirtilebilir,

1. ilke : Enerji girdisi = Ürünün enerjisi — Beslenmenin enerjisi.
2. ilke : Kırma ve öğütmede faydalı iş girdisi, üretilen yeni çatlak uzunluğu ile orantılıdır.
3. ilke : Bir parçacıktaki çatlakların kırılma dayanımını belirler fakat bu iş indeksi değildir.

KIRMA VE ÖĞÜTME HESAPLARININ YAPILMASI

Bond teorisinin ilkeleri ve felsefesi kısaca belirtildikten sonra, formüllerin uygulanabilmesi cevher üzerinde yapılacak bazı testlere bağlıdır. Doğaldır ki yapılan testlerin duyarlılığı, enerji girdisinin endüstriyel değerlere yaklaşmasına ya da farklılık göstermesine sebep olur.

Bir cevher için ton başına enerji tüketiminin bulunabilmesi önce o cevherin öğütülebilirlik testi ile başlar.

ÖĞÜTÜLEBİLİRLİK TESTLERİ

Çubuklu Değirmende öğütülebilirlik Testi :

Testi yapılacak cevher $\frac{1}{2}$ İnç'e kırılır.

Kırılmış cevherden 1250 cc alınır, tartılır, élék analizi yapılır. % 100 devridaim yükü ile kuru olarak öğütülür. Standart değirmen 12 İnç çapında 24 İne uzunluğunda, dalgalı astarıdır. Değirmen devri 46 dev/dak. dır. öğütme ortamı olarak 6 tane 1,25 İnçlik 2 tane 1,75 İriçtk çelik çubuk kullanılır. Çubuk boyları 21 İnç ve ağırlıkları 33380 gramdır.

4 meşten 65 meşe kadar olan bütün tane boylarında test yapılır. Herbfr öğütme periyodu sonunda - bir perlyod 33 devirdir - ürünün elek analizleri yapılır tartılır. Burada hesaplanacak olan değer değirmenin bir dönüşünde kaç gram öğüttüğüdür. (Testi yapılan boyut için).

Devir başına net gram Grp İle gösterilirse -î

$$W_i = \frac{62}{(P_i)^{0,25} \times (Grp)^{0,625} \times \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)}$$

Pı testi yapılan boyutun mikron olarak değeridir.

Bilyeli değirmende öğütülebilirlik Testi :

Cevher 6 meşin altına geçecek şekilde kırılır, Kirmanın merdanell kırıcıda kademeleli olarak yapılmasında fayda vardır. 100 cc life cevher tartılır, elek analizi yapılır, öğütme kuru ve % 250 devridaim yükü ile 12x12 İnçlik bir değirmende yapılır Değirmen devri 70 dev/dak. dır. Öğütme ortamını oluşturan bl [yalar 285 tane ve 20125 gramdır. Bil-

ya boyutları $\frac{V\%}{1}$ İnçden 3/4 İnçe kadar değişir. Bilya şarjının farklı sayısı kabul edilir, egemen faktör bilya ağırlığıdır.

restler 28 meşin altındaki tüm boyutlar için yapılır, öğütme periyodu 100 devirdir.

Her periyod sonunda elek analizi ve tartılmanın duyarlıkta yapılması gerekir. Değirmenin her dönüşünde öğüttüğü net ağırlık Gbp ile gösterilirse:

$$W_i = \frac{44,5}{(P_i)^{0,25} (Gbp)^{0,625} \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)}$$

Temel denkleme göre iş indeksi değirmene giren güç ve ürün boyutlar ile belirlenir.

$$W_i = \frac{W}{\left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)}$$

İş İndeksinin Öğütme için gerekli güç hesabında kullanılmasına örnek olarak Kerretti (Fin.) pebble değirmeni - sınırlandırıcı kapalı devresini alalım.

öğütülen cevher : % 42 silikat, CuFeSfe, Fes, FeSz, ZnS Kuvars kristallerinin büyüklüğü :

0,1 -1,5 mm. Cevherin özgül ağırlığı 3,5 gr/cm

Değirmen girişi $F_{in} = 370$

Değirmen çıkışı $P_m = 85 P$

Pebble boyutları 40 - 90 mm

Değirmen boyutları 2700 x 3600 mm.

% 74 kritik hız, 220 KW motor

Değirmen ve klasifikatörün ton cevher başına harcadığı enerji 7, 8 Kwh (Tesis ölçümü)

t Bu verilerden giderek teorik güç hesabını yapalım :

Cevher için İş İndeksi değeri 13, 13 ile 9,7 arasında değişebilir. (13,13 - 12,77 - 11,35 - 9,57) Cevherin yarıya yakın değeri kuvars olduğu için, kuvarsin iş indeksine yakın bir değer almak gerekir. $W_t = 12,0$ alınmıştır.

$$W = \frac{\text{Temel formülden}}{\sqrt{85} \quad \sqrt{370}}$$

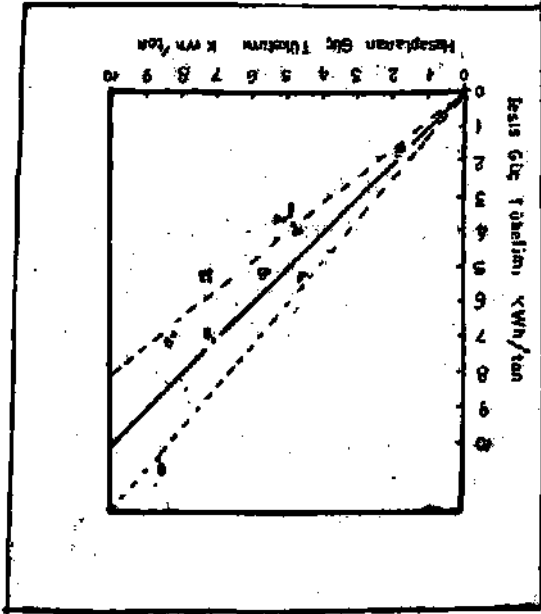
$$W = 6,8 \text{ Kwh/short ton}$$

$$W = 7,54 \text{ Kwh/ton}$$

Çıkan sonuca göre, teorik ile pratik ideal ölçüde uyum göstermektedir. Düzeltme faktörleri uygulanmış olsa bile aradaki fark % 20 yi geçmeyecektir ki bu da iyi bir uyum demektir. Yazının başında belirtildiği cevherlerin ya da kayaçların çok değişik fiziksel özellikler göstermesi nedeniyle bu yaklaşım her zaman elde edilemez. Teori ve pratik arasında % 60 a varan sapmalar gözlenmiştir.

Blaskett tarafından Avustralya'nın on tesisinde yapılan bir araştırma sonucu, Bond'un temel formülü kullanılarak yapılan güç hesabı ile tesislerde gözlenen güç tüketimleri arasındaki grafiksel ilgi şekli 1 de verilmiştir.

Şekil 1 : Gözlenen güç tüketimi ile hesaplanan güç tüketiminin karşılaştırılması



2, 7 ve 8 no'lu tesisler için hesaplanan güç ile gözlenen güç tüketimi arasında tam bir uyuma vardır. Fakat 1 nolu tesis ile 9 TIO-lu tesisin hesap yoluyla bulunan güç tüketimi tesiste gözlenenden % 20 kadar küçüktür. Geriye kalan 5 tesiste (3,4, 5, 6,10)

hesaplanan güç, gözlenenden % 20 kadar büyüktür. Bu verilere *Qöre* hesabın sapması $T \% 20$ dir.

Öğütme işleminin karışıklığı düşünüldüğünde bu sapmanın çok iyi bir düzeyde olduğu kabul edilebilir.

Ortaya çıkan sapmaları, bazı düzeltme faktörleri ile en düşük bir düzeye İndirmek İçin temel güç denkleminin bu faktörlerle çarpılması gereği Bond tarafından açıklanmıştır.

DÜZELTİLMİŞ YÖNTEMLE GÜÇ HESABI

Tesis uygulamalarının farklı durumunun çıkardığı bu değerler dört faktör olarak belirlenmiştir.. Düzeltme faktörleri kullanılarak güç hesabı su formülle yapılır.

$$Güç = W \cdot f_c \cdot A_1 \cdot f_d \cdot e_i$$

W = Temel denklemdaki güç (kwh/short ton)

f_c = Besleme tane boyundaki irilikler için düzeltme faktörü

A_1 = öğütme sonunda elde edilen ürünün ince kısmı İçin düzeltme faktörü

f_d = Değirmen çapı için düzeltme faktörü

e_i = İletim kaybı faktörü
İrilik Faktörü

Tesislerde F_{00} değerinin bulunması sırasında 4000 mikrondan iri taneler öğütme etkinliğini değiştirebileceğinden tane İriliği faktörü güç hesabına katılır. Tane iriliği ile iş İndeksi arasındaki İlginin büyük olması nedeniyle bu İlişkiye bağlı bir F_0 değeri tanımlanır :

$$F_{00} = 4000 \cdot \frac{13}{\dots}$$

F_0 , beslenmenin maksimum % 80 ninin geçtiği elek açıklığıdır (mikron) F_{00} değerini dolaylı olarak öğütmede etkinliği hissedilemez. F_0 tane iriliği faktörünü bulmaya yardımcı bir parametre olarak kabul edilir.

$$f_c = \frac{R_r + (W_1 - 7) (F_{20} - F_0)/F_0}{R_r}$$

$$R_r = \text{İndirgeme oranı } (R_r = \frac{F}{P})$$

Tane İnceliği Faktörü

Eğer öğütülmüş malzemenin % 80 ni 74 mikronun altına geçiyorsa bu durumda ortaya tane inceliği faktörü çıkar.

$$A_1 = \frac{P + 10,3}{1,145 P}$$

Daha çok çimento malzemesi öğütme-lerinde ihtiyaç duyulan çok ince tanelerin güç tüketimine olan etkisinden doğan bir faktördür. Yaş öğütme-lerde A_1 in maksimum değeri 5 tir.

İnce öğütmenin güç tüketimine olan et-ki de deneylerin ortaya koyduğu bir ger-çektir. Güç tüketimini arttırmasının neden-leri şöyle açıklanabilir.

1° Çok ince Öğütme için kullanılan bı-ya çaplarının büyük olması.

2° İnce öğütmede kapalı devre sınıf-landırmasının etkisiz oluşu,

3° Kuru öğütmede İnce tanelerin bılaya üzerini kaplaması,

4* Yaş öğütmede çok viskoz pulpun bı-laların öğütme etkinliğini azaltması,

5° Çok İnce tane boylarına İnlldlkçe ö-ğütülmeyi kolaylaştırıcı çatlakların, zayıf zonların azalıp kristal hücre birim boylarına yaklaşılması nedeniyle (Bu durumda en son derece İnce Öğütme (= ultra fine grinding) den söz edilir.)

Değirmen Çap Faktörü

Hesaplama yöntemleri 8 feetlik bir de-ğirmen baz olarak alındığından, bu çapın dışındakiler için düzeltme yapılması öngö-rülür.

$$f_d = (8/D)^{0,72}$$

$D = \text{Değirmen çapı (feet)}$

İletim Kaybı Faktörü

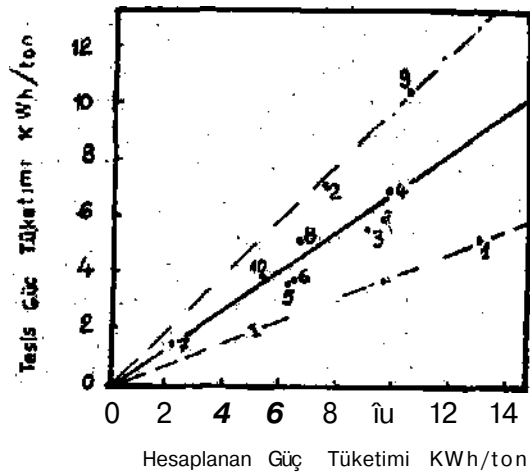
$$W = \frac{10W_1}{\sqrt{P}} - \frac{10W_2}{\sqrt{F}}$$

formülünde değirmene verilen güç dolaysız olduğu için gücün değirmene İletiminde bir kaybın olacağı kuşkusuz kabul edilir. Bu faktör için bir formül verilemez çünkü İle-tim şekilleri değişik olabileceği gibi tesİs-ten tesİse de farklılıklar taşımaktadır.

Bu düzeltme faktörü için kullanılacak değeri, tesis mühendislerinin bu konuda ve-receği değerlerdir. Hesaplamalarda e_1 de-ğeri 1,08 İle 1,15 arasında alınır.

Düzeltilme faktörleri kullanılarak yapı-lan güç hesaplan ile gözlenen güç tüketim-leri arasında tam bir uyum sağlanamamış-tır. Hatta çoğu kez düzeltme faktörlerinin gereken gücü abarttığı gözlenmiştir. Blas-ke't'in yaptığı çalışmalar da bu durum açık olarak İzlenmektedir.

Şekil 2 : Gözlenen güç tüketimi ile dü-zeltine faktörleri kullanarak hesaplanan güç tüketimlerinin karşılaştırılması.



Düzeltilme faktörlerinin uygulanması ha-linde istisna dışında bütün hesapların göz-lenen güçlerden büyük çıktığı ortadadır. Sa-dece 9 nolü tesİste yakın bir değeri elde e-dilmiştir. 2, 7, 8, 10 no ki tesİsler için hesap % 20 kadar büyük çıkmıştır. Geriye kalan 5 tesİs için yapılan hesaplar (1, 3, 4, 5, 6) %

40 kadar sapmalar göstermektedir. Bu değerler şekil 1 dekllele karşılaştırıldığında

temel denklemin daha uygun olacağı ortaya çıkmaktadır.

Gözlenen ve Hesaplanan Güç Tüketimleri

Güç, KWh/Short Ton Kura

Tesis	Hesaplar temel Denklem	Düzeltilmiş denklem	Gözlenen
1.	4,50	13.02	5,29
2.	7,09	8,17	7,18
3.	7,49	9,00	5,70
4.	8,67	9,78	7,00
5.	4,99	6,32	3,60
6.	5,01	6,41	3,69
7.	1,69	2,29	1,59
8.	5,48	6,62	5,23
9.	8,67	10,56	10,55
10.	4,82	5^9	3,87

Sapmaların ortaya çıkış nedenleri öğütülebilirlik testlerindeki hatalar, öğütülebilirlik hızını veren formüldeki hatalar, tesislerde ölçülen göçlerin ölçümünde yapılan hatalar olarak belirlenebilir.

öğütmede güç tüketiminden başka formülle bulunan bir başka değerde öğütme ortamı çapıdır. Bilindiği gibi öğütme ortamının boyutları, öğütme etkinliği ve kapasiteye etki eden ana faktörlerden birisidir. Bu nedenle, öğütme ortamı boyutlarının son dere iyi saptanması gerekir. Eğer öğütme ortamının boyuttan istenilenden küçükse, temaslar kırma için yetersiz olacaktır. Her iki halde de Öğütme etkinliği azalacaktır. Fakat büyük boyutlu öğütme ortamı kullanmak genellikle küçük boyutlu ortam kullanmaktan daha zararlıdır.

Bilya Çapının Saptanması :

Silisli cevherlerin öğütülmesinde 1 inçlik çelik bilya kullanıldığı zaman, öğütmenin etkin btr şekilde oluşması için besleme tane boyunun 1 mm olduğu gözlenmiştir.

F = 1000 mikron ya da yaklaşık 16 mesh tir. Teorik olarak besleme tane boyu-

nun karekökü (tane boyu mm) bilya çapını (inç olarak) vermektedir. 2 inçlik bilya için silisli cevherde 4 mm lik besleme, 3 inç için 9 mm dir.

$$B = \left(\frac{F}{K} \right)^{1/2} \left(\frac{S_g W_i}{100 C_j \sqrt{D}} \right)^{1/3}$$

Inçdir.

B = Bilya, çubuk, pebble çaplarını inç olarak belirtir.

F = Değirmene beslenen cevherin % 80 ninin geçtiği elek açıklığı mikron olarak

W_i = Besleme tane boyundaki iş indeksi

C_j = Değirmenin kritik hız kesri

C* = 0,01305 x r.p.m x V^p bağıntısından çıkarılır.

S_g = öğütülecek, cevherin özgül ağırlığı (gr/cm³)

D = Değirmen iç çapı (feet)

K = Ampirik sabit. Bu değer yaş Öğütme için 350, kuru öğütme için 325 olarak alınır.

Bununla birlikte bilya çapı 1 inçten daha küçük çıktığında, ekonomik açıdan daha büyük buyanın seçilmesi şu nedenler yüzünden uygundur.

1. Küçük çaplı bilyalarda ton cevher başına bilya harcamaları artar.
2. Değirmenden kolay çıkarlar.
3. Küçük bilyalar diyafram çıkışlı değirmenlerde tıkanmalar yapabilir.
4. Büyük çaplı değirmenler büyük boyutlu bilyalarla daha fazla güç çeker.

Formülle bulunan bilya çapı, bilya tane boylarının dağılımının ortalamasıdır.

Çubuk Çapının Saptanması :

Çelik çubuklar için teorik çap aşağıdaki formülle bulunur.

$$B = \frac{F^A}{160} \sqrt{\frac{W_i S_g}{100 C_s \sqrt{D}}} \text{ inç.}$$

Boyut indirgeme oranı ($R_r = \frac{t}{P}$) 8'den

küçük olduğu zaman hesaplanan B değeri 1/2 ile artar.

Pebble Çapının ve Otojen öğütmede Parça Çapının Saptanması :

Bilya çapı için kullanılan formül uygulanabilir. Ancak pebble ve kayaç parçalarının bilyalardan düşük olması nedeni ile çaplarının daha büyük olması gerekir.

Cevherin özgül ağırlığı S_g ise :

$B \times (7.8/S_g)^{1/3}$ pebble ya da kayaç parçasının boyutlarıdır.

— S O N U Ç —

Zenginleştirme yöntemlerinin başarısı, gang ile cevher mineralinin öğütme sürecinden sonra serbestleşme derecesine bağlı olması nedeni ile sürecin tüm boyutları ile iyi bilinmesi gerekir.

Pek çok tesiste, geçmişte ve bugün bile darboğaz öğütmeden doğmaktadır, öğütmenin tesis ekonomisine olan etkisi, gerek öğütme harcamaları ve gerekse zenginteş-

tirme yönteminin başarısı yönündendir. Malzeme ve enerji harcamalarını azaltmak, tesis verimini arttırmak mühendislik görevindedir. Bu nedenle konu önemini günden güne arttırmaktadır. Gerçi bugüne kadar yapılan araştırmalar kesin boyutlara ulaşamamış olmakla beraber değişkenlerin saptanması, modellerin oluşturulması ile bazı yaklaşımlar elde edilmiştir.

Bond formülleri, homojen karakterdeki cevherler için uygulamaya yaklaşık sonuçlar vermektedir. Temel formüllerden bulunan değerlerdeki sapmalar en yüksek düzeyde $\pm \% 20$ olmaktadır. Bu sapmanın giderilmesi için yapılan çalışmalar formülün daha büyük sapmalara yol açmasına neden olmuştur. Dört düzeltme faktörü ile temel denklem düzeltildiğinde çıkan sonuçlar birinci durumdakinden daha fazla sapmıştır. Sapmalar genel olarak $\%30 - \%40$ arasındadır. Buna göre, düzeltme faktörleri, formülü düzeltmek yerine bozmaktadır.

Formüllerin uygulanmasındaki en önemli sorun, iş indeksinin hatasız saptanmasıdır. İş indeksi iyi saptanablen cevherler için uygulamada çıkan sonuçlar oldukça uyumludur.

Bond formülleri özellikle bilyalı ve çubuklu değirmenler için kullanışlıdır. Çünkü bu formüllerin ortaya atıldığı sırada pebble değirmenlerin ilk denemeleri başlamış, otojen işe denenmek üzereydi. Zaten bugünkü cevher hazırlama teknolojisi otojen ve pebble değirmenlere yöneliktir ve pek çok tesiste bilyalı değirmenler ya devreden çıkmış ya da çok ince öğütme istenilen tesislerde tekrar öğütme (Regrİndfng) için kullanılmaktadır.

Bütün aksaklıklarına karşılık Bond formülleri için denilebilirki (Bilyalı ve çubuklu değirmenler) bugün için elimizde olan tek dizayn ve kontrol Öğeleridir.

Not : Yazının amacı uygulamaya yönelik olduğundan, öğütme sürecindeki değişkenlerin differansiyel ilişkilerine değinilmem iştir. Konu belli bir dereceye kadar basite indirgenmiştir.

BAZI MATERYALLERİN ORTALAMA İŞ İNDEKSLERİ

MATERYAL	ORTALAMA	
	ÖZGÜL AĞ.	İŞ ENDEKSİ
Barıt	4.28	6.24
Boksit	2.38	9.45
Kaba Çimento M.	2.67	10.57
Krom Cevheri	4.06	9.60
Kil	2.23	7,10
Kömür	1.63	11.37
Bakır Cevheri	3.02	13,13
Dolomit	2.82	11.31
Feldspat	2.59	11.67
Fluorit	2.98	9.76
Gâbro	2.83	18.45
Galenit	5.39	10.19
Gnays	2.71	20.13
Granit	2,58	14.39
Çakıl	2.70	25.17
Altın Cevheri	2.86	14.83
Hematit	3.76	12.68
Manyetit	3.88	1051
Takonit	3.52	14.87
Kurşun Cevheri	3.44	11.40
Kurşun - ÇinkoC.	3.37	11.35
Kireçtaşı	2.69	11.61
Mollbdenit	4.04	12.97
Nikel Cevher)	3.32	11,88
Fosfat Kayası	2.66	10.13
Pirit Cevheri	3.48	8.90
Plrotin Cevheri	4.04	9.57
Kuarsit	2.71	12.18
, Kuvars	2.64	- 12.77
Kumtaşı	2.68	11.53
Cörüf	2.93	15.76
Siyenit	2.73	14.90
Andezit	2.84	22.13
Uranium	2.70	17.93
Çinko Cevheri	3.68	12.42

KAYNAKLAR

1. FRED C. BOND, Comminution Research from 1948 to 1951.
2. K.S . BLASIETT, « Estimationı pMhe power consumption In grinding mills.» Proceedings of the Ninth Commonwealth Mining and Metallurgical Congress 1969, Vol. 3.
3. C. C. HARRIS «Theory of Mineral Separation Processes On the Role or Energy In Comminution.» Columbia Univ., Henry Krumb School of Mines, July 1965.
4. N. ARBITER and C. C. HARRIS «Relationships between particle size distributions and time in comminution.» Columbia Univ., Henry Krumb School of Mines, Sept. 1963.
5. T. HEIKKINEN, «The Concentrator of Keretti Outokumpu Oy, Finland.»
6. K. E. KASAPÖĐLU, «Kayaclarda Yenilme Kriterleri.» Hacettepe Univ., Mart 1974.