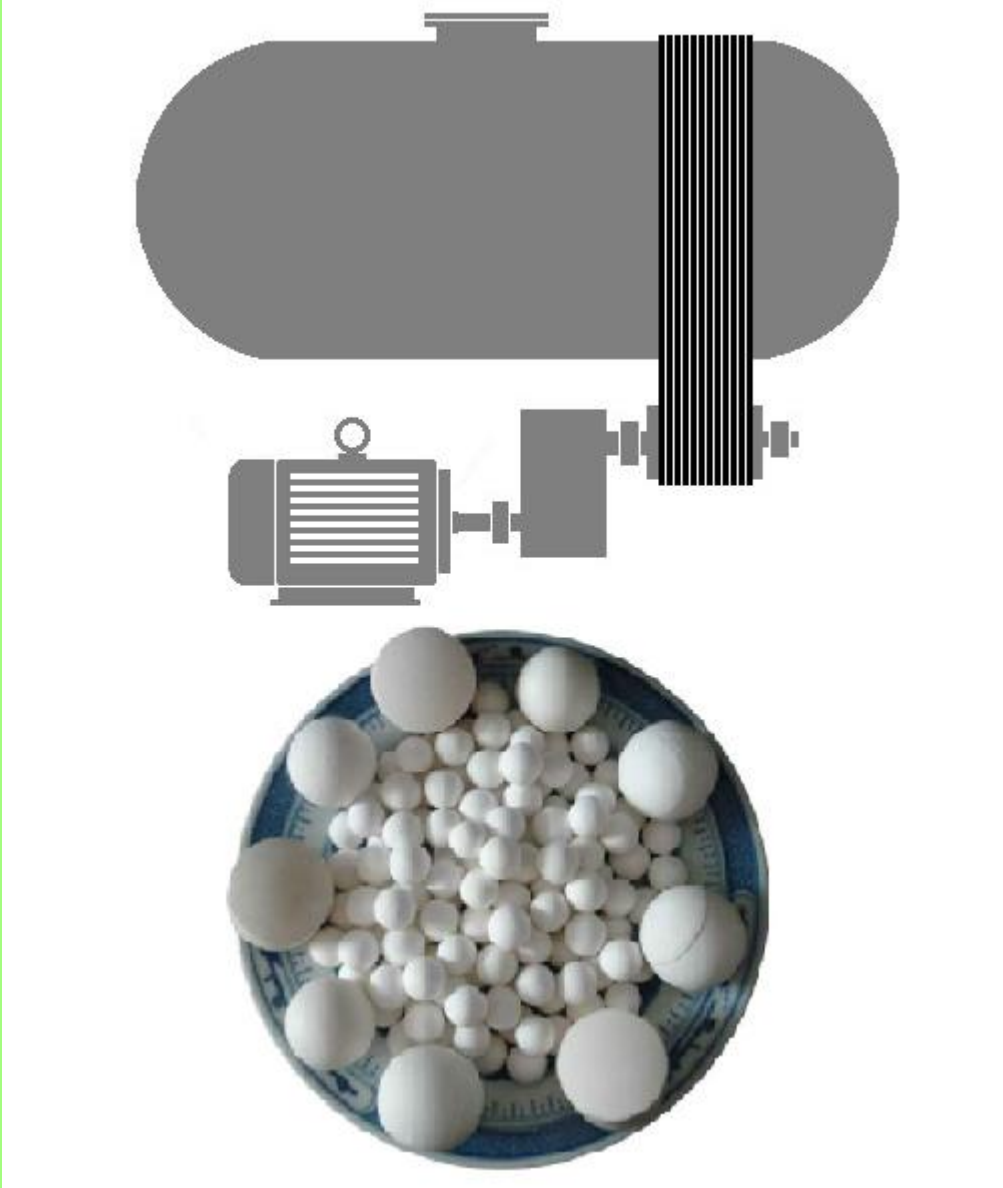


KAPALI DEĞİRMENLERDE ÖĞÜTME I.BÖLÜM



Necati Yıldız
Mayıs 2022

KAPALI DEĞİRMENLERDE ÖĞÜTME

Kapalı değirmenlerde öğütme

I.Bölüm

Necati Yıldız
yildizn53@gmail.com
Mayıs 2022

1.Giriş

Kapalı değirmenlerde öğütülecek bir veya birkaç mineral öğütücü olarak kullanılacak bilyalarla değirmene doldurulmakta, değirmen bir süre döndürülmekte, arada bir değirmen durdurulup öğütülmüş mineral karışımından örnek alınmaktadır. Yapılan elek analizi sonucuna göre değirmen döndürülmeye devam edilmekte ya da öğütme boyutunun tamam olduğuna karar verilerek durdurulmaktadır.

Cevher hazırlamada *“batch”* değirmen olarak bilinen, Türkçe ifade ile *“kesintili”, “doldur-boşalt”* yada *“kapalı”* değirmenler *yaygın olarak seramik sektöründe hammadde öğütülmede kullanılmaktadır.*

Seramik sektöründe kaliteli ve rekabet edilebilir bir üretimin ilk koşulu, iyi bir hammadde harmanı hazırlamak, hazırlanmış harmanı gereken boyuta öğütmek ve hammaddenin fiziksel ve kimyasal olarak sürekliliğini sağlamaktır.

Doğru öğütmeyi belirleyen veriler;

- Çap ve uzunluk olarak uygun *“değirmen boyutu”*,
- Doğru seçilmiş *“astar”*,
- Öğütmeye uygun değirmen *“devri”*
- Öğütmede kullanılacak uygun *“bilya çapı”*,
- Değirmendeki *“bilya miktarı”* ve
- Öğütülecek *“mineral miktarı”* dır.

Değirmende kullanılacak bilya boyutu öğütülecek mineral boyutuyla, değirmen devri değirmen çap ile mineralin iri ya da ince öğütme aralığıyla, bilya ve mineral miktarı da değirmen hacmiyle ilişkilidir.

2. Kapalı değirmende öğütülme

Seramik sektöründe yaygın olarak kullanılan alümina astar döşenmiş kapalı değirmenlerde öğütücü ortam olarak alümina bilya ya da çakıl kullanılmaktadır.



Resim 1: Kapalı değirmenler

Kapalı değirmenlerde;

- *Büyük ya da küçük boyutta tek mineral,*
- *Değişik ya da aynı boyutta birden çok mineral,*
- *Değişik boyutta bilya yüklenerek,*
- *Sabit ya da değişken bir hızla içindeki mineral ya da mineraller istenilen boyuta öğütülünceye kadar değirmen döndürülmektedir.*

Hesaplamalar doğru yapıldığı, mineralin üst boyutuna bağlı uygun bir öğütme aralığı, bu öğütme aralığı için doğru bilya çapı ve doğru değirmen devri belirlendiği sürece kapalı değirmenlerde *tek mineralin öğütülmesi için* uygun bir ortam oluşturulmaktadır.

Uygulamada üretilecek ürün çeşidine göre oluşturulan hammadde harmanı kapalı değirmenlere uygun boyutta bilya yüklenip, istenilen boyuta öğütülünceye kadar değirmen döndürülmektedir. Öğütmenin yönetimi için de değirmen içinden belirli aralıklarla örnek alınarak elek analizi yapılmaktadır. Değirmen içindeki hammadde harmanının tamamı belirli bir boyutun altına öğütüldüğünde değirmen boşaltılıp öğütülmüş mineral harmanı seramik üretiminde kullanılmaktadır. Çoğu zaman öğütmenin alt boyutu -63 μ 'dur.

Öğütme özellikleri farklı minerallerin aynı değirmende öğütülmesi, değirmen devri ve içindeki öğütücü bilya ile ilişkili olarak uygun öğütme koşulları oluşmamaktadır. Bu koşullarda yapılacak öğütme işleminin doğru yapıldığını, ekonomik olduğunu söylemek doğru olmayacaktır.

3.Seramik sektöründe kullanılan hammaddeler

Seramik üretiminde feldspat, kuvars, kaolin, silis kumu, mermer, cam kırığı ağırlıklı olarak kullanılan hammaddelerdir. Öğütülecek mineralin yoğunluğu, üst boyutu ve "iş indeksi" mineralin öğütülebilme özelliklerini belirlemektedir.

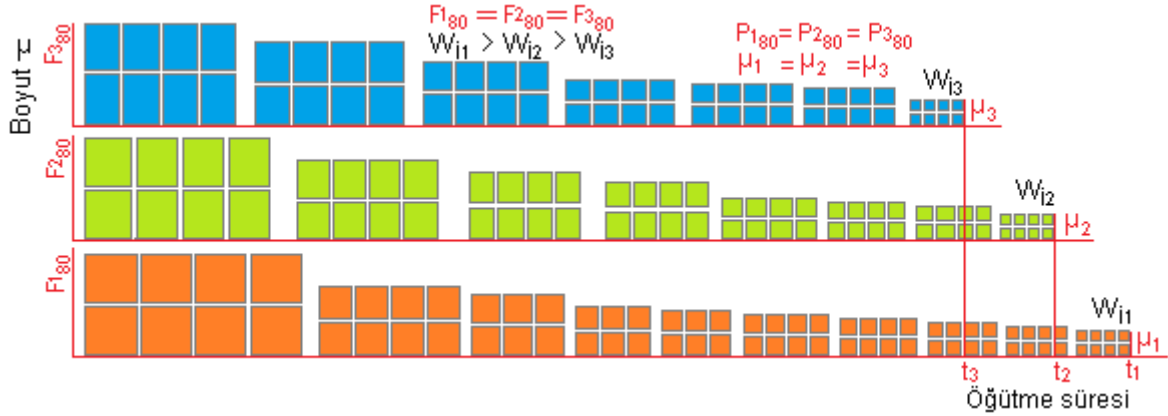
Çizelge 1: Bazı seramik hammaddelerinin iş indeksi ve yoğunluğu

Mineral	İş indeksi, kWs/st	Yoğunluk, gr/cm ³	Mineral	İş indeksi, kWs/st	Yoğunluk, gr/cm ³
Alçı taşı	8.16	2.69	Kil	7.10	2.23
Bazalt	20.41	2.89	Kireçtaşı	11.61	2.69
Boksit	9.45	2.38	Kuvars	12.75	2.64
Cam	3.08	2.58	Kuvarsit	12.77	2.71
Dolomit	11.31	2.82	Marn	8.60	2.30
Feldspat	11.65	2.59	Nefelinli siyenit	14.90	2.73
Flint	26.15	2.65	Silis kumu	16.46	2.65
Granit	14.29	2.68	Spodümen	13.70	2.75
Kalsine manyezit	16.50	2.95	Kil	7.10	2.23
Kaolin	10.50	2.55	Kireçtaşı	11.61	2.69

"İş indeksi" W_i değeri yüksek olan minerallerin öğütülmesi zordur. Mineralin sert olması zor öğütülebilir olduğu anlamına gelmemektedir. W_i değeri değirmen boyutlandırması, bilya seçimi, değirmen gücünün belirlenmesinde kullanılan bir değerdir. Aynı mineralin W_i değeri de oluşumuna bağlı farklı olabilmektedir. Ancak bu farklılık büyük değildir.

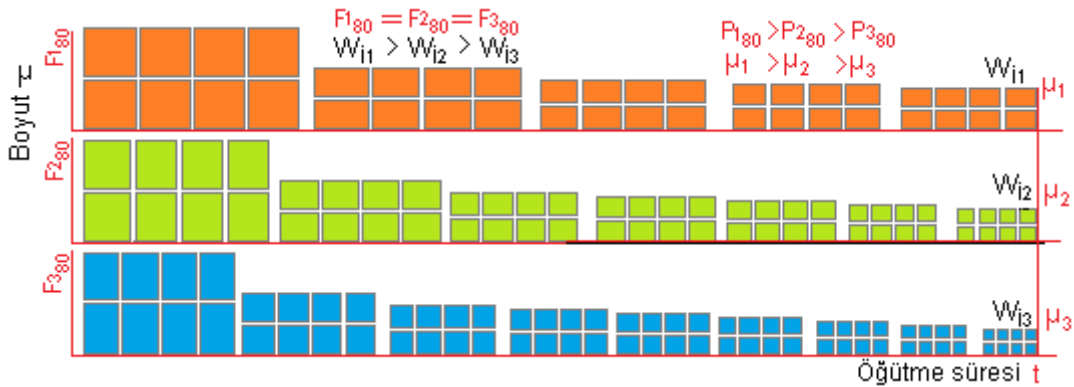
Cevher hazırlama tesislerinde değirmenlerde zenginleştirme amacıyla tek mineral öğütülmektedir. Öğütmenin amacı da mineralin serbestleşmesidir. Ancak kapalı değirmenlerde, özellikle seramik sektöründe öğütmenin amacı bir ya da birkaç minerali belirli bir boyutun altına indirmektir. Bunun da değişik yöntemleri vardır.

“Wi’si DEĞİŞİK” “üst boyutu F₈₀ AYNI” 3 değişik mineral **“ØxL AYNI boyutlu” “AYRI değirmenlerde” “P₈₀ AYNI BOYUTA”** öğütüldüğünde Wi değeri yüksek olan minerallerin öğütülme süresi **“t”** daha uzun, öğütme sonrası boyut dağılımları farklı olacaktır.



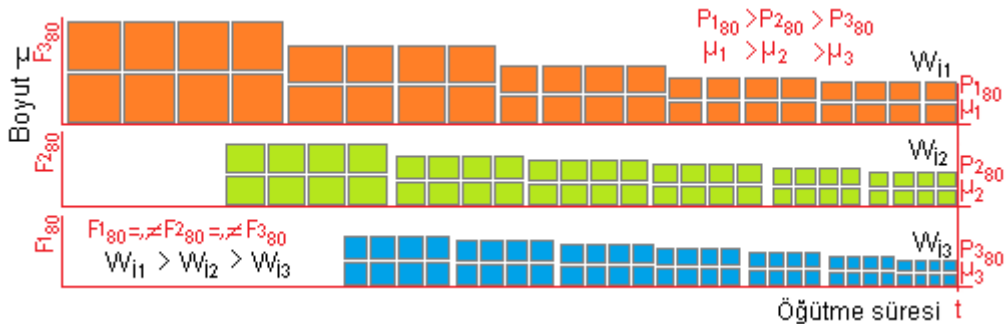
Şekil 1: Wi’si değişik 3 mineralin aynı boyutlu değirmende aynı boyuta öğütülmesi

“Wi’si DEĞİŞİK” “üst boyutu F₈₀ AYNI” olan 3 mineral **“ØxL AYNI boyutlu” “AYRI değirmelerde”, “t AYNI SÜRE”** öğütüldüğünde öğütme sonrası minerallerin üst ve alt boyutları yanı sıra boyut dağılımları da farklı olacaktır.



Şekil 2: Wi’si değişik 3 mineralin ayrı değirmenlerde aynı sürede öğütülmesi

Kapalı değirmende; **“Wi’si DEĞİŞİK” “üst boyutu AYNI ya da FARKLI”** olan 3 mineral **“AYNI değirmende”,** minerallerinin tamamı belirlenmiş bir boyutun altına geçinceye kadar **“t SÜRE”** öğütüldüğünde sonuç ne olacaktır?



Şekil 3: Wi’si değişik 3 mineralin aynı değirmenlerde tamamı belirli bir boyutun altına öğütülmesi

Seramik üretiminde hammadde öğütülmesi Şekil 3'deki gibidir. Minerallerin tamamı aynı boyuta öğütülmüş olmalarına karşın minerallerin P_{80} değerleri ve boyut dağılımları çok farklı olmaktadır. Öğütülmüş malzemede belirlenmiş boyuta yakın boyutta W_i değeri yüksek olan mineralin oranı fazla olurken öğütülmüş malzemenin en düşük boyutlu kısmını da ağırlıklı olarak W_i 'si en düşük olan mineral oluşturacaktır. Bunun nedeni W_i değeri büyük olan mineralin istenilen boyuta öğütülmesi W_i değeri düşük olana göre öğütülmesinin zor olması ve daha uzun süre almasıdır.

Öğütme sürecinde istenilen değere en kısa sürede W_i değeri düşük olan mineral ulaşmaktadır. Öğütme devam ettiğinden W_i değeri düşük olan minerallerin boyutu daha da küçülmektedir. Böyle bir öğütmede fiziksel ve kimyasal olarak hammadde harmanı değişmediği, gerekli öğütücü miktarı başlangıçta aynı miktarda yüklendiği sürece hammadde harmanının istenilen boyuta öğütülmesi için değirmenin kaç dönü ya da ne kadar sürede ulaşacağı belirlenebilmektedir.

Seramik hammadde harmanını oluşturan minerallerin W_i değerleri, yoğunlukları, üst boyutu ve boyut dağılımları da çok farklıdır. Harman hazırlanırken minerallerin oranlarına dikkat edilmektedir. İyi bir öğütme için minerallerin oranları yanı sıra öğütülebilme özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Kapalı değirmenlerde hammadde harmanının tamamı belirli bir boyutun altında öğütülmüş de olsa öğütme sonrası her mineralin boyut dağılımı birbirinden farklı olacaktır. Seramik sektöründe bu farklılık değerlendirilmemekte, hammadde kullanımı için karışımının tamamının belirli bir boyut altına öğütülmüş olması yeterli olmaktadır.

Kapalı değirmenlerde öğütme özellikleri farklı minerallerin aynı değirmende beraberce öğütülmesi iyi bir öğütme ve boyut dağılımı açısından uygun mudur?

Hayır uygun değildir. Çünkü;

- 1) Öğütme sürecine uygun olarak öğütme ortamı oluşmamaktadır.*
- 2) Öğütme sonrası minerallerdeki boyut dağılımı çok farklıdır.*
- 3) Yapılan öğütme işi ekonomik değildir.*