T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

KİMYA TEKNOLOJİSİ

KIRICI VE ÖĞÜTÜCÜLER
524KI0298

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 2
1. KIRICILAR 2
1.1. Tanımı 2
1.2. Kırıcı Çeşitleri 5
1.2.1. Çeneli kırıcılar 5
1.2.2. Primer Darbeli kırıcılar 9
1.2.3. Sekonder darbeli kırıcılar 10
1.2.4. Tersiyer darbeli kırıcılar 11
1.2.5. İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü 13
UYGULAMA FAALİYETİ 14
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 17
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 18
2. ÖĞÜTÜCÜLER 18
2.1. Tanımı 18
2.1.1. Öğütmenin Amacı ve Etki Eden Parametreler 20
2.1.2. Öğütme Devreleri 22
2.2. Öğütücü Çeşitleri 22
2.2.1. Aktarılan Ortamla Çalışan Değirmenler 24
2.2.2. Silindirli öğütücüler 29
2.2.3. Bilyeli öğütücüler 29
2.2.4. Multicon Titreşimli Öğütme Sistemi 30
UYGULAMA FAALİYETİ 32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 35
MODÜL DEĞERLENDİRME 36
CEVAP ANAHTARLARI 38
KAYNAKÇA 39

AÇIKLAMALAR

KOD	**524KI0298**
ALAN	**Kimya Teknolojisi**
DAL/MESLEK	**Proses**
MODÜLÜN ADI	**Kırıcı ve Öğütücüler**
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül; kırıcıları ve öğütücüleri kullanabilme ile kırıcılar ve öğütücülerle ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖNKOŞUL	
YETERLİK	Kırıcı ve öğütücüleri kullanmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, kırıcı ve öğütücüleri kullanabileceksiniz. **Amaçlar** 1. Kırıcıları kullanabileceksiniz. 2. Öğütücüleri kullanabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Temel kimyasal işlemlerini yapmak için gerekli donanım ve tüm donanımın bulunduğu laboratuvar, Kütüphane, internet, bireysel öğrenme ortamları vb. **Donanım:** Atölyede; teknoloji sınıfı, internet, ilkyardım malzemeleri, sabun, personel dolabı, laboratuvar önlüğü, koruyucu malzemeler, lavabo, kâğıt havlu, personel odası, Bağlantı elemanları, kırıcı, Elektrikli silindir, ham madde
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de kimya sanayii, ana ve yan sanayileriyle ülke ekonomisine istihdamda önemli katkılar sağlamaktadır. Kimya teknolojisi alanı; sağlık, gıda gibi sektörlerin yanı sıra endüstriyel üretim yapılan tüm sektörlerle yakından ilişkilidir. Rafineri, petrokimya, lastik, çimento, boya, deterjan, kozmetik, tekstil ve ilaç gibi alanların tümünde kimyasal üretim ve analizleri ile ilgili birimler bulunur. Kimya teknolojisi; seramik, cam, otomotiv, metal, madencilik, enerji, tarım sektörlerinde de geniş yer tutar. Endüstriyel işletmelerin neredeyse tamamında üretim ve kalite kontrol bölümleri kimya teknolojisi ile ilişkilidir. Kimya endüstrisi, laboratuar ölçeğinde üretilen kimyasalların ekonomik biçimde tüketime sunulması için çalışır. Bu amaç doğrultusunda gerekli üretim ve analizlerinin yapılmasını sağlayan kimya teknolojisi alanı, ülkelerin kalkınmasında önemli bir role sahiptir.

Kırıcılar ve Öğütücüler modülü ile konular mesleki gelişim temelinin sağlam atılmasını sağlayacak şekilde hazırlanmaktadır. Bu modülde yer alan faaliyetler öğrenmenizi sağlayacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak kırıcı kullanabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kırıcıların kullanım alanlarını araştırınız.
- Kırıcıların çeşitlerini araştırınız.
- Proses tesislerinde kullanılan kırıcıları araştırınız.

1. KIRICILAR

1.1. Tanımı

Ekonomik değeri olan mineraller farklı maden işletme yöntemleriyle üretilerek yan kayaçları ile birlikte tüvenan (Dereden çıkarılmış, elenmemiş ve yıkanmamış, olduğu gibi kullanılan kum çakıl karışımı yapı malzemesi) malzeme olarak elde edilmektedirler. Tüketim amacına veya uygulanacak cevher zenginleştirme yöntemine bağlı olarak tüvenan cevherin tane boyutunun küçültülmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan boyut küçültme işlemleri **ufalama** olarak adlandırılmaktadır. Ufalama, kırma ve öğütme işlemlerinin tümünü kapsamaktadır.

Cevher hazırlamada; ufalama işlemleri, enerji gereksinmeleri nedeniyle toplam hazırlama ve zenginleştirme maliyetinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle tane boyutunun istenen oranda küçültülmesi gerekmektedir. Malzemenin aşırı ufalanması maliyet arttırıcı etkisinin yanı sıra zenginleştirme işlemini olumsuz yönde etkilemektedir.

- **Kırıcılar**
  - Çeneli Kırıcı
  - Konili Kırıcı
  - Merdaneli Kırıcı
  - Çekiçli Kırıcı

- **Öğütme (Değirmen tipleri)**
  - Aktarılan ortamla çalışan değirmenler
  - Sabit bir yörünge üzerinde yuvarlanan merdaneler
  - Dönen diskler
  - Sabit bir yüzey üzerinde dönen tokmaklar

- **Eleme**
  - Elle eleme

- Endüstriyel eleme
- Sabit elekler
- Hareketli elekler

➢ **Kırma**

Kırma işlemi, ufalamanın ilk basamağını teşkil etmektedir. Tüvenan malzemenin tek kademede ince boyutlara ufalanması teknik olarak mümkün değildir. Yeraltından (veya yerüstünden) yan taşıyla birlikte üretilen cevher çok iri boyutlarda taneler içermektedirler. Bu nedenle cevherin istenen tane boyutuna küçültülmesi birkaç kademede kırma ve öğütmeyle mümkün olmaktadır.

Genellikle kırma işleminden önce ufalama boyutundan küçük taneler bir elekle ayrılır ve yalnız iri taneler kırıcıya beslenir. Daha sonra her iki ürün birleştirilerek aynı işlemler diğer bir kırma devresinde tekrarlanır.

Ufalama işleminde amaç;

- Cevher içindeki mineralleri serbest haline getirmek,
- Cevher hazırlama yöntem ya da yöntemlerine uygun boyutta malzeme hazırlamak,
- Toplam yüzey alanını arttırmak (kimyasal zenginleştirme uygulanacak ise),
- Tüketime sunulacak ise istenen boyuta uygun malzeme hazırlamak (kum-çakıl vb..).

Kırma işleminde kullanılan kırıcılar, birincil, ikincil ve üçüncül ve hatta dördüncül kırıcılar şeklinde sınıflandırılabilir. Birincil kırıcılar olarak genellikle çeneli kırıcı, jiratör kırıcılar ve şoklu kırıcılar kullanılmaktadırlar. İkincil kırıcılara örnek olarak ise, konik kırıcılar ve merdaneli kırıcılar verilebilir.

Resim 1.1: Kırıcı

Kırma işleminde, kırılacak malzeme boyutunun, kırılmış malzeme boyutuna oranı, boyut küçültme oranı olarak adlandırılmaktadır ve bu oran değişik tipteki kırıcılar için farklı değerlerde olmaktadır. Kırıcı seçiminde göz önüne alınması gereken en önemli faktörlerden

olan boyut küçültme oranı, ufalanan malzemenin tane iriliğine ve kırıcı özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Kırma işleminin yapıldığı cihazlara kırıcı denir. Kademeli olarak yapılan bu işlemde elde edilen cevherin boyutu 150 mm'nin altında ise iri kırma, (150-10) mm arasında orta kırma ve 10 mm'nin altında ise ince kırma olarak ifade edilmektedir.

- **Elle Kırma**

İlkel çağlardan beri uygulana gelmekte olan elle kırma, insan gücüne dayandığından, bu gücün bol ve ucuz olduğu ve kırılacak cevher miktarının mekanik bir aracı kullanmayı ekonomik kılmayacak kadar az olduğu yerlerde uygulanır. Genellikle pahalı ve kapasitesi sınırlıdır. Görerek ve düşünerek uygulamaya olanak sağlaması ve az ince vermesi, diğer kırma yöntemlerine oranla üstünlüklerini oluşturur.

Küçük bir tesiste kırıcı öncesi ızgara üzerinde kalan az miktardaki iri parçaları elle kırmak gibi bir triyaj öncesi elle kırma, bazı durumlarda kaçınılmazdır. Elle kırmada balyos, tokmak, çekiç ve havan gibi değişik şekil ve yapıda el aletleri kullanılır. Aletin şekil ve yapısını ve ağırlığını amaca ve aleti kullanacak işçinin gücüne uygun seçmekle iş verimi artırılmış olur.

- **Mekanik Araçlarla Kırma**

Kırma işlemlerinde çok çeşitli şekil, yapı ve boyutlarda mekanik araçlar kullanılmaktadır. Kullanılan araca KIRICI veya KONKASÖR adı verilir. Mekanik olarak üretilen güç, kırıcı yapısına bağlı olarak bir basınç, darbe veya kesme kuvvetine dönüşmekte, bu kuvvetlere maruz kalan parçalar bölünerek daha küçük parçalara ayrılmaktadır. Kırılacak parçanın boyutları, kırıcı boyutlarını dolaylı olarak etkilemektedir. Kırıcı seçiminde, her şeyden önce kırıcıya girecek en büyük parçanın belirlenmesi gerekir.

Her kırıcının, parçaların içine girdiği bir ağız kısmı, kırmanın yapıldığı kırma zonu ve kırılan parçaların kırıcıdan çıktığı çıkış kısmı vardır. Kırıcı ağız boyutlarının, içine girecek parçaların büyüklüğüne bağlı bir alt değeri olacağı bilinir. Kırıcı çıkış boyutları ise kırılmış malzeme boyutunu etkileyecektir. Diğer yandan, kırıcı araçtan belirli bir miktar malzemenin belirli sürede geçmesi söz konusudur. O halde, çeşitli araçlar içerisinden ve çeşitli boyutlardaki kırıcılardan hangilerinin uygun olacağını belirlemek, bir yandan bu kırıcıya girecek en büyük parça boyutuna, istenen küçültme oranına ve kırma kapasitesine, diğer yandan kırılacak malzemenin özelliklerine uygun kırıcı tipine bağlı olacaktır.

- **Kırma Devreleri**

Kırıcılar genel olarak açık veya kapalı devre tertipleri halinde çalıştırılır. Kırma işleminin, malzemenin kırıcıdan bir defa geçmesiyle tamamlanması durumu, açık kırma devresi olarak tanımlanır. Kırılmış malzemenin, tane boyutunun kontrolü için, kırıcının bir elekle birlikte çalışması durumuna ise kapalı kırma devresi denir. Genel olarak birincil kırıcılar açık, ikincil ve üçüncül kırıcılar ise kapalı devre halinde çalıştırılır.

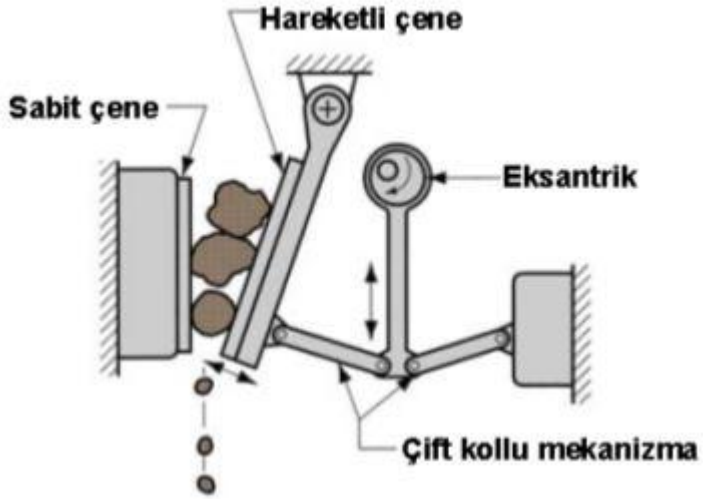
1.2. Kırıcı Çeşitleri

Kırıcılar kullanım amaçları ve tane büyüklüklerine göre Çeneli kırıcılar, Primer Darbeli kırıcılar, Sekonder darbeli kırıcılar ve Tersiyer darbeli kırıcılar şeklinde sınıflandırılabilir.

1.2.1. Çeneli kırıcılar

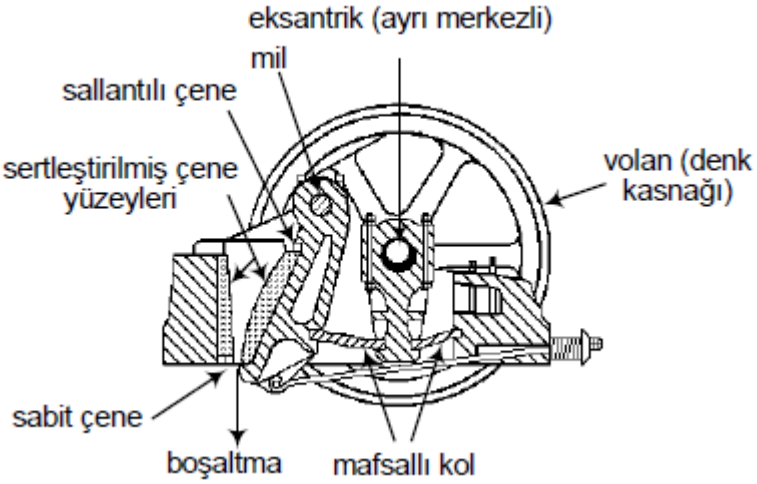
Çeneli kırıcılar, ocak, granit ve benzeri sert karakterli ve kalker tipi daha yumuşak karakterli ocak malzemesi ile dere malzemesi, muhtelif cins ve karakterdeki cevherin kırılması için kullanılabilmektedir. Primer çeneli kırıcılar, bilhassa ocak malzemesinden mıcır elde etme ve muhtelif cevher kırma işlerinde ilk kırma işleri için kullanılır.

Sertliği ve aşındırıcılığı ne olursa olsun, her çeşit taşı ton başına en düşük kırma maliyeti ile kırmak üzere tasarlanmış ağır hizmet tipi kırıcılardır. Hidrolik sistem yardımıyla yapılan ayarları, merkezi yağlama sistemleri, yüksek performansları, verimlilikleri ve kapasiteleri ile en gelişmiş çeneli kırıcılardır.



Şema 1. 1: Çeneli kırıcı

Halen kapasite ve ebat cetvelinde gösterilen muhtelif ölçü ve kapasitelerde seri halde çeneli kırıcılar imal edilmektedir**.**



Şekil 1.1: Çeneli kırıcıların kesit resmi

Çok kullanılan bir çene kırıcının şematik diyagramı görülmektedir. Bu makinede, iki mafsallı kola bağlı olan bir kısım, eksantrik (merkezden sapan) mille hareket ettirilir. Mafsallı kollardan biri hareketli (açılır-kapanır) çeneye, diğeri makine kasasına bağlıdır. Mil, hareketli çenenin üst kısmındadır. Ürünün büyük kısmı, V nin tabanından boşaltılır. Bazı makinelerde besleme açıklığı 72-96 inç dolayındadır. 6 ft çapında kaya parçalarını kırabilir. Ürün en fazla 10 inç büyüklüktedir ve makinenin kapasitesi 1000 ton/saat tir. Daha küçük olan ikincil kırıcılarla tane büyüklüğü 1/4-2 inç e kadar indirilebilirler ancak kapasite daha düşüktür.

Resim1.2:Çene kırıcı

Konstrüksiyonlu Çeneli konkasör başlıca şu kısımlardan meydana gelmiştir.

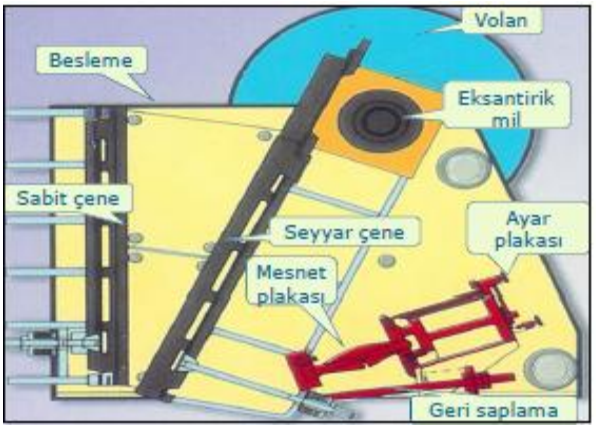
1. Sabit gövde
2. Hareketli çene bloğu (Pitman)

3. Kırıcı çeneler ve astarlar
4. Volanlar
5. Eksantrik mil grubu
6. Gergi tertibatı
7. Ayar tertibatı
8. Destek plakası **(Toggle plate)**

Resim1.3: Çeneli kırıcı

➢ **Çeneli Kırıcı Teknik Detayları**

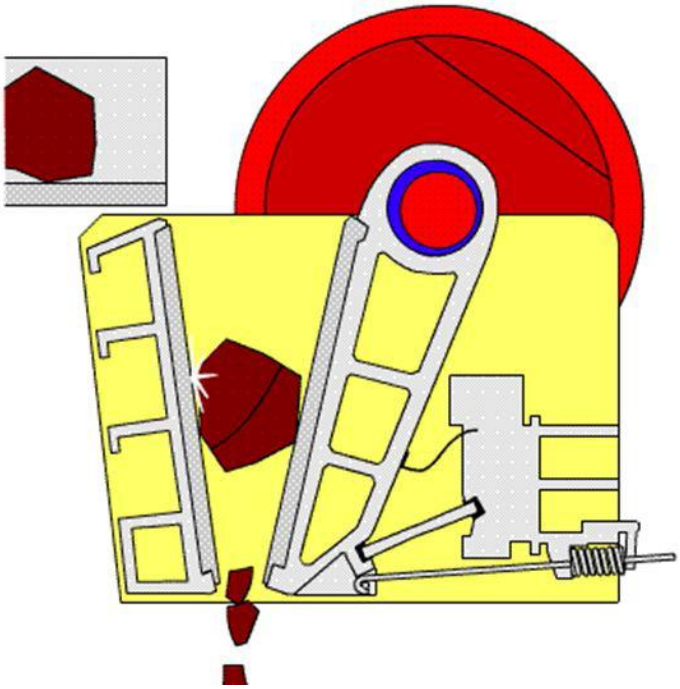
- **Sabit Gövde:** Kaynaklı olarak imal edilmiş saç konstrüksiyondan sabit çene altlığı ve ayar bloğu altlığı yeterli kalınlıkta saç malzemeden kutu konstrüksiyon halinde imal edilerek rijit bir yapı elde edilmiştir. Çelik döküm yan yataklarının alt kepleri gövdeye kaynak edilmiştir.



Şema 1.2: Çene kırıcının çalışama prensibi

- **Hareketli Çene Bloku (Pitman):** Hareketli çene bloku mono blok olarak çelik dökümden imal edilmiştir. Blok darbeli şekilde ağır işletme şartlarında çalıştığı için bu şartların gerektirdiği profil ve konstrüksiyonda imal edilmiştir. Hareketli çene pitmana çektirme cıvataları ve konik sıktırma parçaları ile sıktırılmıştır.
- **Kırıcı Çeneler Ve Astarlar**: Kırıcı çene ve astarlar, % 12-14 Mn alaşımlı çelik dökümden imal edilmiştir. Çene ve astarlar ters yüz çevirerek kullanılabilecek şekilde dizayn edilmiş olup, bir tarafının aşınması neticesi çevrilerek kullanılabilir**.**

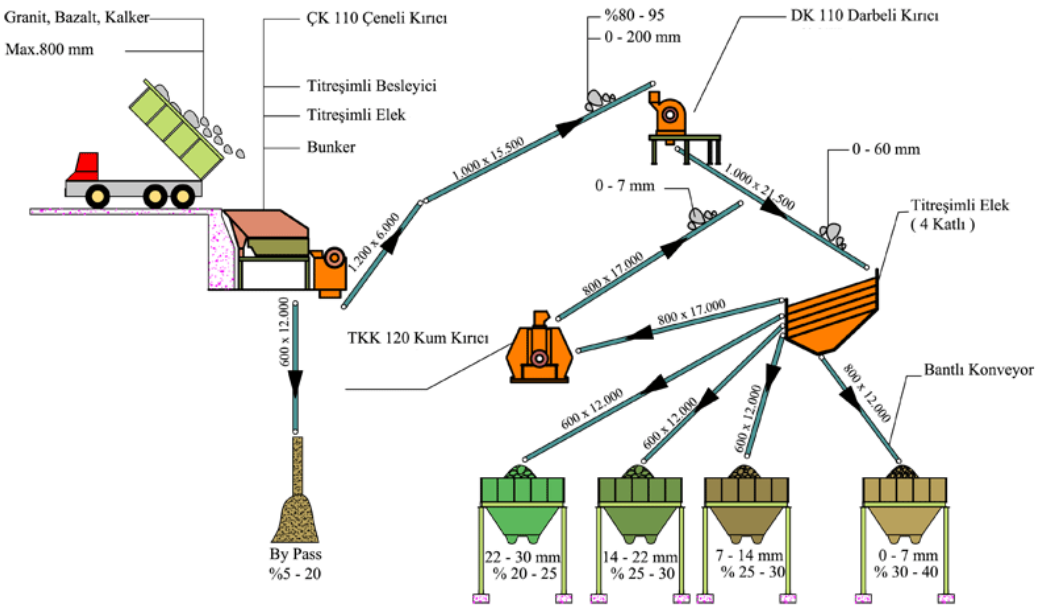
- **Volanlar:** Pik dökümden imal edilmiş olup eksantrik mile kamalı konik geçme ile tespit edilmiştir.
- **Eksantrik Mil Grubu**: Eksantrik mil grubu, eksantrik mil rulmanlı yataklar ve labirent keçelerden ibarettir. Eksantrik mil krom-molibden alaşımlı darbelere mukavim dövme çelikten imal edilmiş rulman yerleri istenen toleranslarda taşlanmıştır. Rulmanlar oynak masuralı (Self aligning) ağır hizmet tipi rulmanlardır. Labirent kapaklar çelik dökümden imal edilmiştir.



Şema 1.3: Çene kırıcıda şematik kırım

- **Gergi Tertibatı**: Pitman gergi tertibatı gergi çubuğu, gergi lastik takozu kepi ve sıkma somunlarından ibaret olup, gerdirme yaylı bir tertibat yerine daha kullanışlı olduğu tecrübe ile sabit olan lastik takoz kullanılmıştır.
- **Çene Ayar Tertibatı**: Çene ayarı için ayar bloku ve ayar levhaları kullanılmıştır. Bu şekilde daha basit daha kullanışlı ve uzun ömürlü bir ayar sistemi elde edilmiş olmaktadır. Çene ayarı mevcut muhtelif kalınlıktaki ayar plakaları vasıtasıyla temin edilmektedir.
- **Destek Plakası (Toggle Plate):** Çene arasına düşecek herhangi bir parçanın (demir gibi) çeneyi tahrip etmemesi için, aşırı zorlanma durumunda kırılarak sigorta vazifesi görmesi için destek plakası tecrübe sonucu uygun kalınlıkta GG 18 pik dökümden imal edilmiştir. Gerek gövde ve gerekse pitman üzerinde gövde ve pitmanın aşınmasını önlemek için demonte edilebilir destek plaka yuvaları mevcut olup aşındığı zaman kolayca değiştirilebilir.

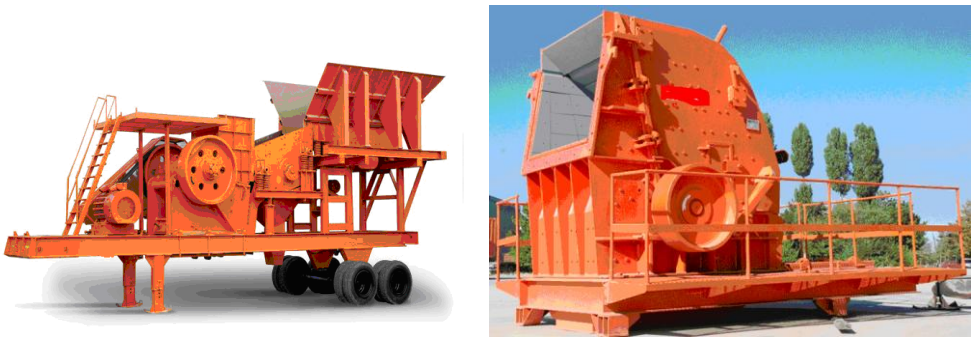
- **Yağlama:** Gerek pitman yatakları ve gerekse yan yataklar gres tabancası ile yağlanacak şekilde gresörlüklerle teçhiz edilmiştir.



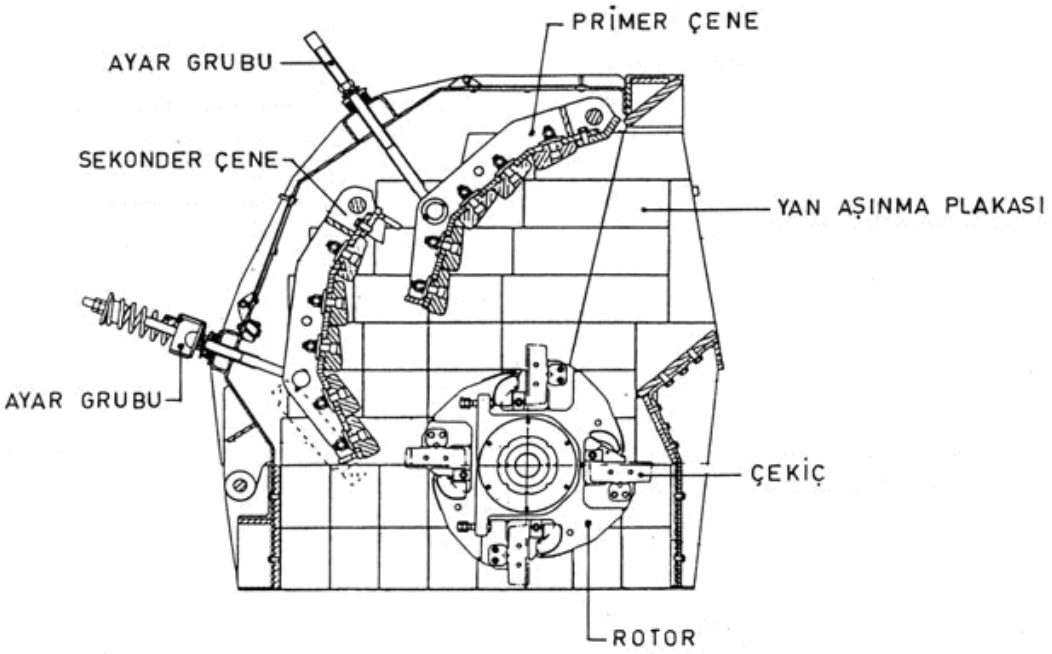
Şema 1. 4: Granit, bazalt ve kalkerin işlenmesi

1.2.2. Primer Darbeli kırıcılar

Primer darbeli kırıcılar, malzeme kapasitesi yüksek kırıcılardır. Orta ve düşük sertlikteki malzemeleri çift kırma esasına dayanan sistemle kırmaktadır. Bu nedenle uygulamada primer ve sekonder kademelerin her ikisinde de kullanılabilmekle birlikte, primer kademede çeneli kırıcılara kıyasla daha yüksek oranda ince malzeme çıkışı sağlayabilmektedir. Böylece sekonder kırcının yükünü hafifletebilmekte, bazı uygulamalarda ise sekonder kırıcı ihtiyacına gerek kalmaksızın istenen tane iriliğinde malzeme çıkışını sağlayabilmektedir. Rotor çelik döküm ve çelik konstrüksiyondan mamul olup, paletler ise yüksek manganlı çelikten üretilmiştir. Kırıcı gövdesi iki parça halinde olup, hidrolik sistemle açılabilmektedir. Bu sayede, aşınan parçalar rahatlıkla ulaşılabilmektedir. Palet aşınma plakalarının değişimi kolayca yapılabilmeliktedir. primer darbeli kırıcılar yüksek performansları, kolay tamir ve bakım özelliklerinin yanında düşük işletme maliyeti avantajı sunmaktadır.



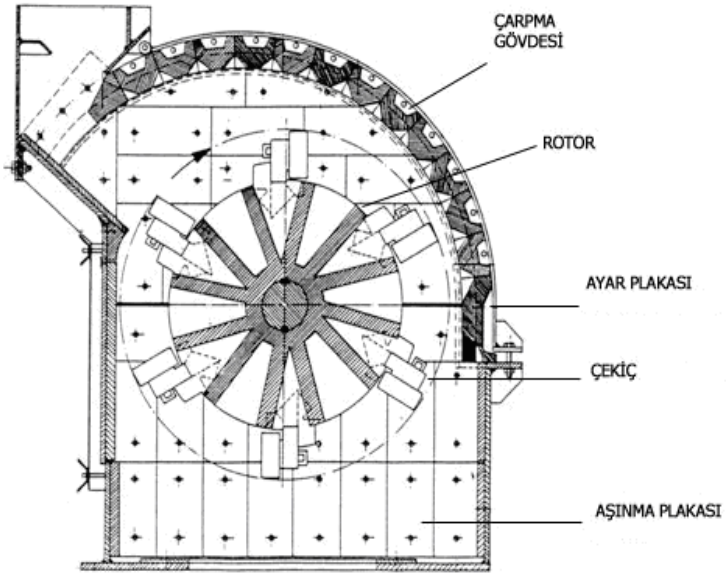
Resim1.4: Primer darbeli kırıcılar



Şekil 1. 2:Primer darbeli kırıcıların kesit resmi

1.2.3. Sekonder darbeli kırıcılar

Kırıcı gövdesi çelik saçtan kaynak konstrüksiyon olarak imal edilmiştir. Gövde üzerinde çubuklar ve yan duvarlar yüksek manganlı dökümden imal edilmiş olup değiştirilmesi kolaylıkla sağlanabilmektedir. Ayrıca, malzeme iriliğini ayarlamak için konulan ayar çubuğu, rotor bakımı ve tıkanmaları gidermek amacıyla geniş ve menteşeli kapak mevcuttur. Çekiçler rotora değiştirilebilir ve ayarlı tespit elemanları ile bağlanmıştır. Palet sayısı ve kırma yüzeyinin büyük olması; Yüksek verimli, ekonomik ve kolay işletilmesiyle sekonder kırıcı olarak büyük avantajlar sağlamaktadır. Düşük, orta ve yüksek sertlikteki malzemeler için ideal kırma yapabilme özelliğine sahiptir.



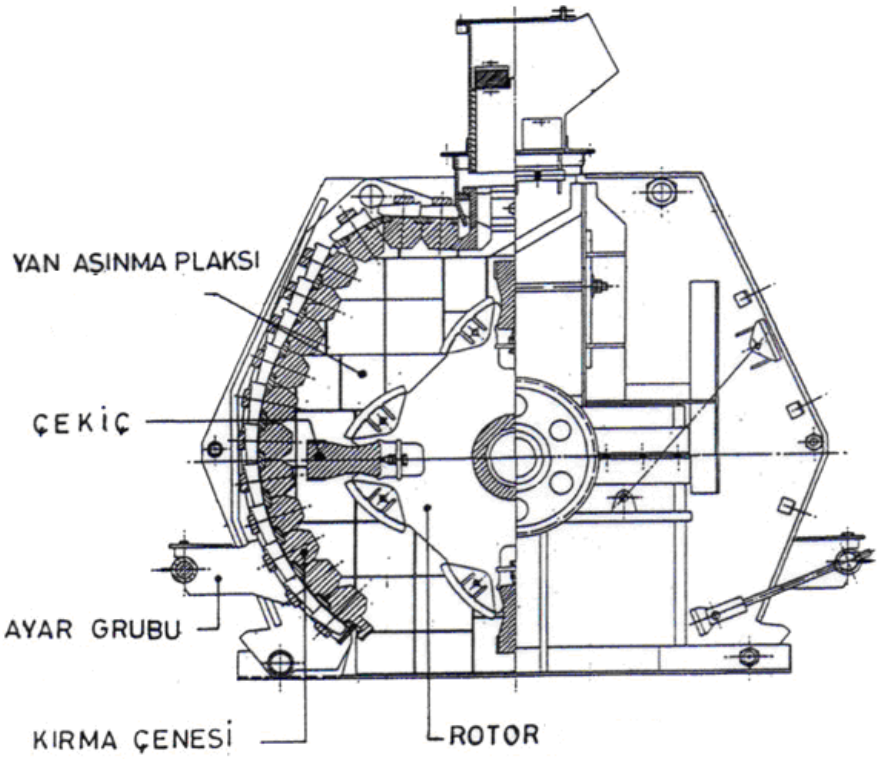
Şekil 1.3: Sekonder darbeli kırıcıların kesit resmi

Resim1. 5: Sekonder darbeli kırıcılar

1.2.4. Tersiyer darbeli kırıcılar

Tersiyer Darbeli Kırıcılar (Kum Kırıcı); çift yönlü darbeli kırıcılar sınıfından olup, her türlü taş malzemesi ve doğal minerallerin kırma işlerinde kullanılmaktadır. Rotor çelik döküm ve yüksek mukavemetli saç konstrüksiyon olarak imal edilmiş olup gerekli ısıl işlemler yapılmıştır. Aşınma plakaları aşınmaya karşı yüksek dayanımlı saçtan mamuldür. Kırma çeneleri ve çekiçler manganlı ve kromlu çelik dökümden mamul olup, çekiçlerin değişimi ve bakımı kolaylıkla sağlanabilmektedir.

Gövde çift açılır kapaklı olup, kapak açma işlemi kriko ile rahatlıkla yapılabilmektedir. Kırma çeneleri, istenen malzeme iriliğine göre kolaylıkla ayarlanabilmektedir. Tersiyer Darbeli Kırıcılar yüksek performansı, kolay tamir bakım özellikleri yanında düşük maliyet avantajı sağlamaktadır.



Şekil 1.4: Tersiyer darbeli kırıcıların kesit resmi

Resim1.6: Tersiyer darbeli kırıcı

Döner (gyratory) kırıcılarda işlem, aralarındaki bazı noktalarda malzemenin sürekli olarak kırıldığı dairesel çenelerle yapılır. Huni biçiminde ve üstü açık bir kasa içinde konik bir döner kırıcı kafa vardır. Şekil de görüldüğü gibi kırıcı kafa, makinenin üst kısmındaki ağır bir şafta bağlıdır. Şaftın alt ucu bir eksantrikle hareket ettirilir. Kırma kafasının altı sabit duvara doğru yaklaşır ve uzaklaşır. Katı parçalar V-şeklindeki boşluktan geçerken kafa ve kasa arasında kırılır. Kırıcı kafa şaft üzerinde serbestçe dönebilecek konumda olduğundan, kırılan malzemenin verdiği sürtünme kuvvetiyle yavaşça döner. Kırıcı kafanın hızı 125-425 dönme/dak dır. En büyük döner kırıcılar 3500 ton/saat

Kırıcı Silindirlerde yatay eksene paralel olarak dönen iki silindir bulunur. Silindirler arasına giren katı taneler sıkıştırmayla kırılır. Silindirler birbirine doğru dönerler ve hızları

aynıdır; tipik boyutlar 24 inç çap ve 12 inç yüzeyden, 78 inç çap ve 36 inç yüzeye kadar değişir. Silindirlerin dönme hızı 50-300 rpm arasında değişir. Bu tip kırıcılar ikincil kırıcılardır; beslenen katı tanelerin boyutları 1/2-3 inç, elde edilen ürün 1/2 inç-20 mesh aralığındadır.

1.2.5. İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Tüzüğü

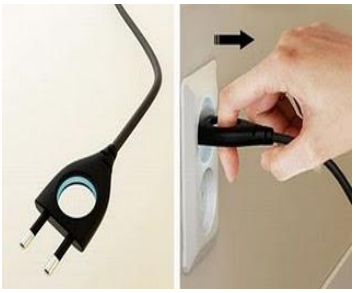
Konkasörler, değirmenler ve öğütücülerle yapılan çalışmalarda, aşağıdaki tedbirler alınmalıdır:

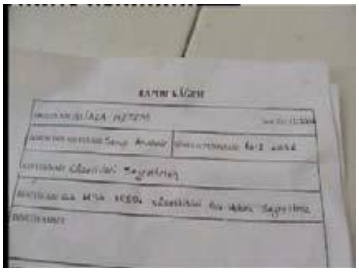
- Kuru ve yanıcı maddelerin öğütüldüğü makinalarda, öğütme ile ilgili kısımlar, bronz veya pirinç gibi çarpma ile kıvılcım çıkartmayacak malzemeden yapılmalıdır.
- Öğütülecek malzeme, önce mıknatıs ile tel, çivi gibi demir parçalardan tamamen ayıklanmış olmalıdır.
- Konkasörler, taş fırlamasına karşı korunmuş olmalı ve açıkağızlı döner konkasörler üzerinde çalışan işçiler, emniyet kemeri takmalıdır.
- Döner konkasörlerde parça sıkışması halinde, makine durdurularak uzun ve uygun çubuklarla sıkışma giderilmelidir.
- Mekanik besleme tertibatı bulunmayan öğütücülerde uygun koruyucu tedbirler alınmalıdır.
- Elle beslenen helezon dişli öğütücülere, dar boğazlı bir beslenme hunisi konacak ve bu huninin boğaz çapı 5 santimetreden fazla ve boğazın, dişliye olan aralığı da 15 santimetreden az olmamalı ve tehlikeli bölgeye elin girmesi önlenmelidir.
- Maden hurdası kırıcılarının (değirmen) bulunduğu yerlerin etrafı, sağlam ve yeteri yükseklikte bir duvar veya paravana ile çevrilmeli ve buraya ilgililerden başka kimse sokulmamalıdır.
- Silindirli kırıcılar, değirmenler ve merdaneli öğütücülerde, beslenme ağızlarına huni veya oluk gibi tertibat yapılmalı ve tehlikeli bölgeye elin girmesi önlenmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Kırıcı kullanınız

Kullanılan araç ve gereçler: Deney Numunesi: Kumtaşı, Kırıcılar: (Çeneli Kırıcı, Konili kırıcı ve Merdaneli kırıcı,) Laboratuar elekleri, plastik leğen, paslanmaz çelik kaplar, tartım aleti, fırça

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Kırıcıyı kontrol ediniz. 	➢ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➢ İş güvenliği önlemlerinizi alınız.
➢ Elektrik bağlantısını yapınız. 	➢ Kırıcının fişini elektrik prizine takmadan önce kırıcının açık olup olmadığını kontrol ediniz. ➢ Kırıcının fişini elektrik prizine takınız.
➢ Kırıcıyı çalıştırınız. 	➢ Kırıcının start butonuna basarak çalıştırınız. ➢ İş güvenliği kurallarına uyunuz.
➢ Kırıcının çalışmasını kontrol ediniz.	➢ Kırıcıyı çalışma talimatnamesine uygun olarak kullanınız. ➢ Öğretmeniniz olmadan asla izinsiz kullanmayınız.

➢ Hammaddeyi besleyiniz. 	➢ Kırıcıya verilen kumtaşlarının içerisinde hiç metal malzeme olmamasına dikkat ediniz. ➢ Kırıcıdan çıkacak olan kıvılcım,toz taneciklerine dikkat ediniz.
➢ Parça büyüklüğü kontrolüne gönderiniz. 	➢ Kırıcıdan alınan ürünün elek analizini yapınız. (ürün istenilen boyutta değil ise Çeneli kırıcı boğaz açıklığı değiştirilerek ve merdaneler arası açıklık uygun şekilde ayarlanarak başka bir numune ile kırma yapınız.)
➢ Raporunuzu hazırlayınız. 	➢ Uygulama sırasında aldığınız notlardan faydalanınız. ➢ Raporu işlem sırasına göre yazınız. ➢ Raporlarınızı kuralına uygun ve okunaklı olarak yazmaya özen gösteriniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş güvenliği önlemlerinizi aldınız mı?		
2.	Kırıcıyı kontrol ettiniz mi?		
3.	Elektrik bağlantısını yaptınız mı?		
4.	Kırıcıyı çalıştırdınız mı?		
5.	Kırıcının çalışmasını kontrol ettiniz mi?		
6.	Hammaddeyi beslediniz mi?		
7.	Parça büyüklüğü kontrolüne gönderdiniz mi?		
8.	Raporunuzu hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "Ölçme ve Değerlendirme" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Tüketim amacına veya uygulanacak cevher zenginleştirme yöntemine bağlı olarak tüvenan cevherin tane boyutunun küçültülmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan boyut küçültme işlemi ne olarak adlandırılır?
   A) Ufalama B) Kırma C) Öğütme D) Küçültme

2. Aşağıdakilerden hangisi öğütme (değirmen) tiplerinden birisi değildir/
   A) Aktarılan ortamla çalışan değirmenler
   B) Sabit bir yörünge üzerinde yuvarlanan merdaneler
   C)Dönen diskler
   D) Sabit bir yüzey üzerinde dönen diskler

3. Genellikle kırma işleminden önce ufalama boyutundan küçük taneler bir …….. Ayrılır ve yalnız iri taneler kırıcıya beslenir. Boşluğa hangi kelime gelmelidir/
   A) Elekle B) Kırıcıyla C) Öğütücüyle D) Küçültülerek

4. Kırma işleminde, kırılacak malzeme boyutunun, kırılmış malzeme boyutuna oranı, ne olarak adlandırılmaktadır?
   A) Kırıcı oranı B) Boyut küçültme oranı C) Öğütme oranı D) Eleme oranı

5. Ocak, granit ve benzeri sert karakterli ve kalker tipi daha yumuşak karakterli ocak malzemesi ile dere malzemesi, muhtelif cins ve karakterdeki cevherin kırılması için hangi kırıcı kullanılmaktadır?
   A) Primer Darbeli kırıcılar B) Sekonder darbeli kırıcı
   C) Çeneli kırıcı D) Tersiyer darbeli kırıcı

6. Palet sayısı ve kırma yüzeyinin büyük olması; Yüksek verimli, ekonomik ve kolay işletilmesiyle sekonder kırıcı olarak büyük avantajlar sağlamaktadır. Düşük, orta ve yüksek sertlikteki malzemeler için ideal kırma yapabilme özelliğine sahiptir. Hangi kırıcı çeşidinin özelliğidir?
   A)Primer Darbeli kırıcılar B)Sekonder darbeli kırıcı
   C) Çeneli kırıcı D)Tersiyer darbeli kırıcı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak öğütücü kullanabileceksiniz.

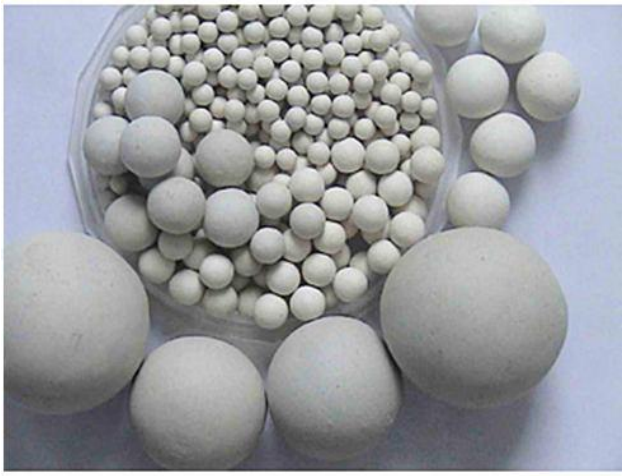
ARAŞTIRMA

- Öğütücülerin kullanım alanlarını araştırınız.
- Öğütücülerin çeşitlerini araştırınız.
- Proses tesislerinde kullanılan Öğütücüleri araştırınız.

2. ÖĞÜTÜCÜLER

2.1. Tanımı

Küçük tane boyutlarında yapılan boyut küçültme işlemine **öğütme** denir. Kuru ve yaş olarak yapılabilen öğütme, kırma gibi bir boyut küçültme işlemi olup, boyut küçültme işlemlerinin son basamağıdır ve başarılı bir cevher zenginleştirme işleminin anahtarı durumundadır. Öğütme işlemi 25 mm'den küçük tane boyutlarına uygulanmaktadır. Öğütme işleminin yapıldığı cihazlara **"öğütücü"** veya **"değirmen"** adı verilir.



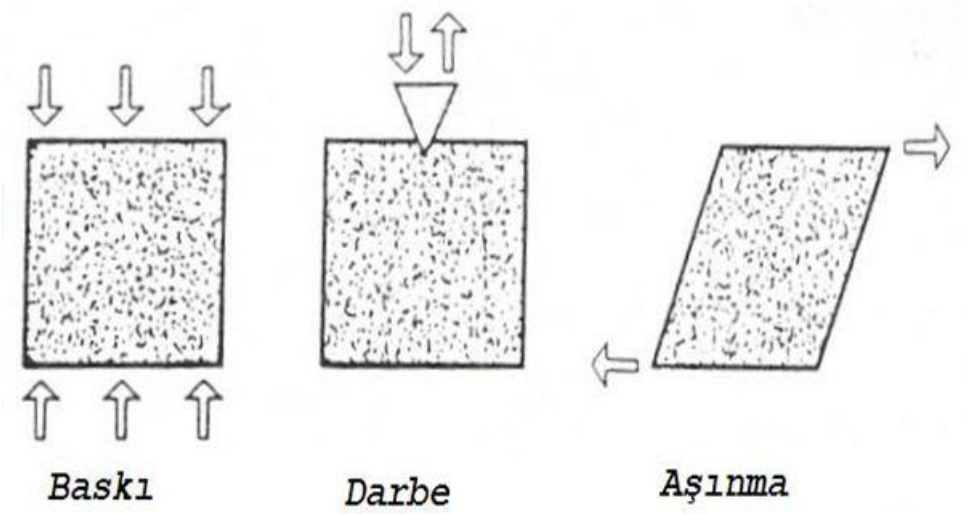
Resim 2. 1:Öğütücülecek hammadde ebatları

Boyutu düşürülmek istenen parçacıkların en büyük boyutunun yaklaşık 5 mm'den daha az olduğu durumlardaki yüzey büyütme işlemi, her ne kadar teknik uygulamada her durum için geçerli olan kabullere varılmamışsa da ilk yaklaşım olarak, öğütme aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Kaba öğütme 5-0,5 mm arası
- İnce öğütme 500-50 mikron arası
- Çok ince öğütme 50-5 mikron arası
- Kolloid Öğütme <5 mikron

Mekanik metotlarla küçük taneciklerin üretimi, büyük olanların mekanik kuvvetler yardımıyla üretilmesini içerir. Ezme, öğütme ve ufalama seramik tozlarının üretiminde kullanılır. Bununla birlikte bazı metal ve metal alaşımlarının üretilmesi içinde kullanılabilir.

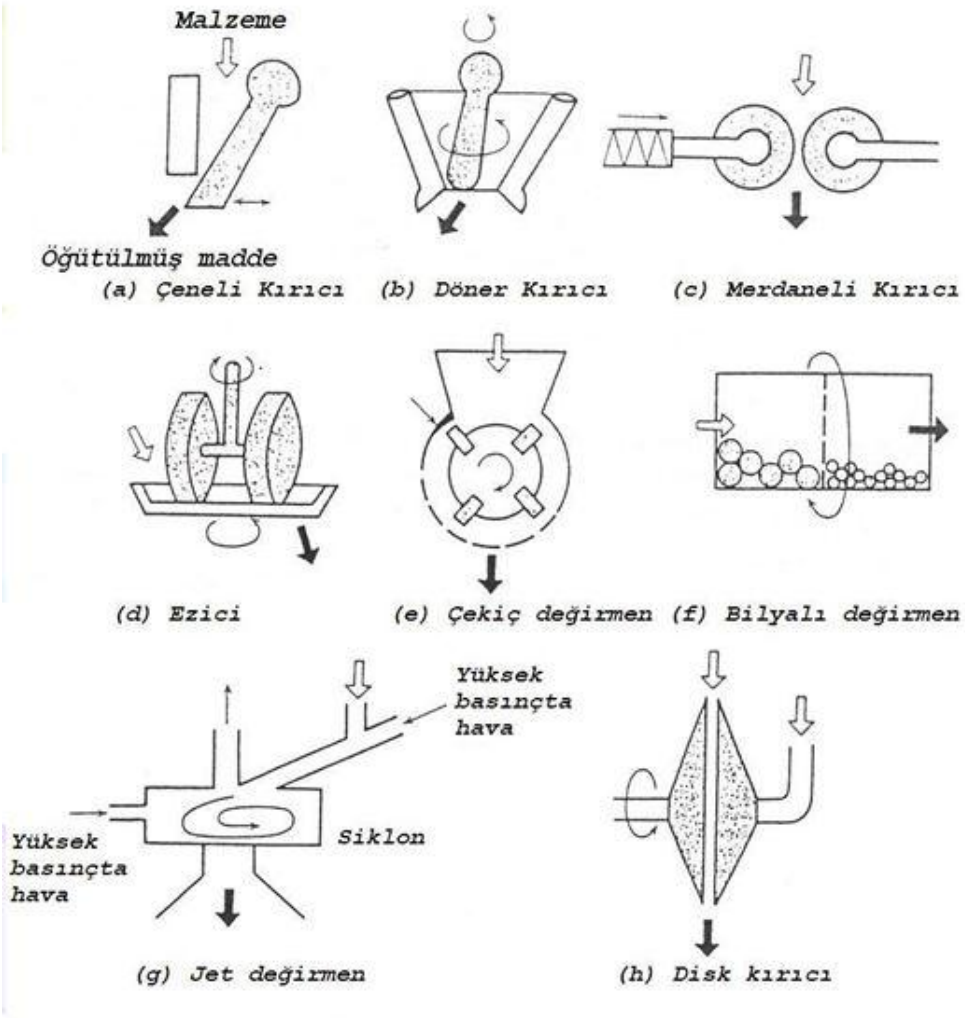
Geleneksel seramik tozları, doğal olarak bulunan hammaddelerden mekanik metotları kullanılarak hazırlanır. Öğütme teknik olarak çok değişik şekillerde yapılabilir. En yaygın olanları Şekil 2.1 ’da gösterilmiştir.



Şekil2.1:Öğütmedeki en yaygın kuvvetler

Değirmenin yapımında kullanılan malzemeler ve atmosferik gazlar nedeniyle tanecik yüzeyinde kirlenme gibi öğütmenin bazı problemleri vardır. Ufalamayla üretilen en küçük tanecikler, öğütülen ürünün yeniden toplanması nedeniyle dezavantaj oluşturur. Mekanik boyut azaltma teknikleriyle üretilen taneciklerin boyut, şekil, tane dağılımı ve öğütme sınırı kullanılan değirmenin tipi ve öğütme şartlarına direkt bağlıdır.

Endüstriyel tip kırıcı ve öğütücü değirmenlerin şematik diyagramı Şekil 2.2 ’de Gösterilmiştir



Şekil 2.2: Kırıcı ve öğütücü tipleri

- (a) ve (b) tipi (çeneli kırıcı, konik kırıcı), 100 mm büyüklüğündeki katıları 40 mm altındaki boyuta indirir.
- (f) ve (g) tipi (bilyalı değirmen, jet değirmen), 3-10 mm boyutundaki katıları 150 mikro m altındaki boyuta indirir.
- (c), (d), (e) ve (h) tipi (merdaneli kırıcı, ezici, çekiç değirmen, disk kırıcı), 6-50 mm ‘den 3-10 mm altına indirir.

2.1.1. Öğütmenin Amacı ve Etki Eden Parametreler

Öğütmenin yapılış amacını şu şekilde sıralamak mümkündür. Öğütme, toplam yüzey alanını büyütme, istenilen tane iriliğini elde etme ve mineralleri serbest hale getirme gibi belirli amaçlarla yapılır.

- **Yüzey alanı büyütme**: Öğütme sonucu doğal olarak özgül yüzey alanı artar. Bazı cevher zenginleştirme işlemlerinde, özellikle öğütülen malzeme kimyasal işleme tabi tutulacaksa, özgül yüzeyin önemi artar
- **İstenilen tane iriliğinin elde edilmesi:** Genelde ayırma işlemlerinin başarısı işleme tabi tutulan malzemenin tane iriliğine bağlıdır. Örneğin flotasyon ile zenginleştirme işlemlerinde tane iriliğinin 10-300 mikron arasında olması istenir.
- **Minerallerin serbest hale getirilmesi:** Cevher içindeki değerli ve değersiz minerallerin birbirinden yüksek verim ve yüksek mineral yüzdesi ile ayrılabilmesi, ancak yeterli ölçüde bir serbestleşme ile mümkündür. İyi bir serbestleşme dolayısı ile iyi bir öğütme, ayırmanın sıhhatinde en önemli rolü oynar.

Laboratuar dışında öğütme, sürekli bir işlemdir. Değirmenden çıkan ürünün tane iriliği, kullanılan öğütücü ortamın cinsine ve miktarına, besleme malının cinsine ve miktarına, öğütme süresine ve değirmenin dönme hızına (kritik hız) bağlı olarak değişir.

- **Öğütücü ortam cinsi ve miktarı:** Öğütme işlemlerinde öğütücü ortam olarak çelik, özel alaşımlı veya seramik bilyeler, çelik veya özel alaşımlı çubuklar, çakıllar veya cevherin kendisi kullanılabilir. Öğütücü malzemenin miktarı ise değirmen tipine bağlı olarak (bilyeli/çubuklu/otojen) değişmektedir.
- **Besleme Miktarı:** Değirmene beslenecek malzeme miktarı cevher özelliklerine, değirmen yapısına, çalışma prensibine ve çalışma şartlarına bağlıdır.
- **Öğütme süresi:** Öğütme işlemlerinde öğütülecek malzemenin değirmen içinde kalma süresi öğütmeyi etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Malzemenin değirmen içinde öğütme süresini aşacak şekilde kalması enerji sarfiyatına neden olur. Bunun aksine öğütmenin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan süreden önce değirmenden alınan malzeme tam olarak öğütülmemiş olur. Öğütme süresinin tespiti laboratuvarlarda çeşitli sürelerde öğütme deneyleri yapılması ile elde edilir. Malzemenin öğünme durumu elek analizleri ile kontrol edilir.
- **Değirmenin dönüş hızı:** Öğütme işlemlerinde, öğütmeyi etkileyen bir diğer faktör de değirmenin dönüş hızıdır. Değirmen içindeki öğütücü ortam değirmenin dönmesi ile birlikte kazandığı kinetik enerjiyi sürtünme, kesme ve çarpma kuvveti olarak öğünen malzemeye iletir.

Ortamın hareketleri şu üç grupta toplanabilir.

- Kendi ekseni etrafında dönme
- Kayarak yuvarlanma
- Serbest düşme

Bu üç hareketten birinin diğerine oranla azlığı veya çokluğu öğütme olayını etkiler. Örneğin düşük hızlarda ilk iki hareket söz konusudur ve bu harekete **kaskat hareket** denir. Çok yüksek hızlarda ise ortamı oluşturan malzeme santrifüj kuvvetlerinin etkisi altında değirmenin iç çeperine yapışarak değirmenle birlikte döner. Bu durumda da öğütme olayı meydana gelmez. Öğütmenin tam olarak oluşabilmesi için öğütücü ortamın, değirmen içinde maksimum seviyede iken, yerçekimi kuvvetinin santrifüj kuvvetini yenmesiyle, malzeme üzerine düşmesi gereklidir. Değirmenin sesinin değiştiği ve öğütme olayının gerçekleştiği bu duruma **katarakt hareket** denir. Diğer bir tanımla öyle bir hız vardır ki bu hızın altında taneler değirmenin astar yüzeyinden ayrılır, bu hızın üzerinde astar ile birlikte döner. İşte bu hıza **kritik hız** denir. Bu hız, yerçekimi kuvvetinin santrifüj kuvvetine eşitlendiği hızdır ve değirmen çapıyla ters orantılıdır. Fakat genel olarak pratikte uygulanan kritik hız değerleri aşağıdaki gibidir:

- Çubuklu değirmenlerde değirmen hızının % 50-65'i
- Bilyalı değirmenlerde değirmen hızının % 70-80'i
- Otojen değirmenlerde değirmen hızının % 80-85'idir.

2.1.2. Öğütme Devreleri

Öğütme işlemlerinde de açık ve kapalı olmak üzere iki ana devre tertibi kullanılmaktadır. Bu devre tertipleri esas alınarak öğütme, malzemenin cinsine ve daha sonra uygulanacak hazırlama ve zenginleştirme yöntemlerine bağlı olarak yaş veya kuru olarak yapılır.

Kuru Öğütme = Bilya + Cevher
Sulu Öğütme = Bilya + Cevher + Su

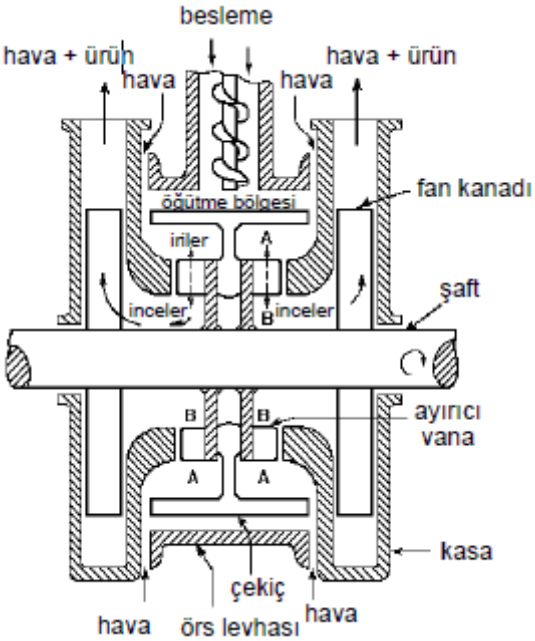
2.2. Öğütücü Çeşitleri

Öğütücüler (Orta ve İnce): Çekiçli değirmenler (hammer mill), vurucular, silindirli-sıkıştırmalı değirmenler (toplu ve silindirli), aşındırma değirmenleri ve döner değirmenler (çubuklu, bilyalı, tüplü) gibi çeşitleri vardır.

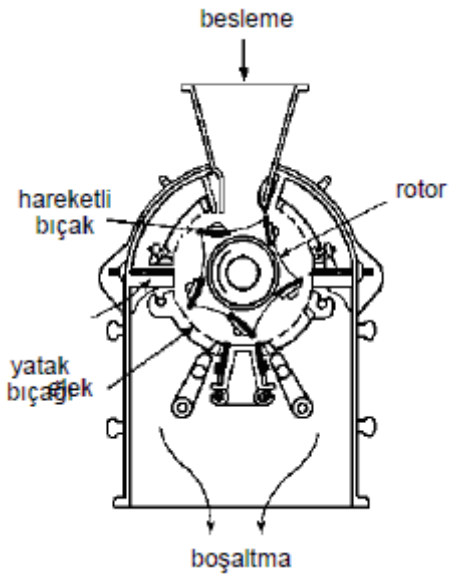
Ultra-İnce Öğütücüler: İçinde sınıflama yapabilen çekiçli değirmenler, akışkan-enerji değirmenleri.

Ultra-İnce Öğütücüler; sanayide kullanılan toz halindeki katı maddelerin büyüklükleri 1-20 mikron arasındadır ve tümü standart 325 mesh (44 mikron açıklık) elekten geçer. Bu derece ince tanecikler yapan değirmenlere ultra-ince öğütücüler denilmektedir. İç veya dış

sınıflamalı çekiçli değirmenler ve akışkan enerjili veya jet değirmenler, ultra-ince kuru toz taneciklerinin elde edilmesinde kullanılan cihazlardır.



Şekil 2.3: Mikro atomizerin çalışma ilkesini gösteren şematik diyagram.



Şekil 2.4: Bir döner bıçaklı kesicinin şematik görünümü

2.2.1. Aktarılan Ortamla Çalışan Değirmenler

Öğütücü ortam, bilye, çubuk, çakıl, silpeps veya cevherin içindeki iri parçalar olabilir. Bunlar arasında ortak yön, ortamı oluşturan parçaların birbirlerinden serbest halde bulunmalarıdır. Uygun şekil ve yapıda bir gövde içerisine konan öğütücü ortam parçaları, bu gövdenin ekseni etrafında dönmesi ile devamlı olarak aktarılmış olur. Öğütücü ortam parçalarının şekillerine bağlı olarak aralarında boşluk kalır. Bu ara boşluklara cevher parçaları girer.

Aktarılan ortamla çalışan değirmenler sadece aktarılan ortama veya bununla birlikte yapı özelliklerinden olan gövde ve taşma şekillerine göre adlandırılır:

Ortam bilya ise bilyalı değirmen, çakıl ise çakıllı değirmen, çubuk ise çubuklu değirmen ve iri cevher parçaları ise otojen değirmen olarak adlandırılır.

Gövde şekline göre silindir gövdeli, silindiro-konik gövdeli ve konik gövdeli olarak adlandırılırlar.

Değirmen içerisindeki malzemenin taşma şekli düz ise düz taşmalı, ızgaralı ise ızgaralı taşma ve spiralli ise spiralli taşma vb. olarak adlandırılırlar.

Değirmenlerin tanımlanmasında en uygun olanı, yukarıda sayılan özelliklerin üçünü birden belirtmektir. Örneğin; silindir gövdeli, ızgaralı taşmalı bilyalı değirmen gibi.

Söz konusu edilen yapı özelliklerine giriş, gövde boyutları (çap, boy) astar şekli, boyutları ve düzeni gibi oldukça değişken yapı unsurları katıldığında, değirmenlerin çok değişik örneklerinin ortaya çıkabileceği açıktır. Değirmen tiplerini inceleyecek olursak;

Bilyalı, Çakıllı veya Çubuklu Değirmenler: Bu tip değirmenlerde ortak olan, öğütücü ortamın cevherden ayrı olarak değirmen içerisine konulmuş olmasıdır. Ayrı olan yanları ise ortamın şekli ve yapıldığı malzemedir

Resim 2. 2:Silindir gövdeli, düz taşmalı bilyeli değirmen

Silindir gövdeli, düz taşmalı bilyeli değirmenlerin ana unsurları;
Gövde
Yan kapaklar
Yataklar
Giriş
Çıkış
Astarlar
Aktarılan ortam
Tahrik düzeneği' dir.

Gövde: İçine konan öğütücü ortam ve öğünecek malzemeye mahfaza görevi görür. Ayrıca, yan kapaklar ve dolayısıyla yataklar arasında bir bağlantı parçasıdır. Böylece yataklar arasında rahatça dönebilir. Şekline göre kıvrılarak hazırlanmış çelik sacların kaynakla birleştirilmesi ile yapılır. Bazı özel durumlarda, çelik sac yerine özel alaşımlı saclar da kullanılmaktadır. Boyutlarına bağlı olarak, kıvrılarak imal edildiği sacın kalınlığı değişir.

Değirmen içindeki gerek ortam gerekse cevher yükünü taşıyabilmeli ve ayrıca, ortamın darbe etkilerine karşı koyacak bir dayanıklılıkta olmalıdır. Çap: Öğütülecek parça boyutu büyüdükçe değirmen çapı da büyümelidir. Ayrıca çapın karesi ile değirmen hacmi artacağına göre, çapta artış, hacim yönünden boyda artıştan daha etkilidir. Hacim: Kapasite ve malzeme geçme zamanını etkiler. Hacim arttıkça, kapasite artar.

Yan Kapaklar: Döküm, çelik döküm veya kalın sac plakalardan kesilip kaynak yapılmak yoluyla imal edilir. Şekli, düz veya bombeli olabilir. Çevre flanşlarından gövde flanşlarına yeterli çap ve sayıda cıvatalarla sıkıca bağlanır. Değirmen büyüklüğüne bağlı olarak radyal kuşaklarla desteklenmiş olabilir. Biri giriş, biri çıkış tarafında olmak üzere iki adet yan kapak bulunur. Kapak ortalarından dışa doğru silindirik uzantılar işlenerek yatakların yerleştirilmesine uygun hale getirilir. Orta boşlukları, kapağın bulunduğu yere göre, değirmene malzeme girişi veya değirmenden malzeme çıkışı için kullanılır. Yan kapakların, dolayısıyla değirmen çapı belirlenirken bu konu dikkate alınmalı ve çap ona göre büyük seçilmelidir.

Yataklar: Genellikle çok ağır yükleri taşımalarına karşılık oldukça düşük devirlerde çalışırlar. Önemli plan, iki yatağın ekseninin aynı olması ve dönüş sırasında kasıntılara meydan vermemesidir. Gövde, kapaklarla sıkıca birleştirildikten sonra kapak uzantılarının birlikte torna edilmesi eksenlerde uygunluğu sağlayabilir. Ayrıca yatak dış yüzeyleri küresel yapılmakla eksen intibaklarında kolaylık sağlanmış olur.

Yüklerin ağırlığı, devirlerin düşüklüğü ve çapların büyüklüğü nedeniyle yatakların, yatak metali veya fosfor bronz gibi malzemelerden uygun çap ve genişlikte yapılması gereklidir. Yataklar ayaklara oturtulur. Ayağın alt parçası düz bir plakaya cıvatalarla bağlanır, üst parçası ise alt parçaya cıvatalanır. Böylece yatak çevresinde meydana getirilen mahfaza yağ sızdırmasını ve toz girişini önleyecek yapıdadır.

Yağlama, üst parçalardaki kapaktan yağ ilavesi veya dışarıdan ayrı bir yağlama sistemi ile yapılır. Uzun süreli duruşlarda, ağır yükler nedeniyle yağ filmi kopabileceğinden, değirme çalıştırılmadan önce, yataklara basınçlı yağ vermek ve sonra değirmeni çalıştırmak, yatakları korumak için bir tedbir olabilir. Bu tip yataklara kaymalı yatak, kızıl yatak ve/veya bronz yatak da denir. Bazı değirmenlerde, farklı tiplerde yatak sistemleri kullanılsa da en sık kullanılanı bronz yataklar ve rulmanlı yataklardır.

Rulmanlı yataklarda, torna edilen yan kapak uzantısı üzerine yeterli kalınlık, genişlik ve çapta rulman takılır. Değirmen, rulmanlara uygun yataklar üzerinde döner. Bu tip yataklarda çalışan rulmanlar, gres yağı ile yağlanır. Yağlama, elle veya otomatik olarak yapılabilir.

Resim 2. 3:Değirmen "çıkış" yatağı.

Değirmen, taşıyıcı desteklere yatak ayaklarının bağlandığı düz plakalardaki cıvatalarla tutturulur. Bu plakalara, yatak ayakları ayarlanabilecek şekilde tutturmakla, teraziye almak ve çevre dişlisi-pinyon dişlisi arasındaki ayarları yapmak kolaylaşır.

Giriş: Girişteki yan kapağın ortasındaki uzantının orta boşluğundan (giriş boğazı) değirmene malzeme girişi sağlanır. Bu bölüm, dış yüzeyinde yatağı ve mahfazasını taşıdığından, ucundan değirmen iç bölümüne kadar, yapıya ve yatak genişliğine bağlı bir mesafe bulunmaktadır. Değirmen dışına taşmaya meydan vermeden değirmene malzeme besleyebilmek, yeteri kadar hızla malzemenin bu boğazdan geçirilmesine bağlıdır. Beslenen malzemenin akışkanlığı önemli bir faktördür. Yaş öğütmede, girişte su oranı düşük (%65-80 katı) olduğundan, akışkanlığı da buna göre düşüktür. O halde yeteri hız, malzemenin akış eğimini artırmakla sağlanabilir. Boğaz içerisine konacak bir helezon da, malzemenin değirmene giriş hızını artıracaktır. Malzeme akışkanlığının yetersizliği nedeniyle, akma güçlüğü ve değirmenden malzeme geçirememe durumlarında, değirmen girişine su vererek akışkanlığı arttırmak, değirmen içi su rejimini etkileyeceğinden, öğütme için çok zararlı olur.

Çıkış: Çıkış yapısının, girişe göre çok daha fazla çeşidi vardır. Düz taşma (yüksek, orta ve alçak seviyeli), delikli taşma, ters akım spiralli taşma, ızgaralı taşma, çevreden boşaltma belli başlı çıkış tipleridir. Değirmen girişinin kapalı yapısı geri tepmelere karşı gerekli iken, çıkışta belirli açıklık bulunması, aşınan ortamın yerine yenisini eklemek için gereklidir. Çıkış yapısındaki farkların başlıca nedenleri; giriş çıkış seviye farkı, taşma ile öğütücü ortam parçalarının değirmeni terk etmesini önlemek, yeteri kadar öğünmemiş malzeme parçalarının değirmeni terk etmesine engel olmak ve değirmen hacmini yeteri kadar doldurabilme diye sıralanabilir. Değirmen içi akış hızı, giriş çıkış seviye farkı ve boy

ilişkisine bağlı olduğuna göre, seçimi istenen şartlara göre yapmak gerekir. Örneğin, kuru malzeme değirmen içinde yaşa oranla daha yavaş ilerler. Bu nedenle, akış hızını artırmak için çevreden boşaltma, kuru öğütmede sıklıkla tercih edilir.

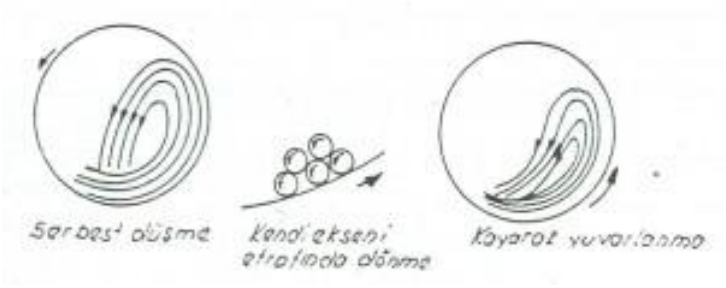
Astarlar: Değirmenin gerek öğütücü ortam, gerekse öğünecek malzeme ile temas halinde olan bölgelerinin aşınmaya karşı korunması gereklidir. Bunun için çeşitli şekil ve yapıda astarlar kullanılır. Astarlar, gövde, yan kapak ve boğaz astarları diye, kullanılış yerlerine göre adlandırılır. Gövde astarlarının yapısında özel sistemler kullanmakla (kaldırıcılar gibi) bunların ek bir amaca hizmet etmeleri de sağlanmış olur. Gövde ile birlikte dönüş yönünde belirli bir seviyeye kadar yükselen ortam, eğer yüzey düz olursa kaymalar yapabileceğinden, öğütmenin azalmasına neden olabilir. Kaldırıcıların (lifter barların) kullanılması ile kaymalar önlenmiş ve öğütme daha verimli hale getirilmiş olur. Diğer yandan gövde astarları öğütmenin irilik ve inceliğine bağlı olarak da değişik şekillerde yapılabilir.

Öğütücü Ortam Hareketi: Ekseni etrafında dönen bir silindir içerisine konan küresel bir cismi ele alalım. Eğer bu cisim, silindir ile birlikte dönüyor ve onun yüzeyinden ayrılıp düşmüyor ise en yüksek noktada bulunduğu anda, bu cisme etki eden iki zıt kuvvetten (yer çekimi ve santrifüj kuvvetten) ikincisi, birincisinden daha büyük demektir. O halde, öyle bir hız vardır ki, bu hız altında küresel cisim silindir yüzeyinden ayrılacak, üstünde onunla birlikte dönecektir. Bu şekilde tanımlanan hıza **"kritik hız"** denir.

Değirmen gövdesi içinde bir bilye parçası da aynı durumdadır. Bilyenin değirmen gövdesi ile birlikte dönmesi hiçbir öğütme yapmaz. O halde değirmenleri kritik hızın altında bir hızda çalıştırmak gerekir. Bu bakımdan, her değirmen için çapa bağlı bu hızın bilinmesi gerekir. Uygulamada, değirmenler kritik hızın % 50- 90'ı arasında çalıştırılırlar. Hıza bağlı olarak değirmen içindeki ortam şu hareketleri yapar;

1. Kendi ekseni etrafında dönme
2. Kayarak yuvarlanma
3. Serbest düşme

Bu hareketlerden birinin diğerine oranla azlığı öğütmeyi etkiler. Şöyle ki, kendi etrafında dönme, aynen merdaneli kırıcılarda olduğu gibi arada kalan parçaları ezerek ufaltır. Kayarak yuvarlanma, bilyelerin belirli bir yüksekliğe kadar çıktıktan sonra yer çekimi ve santrifüj kuvvet dengesi dolayısıyla çevreden ayrılarak alttaki bilyeler üzerinden yuvarlanarak kayması halidir. Oldukça düşük hızlarda oluşan bu hareketin etkisi, eksen etrafında yuvarlanmanın benzeridir. Hız arttıkça üçüncü tip, yani serbest düşme artar. Bu orta ve yüksek hızlarda kendini gösterir ve düştüğü yerdeki parçalar üzerine darbe etkisi ile parçalanmayı sağlar. Hızın çok artması ile ortam parçaları karşı astara çarpmaya başlar ki bu öğütmeye yararlı olmayan ve gereksiz bir güç kaybını, ortam ve astar aşınmalarını doğuran bir oluşum yaratır. Söz konusu hareketten darbe, iri ve sert parçaların kırılmasına yardım edeceğinden, bu gibi aksamın cevherde bol bulunduğu durumlarda (bunların kırılarak bilyeler tarafından kolayca kavranmalarını sağlaması nedeniyle) yararlıdır.



Şekil 2.5:Hıza bağlı olarak değirmen içindeki hareketler

Tahrik Sistemi: Değirmen gövdesi flanşlarından birini yan kapak flanşına bağlarken, değirmen ana dişlisi de bu flanşlarla birlikte gövdeye bağlanır. Ana dişli genellikle iki parçalı olarak yapılır ve bu iki parça cıvatalarla birbirine bağlandıktan sonra, birlikte işlenir. Dişli, döküm veya çelik döküm olarak yapılır. Devirler düşük olduğundan, yeterli genişlikte ve modüle sahip olmalıdır.

Resim 2. 4:Değirmen tahrikinin trapez kayışlarla yapıldığı tahrik sistemi.

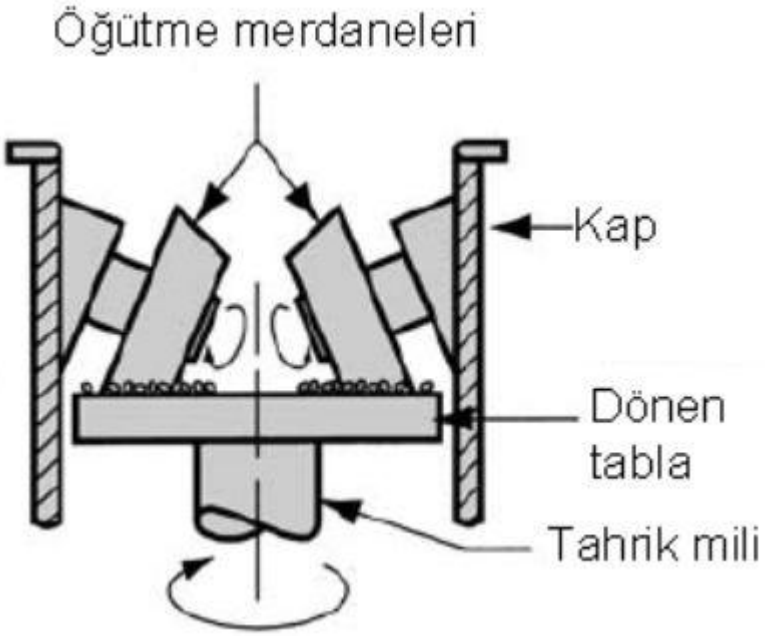
Resim 2. 5:Değirmen tahrikinde kullanılan redüktörlü tahrik sistemi

Kapasite: Değirmen kapasitesi, öğütülecek malzeme özelliklerine, değirmen yapısına, çalışma şartlarına ve tesis dizaynına bağlıdır. Kapasiteyi etkileyen cevher özellikleri, sertlik, yumuşaklık, tane iriliği ve özgül ağırlıktır. Değirmen yapısına ait özellikler, değirmen boyutları (çap ve boy), gövde astarlarının şekli, yapısı ve düzeni, öğütücü ortam şekli, özgül ağırlığı, boyutları ve miktarı, taşma şekli ve değirmen hızı ile buna bağlı öğütme hareketi karakteridir. Çalışma şartları ve tesis dizaynı yönünden ise, açık veya kapalı devre çalışması, beslemede su-katı oranı, öğütmeden elde edilmesi beklenen ürün boyutu olarak sıralanabilir.

Değirmen kapasitesi, çapın küpü ve boy ile doğru orantılı kabul edilir.

2.2.2. Silindirli öğütücüler

Yığın, yatay ve düz bir öğütme tablası üzerinde, merdanelerle tabla yüzeyi arasında sıkıştırılır



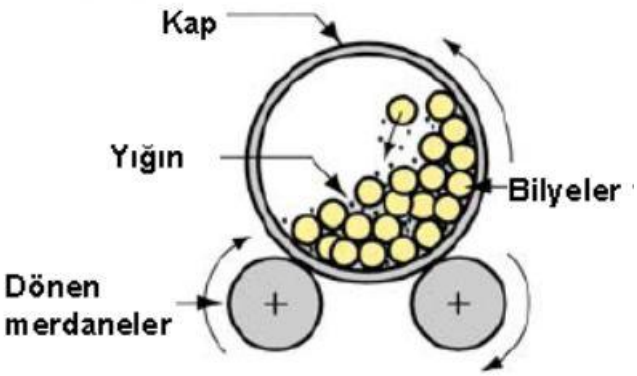
Şema 2.1: Silindirli (merdanali) Öğütücü

2.2.3. Bilyeli öğütücüler

Metal bir silindir ile içerisinde serbestçe hareket eden silis veya metal bilyelerden oluşmuştur. Silindir dönerken, silindir ile birlikte dönen ve silindirin yan yüzeyleri doğrultusunda tespit edilmiş olan küreklerle bilyeler yukarı doğru kaldırır. Küreklerin düşey duruma gelmesiyle bilyeler aşağı düşer. Silindir içine konan madde de bu harekete katılarak, bilyeler ile madde arasında olan sürtünme ve çarpmalar sonucu öğütülür.

Silindirin devir hızı belli bir düzeyde olmalıdır. Aksi halde merkezkaç kuvvet sonucu bilyeler ve madde silindir yüzeyine yapışık olarak kalır, düşme olmaz.

Değirmen kesiksiz çalışır. Madde silindir ekseninin ortasındaki kanaldan içeri girer. Silindirin yan yüzeyi madeni olup elek şeklindedir. Elek, iç çarpmalara dayanabilmesi için delikli metal saclarla takviye edilmiştir. Bilyeli değirmenlerde kuru ve yaş öğütme yapabilir.



Şema 2.2: Bilyeli değirmen

2.2.4. Multicon Titreşimli Öğütme Sistemi

Multicon, yeni geliştirilmiş kuru öğütme sistemi olup, kompak bir yapıda ve enerji verimliliği yüksek bir teknolojiye sahiptir. Bu sistem temel olarak çimento son öğütme aşamasında ön öğütücü olarak kullanılması ve seramik hammaddelerinin kuru olarak öğütülmesi amacıyla geliştirilmiştir.

Resim 2. 6: Multicon titreşimli öğütme sistemi

Multicon öğütme sistemi ince toz malzeme üretimini gerektiren; mineral, endüstriyel hammaddeler, cam endüstrisi gibi değişik endüstrilerde verimli olarak kullanılması mümkündür.

Çimento endüstrisinde; Multicon uygun bir separatör ile kapalı devre olarak klinker ve katkı maddelerinin ön öğütmesi yapılmakta ve bilyalı değirmen ile birlikte kullanılmaktadır. Multicon ön öğütme ilavesi ile kapalı sistem çalışan bir çimento değirmen öğütme grubunda %30–35 enerji tasarrufu ve %30–45 kapasite artışı sağlanmaktadır.

Multicon düşük yatırım ve işletim maliyetleri, düşük aşınma, kolay ve stabil işletilme özellikleriyle muadili roller presslere göre önemli üstünlükler sunmaktadır.

Multicon öğütme sistemi ayrıca seramik hammaddelerinin kuru öğütülmesinde düşük yatırım ve işletme maliyetleriyle; yaş sistem bilyalı değirmenlere, karıştırmalı değirmenlere ve pendular değirmenlere göre önemli avantajlar sunmaktadır.

Multicon dik titreşimli değirmen olup, ayrıca dik titreşimli roller press olarak da tanımlanabilir. Öğütme; "çarpma, ezme ve aşındırma" kuvvetlerinin ortak etkisi ile oluşmaktadır. Öğütme kuvvetleri; karşılıklı hareket eden iç koni ve dış gövde konisi arasında malzemenin öğütülmesini sağlamaktadır. Vibrasyon hareketi iç koniyi hareket ettiren bir motor tarafından üretilmekte, dış koni ve gövde de bu kuvveti dengeleyen dinamik bir vibrasyon hareketi yapmaktadır. Sistemin üst tarafından beslenen malzeme gravite ile titreşim salınımı yapan bu iki koni arasına girmekte ve öğütülmektedir.

Multicon sisteminin değişik boyutta tasarımları mevcut olup, aynı sistemde ürün inceliği ve kapasite ayarı ise; koniler arasındaki açıklık, iç koni altına bağlı ağırlıkların miktarı ve dağılımı ve titreşim frekansını sağlayan motor devri ile ayarlanmaktadır.

Multicon sistemi ince boyutlarda ürün eldesi için temel olarak bir separatörle kapalı devre işletilmesini gerektirmektedir. Bu şekilde kalın taneler separatör tarafından ayrılarak tekrar öğütme sistemine gönderilmekte ve istenilen ürün inceliğine ulaşılmaktadır.

1-Düşük yatırım ve işletim maliyeti• Roller prese göre daha düşük yatırım• Düşük enerji tüketimi• Düşük aşınma oranı ve yüksek kaliteli malzeme ile yapılan uzun ömürlü öğütme zonu

2-Düşük altyapı maliyeti• Roller presle kıyaslandığında %30-40 daha düşük altyapı ve inşaat maliyeti

3-Kolay ve güvenilir işletme• Otomatik kontrol ve uzaktan kumanda• Basit ve kolay işletim• Yüksek basınç olmaması, düşük arıza oranı nedeniyle yüksek kullanım oranı

4-Kolay ve düşük maliyetli bakım • Roller prese göre çok kolay, düşük maliyetli ve kısa sürede bakım yapılabilmesi

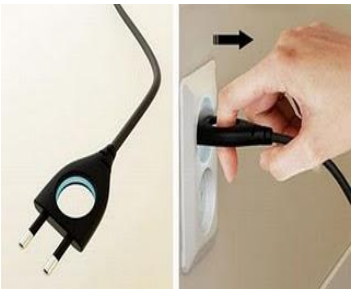
5-Stabil ürün kalitesi ve stabil işletme

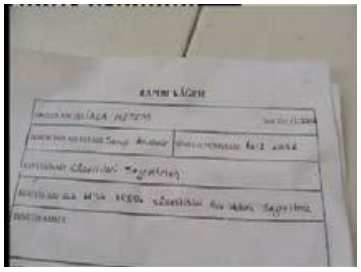
6-Düşük çevresel etki

UYGULAMA FAALİYETİ

Öğütme yapınız

Kullanılan araç ve gereçler: Öğütücü, Laboratuar elekleri, plastik leğen, paslanmaz çelik kaplar, tartım aleti, diğer yardımcı ekipman.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Öğütücüyü kontrol ediniz.	➢ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➢ İş güvenliği önlemlerinizi alınız.
➢ Elektrik bağlantısını yapınız. 	➢ Öğütücünün fişini elektrik prizine takmadan önce kırıcının açık olup olmadığını kontrol ediniz. ➢ Kırıcının fişini elektrik prizine takınız
➢ Öğütücüyü çalıştırınız.	➢ Öğütücüyü start butonuna basarak çalıştırınız. ➢ İş güvenliği kurallarına uyunuz.
➢ Öğütücünün çalışmasını kontrol ediniz.	➢ Öğütücünün çalışma talimatnamesine uygun olarak kullanınız. ➢ Öğretmeniniz olmadan asla izinsiz kullanmayınız.

➢ Hammaddeyi besleyiniz. 	➢ Öğütücüye verilen Portland çimento klinkerinin içerisinde hiç metal malzeme olmamasına dikkat ediniz. ➢ Öğütücüden çıkacak olan kıvılcım, toz taneciklerine dikkat ediniz.
➢ Parça büyüklüğü kontrolü yapınız. 	➢ Farklı öğütme sürelerinde (örneğin 0,5dakika, 1 dakika, 4 dakika. vb) öğütünüz. ➢ Her öğütme süresi sonunda değirmeni durdurarak, ızgara üzerine boşaltınız ve numune ile bilyeleri ayırınız. ➢ Öğütülmüş ürünlerden temsili numune alarak boyut analizlerini yapınız. ➢ Öğütme işlemi bitince değirmeni ve bilyeleri temizleyiniz. ➢ Öğütücüden alınan çimento hammadesinin elek analizini yapınız.
➢ Raporunuzu teslim ediniz 	➢ Uygulama sırasında aldığınız notlardan faydalanınız. ➢ Raporu işlem sırasına göre yazınız. ➢ Raporlarınızı kuralına uygun ve okunaklı olarak yazmaya özen gösteriniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş önlüğünüzü giyip çalışma masanızı düzenlediniz mi?		
2.	Öğütücüyü kontrol ettiniz mi?		
3.	Elektrik bağlantısını yaptınız mı?		
4.	Öğütücüyü çalıştırdınız mı?		
5.	Öğütücünün çalışmasını kontrol ettiniz mi?		
6.	Hammaddeyi beslediniz mi?		
7.	Parça büyüklüğü kontrolü yaptınız mı?		
8.	Raporunuzu teslim ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "Ölçme ve Değerlendirme" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Öğütme işlemi kaç mm'den küçük tane boyutlarına uygulanmaktadır?
A) 20 B) 25 C) 30 D) 40

2. Boyutu düşürülmek istenen parçacıkların; en büyük boyutunun yaklaşık 5 mm'den daha az olduğu durumlardaki ne işlemi uygulanır?
A) Yüzey büyütme B) Yüzey küçülte
C) Eleme D) Taneciklere ayırma

3. Aşağıdakilerden hangisi öğütmenin yapılış amaçlarındadır?
A) Toplam yüzey alanını büyütme, B) İstenilen tane iriliğini elde etme
C) Mineralleri serbest hale getirme D) Hepsi

4. Aşağıdakilerden hangisi silindir gövdeli, düz taşmalı bilyeli değirmenlerin ana unsurların birisi <u>değildir.</u>
A) Gövde B) Fan C) Astarlar D) Tahrik düzeneği

5. Değirmenin gerek öğütücü ortam, gerekse öğünecek malzeme ile temas halinde olan bölgelerinin aşınmaya karşı korunması gereklidir. Bunun için çeşitli şekil ve yapıda ne kullanılmalıdır?
A) Astar B) Kauçuk C) Starafor D) Branda

6. Bilyeli değirmenlerde öğütme nasıl olur?
A) Kuru B) Yaş C) Kuru ve yaş D) Hiçbiri

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme" ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kırıcı tiplerinden birisi <u>değildir?</u>
A) Çeneli Kırıcı B) Konili Kırıcı C) Merdaneli Kırıcı D) Bilyalı Kırıcı

2. Ufalamanın ilk basamağını ne teşkil etmektedir?
A) Eleme B) Kırma C) Öğütme D) Küçültme

3. Aşağıdakilerden hangisi Ufalamanın amaçlarından birisi <u>değildir?</u>
A) Cevher içindeki minerallere dokunmama
B) Cevher hazırlama yöntemine/yöntemlerine uygun boyutta malzeme hazırlama,
C) Toplam yüzey alanını arttırma (kimyasal zenginleştirme uygulanacak ise),
D) Tüketime sunulacak ise istenen boyuta uygun malzeme hazırlama (kum-çakıl vb..).

4. Kademeli olarak yapılan kırma işleminde elde edilen cevherin boyutu 1 (150-10) mm arasında ise nasıl bir kırma olarak ifade edilmektedir?
A)İri kırma B) İnce kırma C) Orta kırma D) Hiçbiri

5. …… …… kırıcılar, malzeme kapasitesi yüksek kırıcılardır. Orta ve düşük sertlikteki malzemeleri çift kırma esasına dayanan sistemle kırmaktadır. Hangi kırıcı çeşidinin özelliğidir?
A)Primer Darbeli kırıcılar B)Sekonder darbeli kırıcı
C) Çeneli kırıcı D)Tersiyer darbeli kırıcı

6. Çift yönlü darbeli kırıcılar sınıfından olup, her türlü taş malzemesi ve doğal minerallerin kırma işlerinde kullanılmaktadır. Hangi kırıcı çeşidinin özelliğidir?
A)Primer Darbeli kırıcılar B)Sekonder darbeli kırıcı
C) Çeneli kırıcı D)Tersiyer darbeli kırıcı

7. Küçük tane boyutlarında yapılan boyut küçültme işlemine ne denir?
A) Ufalama B) Kırma C) Öğütme D) Küçültme

8. Aşağıdaki öğütme ile ilgili ifadelerden hangisi yanlıştır?
A) Kaba öğütme 5-0,5 mm arası B) İnce öğütme 5-50 mikron arası
C) Çok ince öğütme 50-5 mikron arasıD) Kolloid Öğütme <5 mikron

9. Seramik tozlarının üretiminde ve bununla birlikte bazı metal ve metal alaşımlarının üretilmesi için hangi yöntemler kullanılmaktadır?
A) Ezme, öğütme ve ufalama B) Ezme, öğütme ve kırma
C) Ezme, öğütme ve eleme D) Ezme, öğütme ve minerallere ayırma

10. Malzemenin değirmen içinde öğütme süresini aşacak şekilde kalması neye neden olur?
A) Enerji sarfiyatına B) Öğütme süresinin uzamasına
C) Değirmenin dönüş hızının artmasına D) Öğütülen miktarın artmasına

11. Öğütülecek parça boyutu büyüdükçe değirmen çapı da büyümelidir. Ayrıca çağın karesi ile değirmen hacmi artacağına göre, çapta artış, hacim yönünden boyda artıştan daha etkilidir. Bu ifade aşağıdakilerden hangisiyle ilgilidir?
A) Gövde B) Yan kapak C) Çap D) Çubuk

12. Aşağıdakilerden hangi öğütme sistemi ince toz malzeme üretimini gerektiren; mineral, endüstriyel hammaddeler, cam endüstrisi gibi değişik endüstrilerde verimli olarak kullanılmaktadır?
A) Bilyeli öğütme B) Silindirli öğütme
C) Santrifüj öğütme D) Titreşimli Öğütme

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	A
4	B
5	C
6	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	D
4	B
5	A
6	C

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	A
4	C
5	A
6	D
7	C
8	B
9	A
10	A
11	C
12	D

KAYNAKÇA

- Turgut Cengiz Bayraktar, **Cevher Hazırlamada Zenginleştirme Öncesi İşlemler**, İTÜ Matbaası,1979″
- **Cumhuriyet Üniversitesi Divriği** M.Y.O.Cevher Hazırlama Proğramı Ders Notları,1991-1993″
- **Afyon Kocatepe üniversitesi** Toz Üreti m Teknikleri Ders Notları Atilla Evcin
- **Bilsen BEŞERGİL** e-makaleleri Taneli Katılarla İlgili İşlemler
- **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi** Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama I Laboratuar Dersi Deney Föyleri
- http://www.bayar.edu.tr/besergil/2_tane_kucultme.pdf
- http://www2.aku.edu.tr/~evcin/powder/mechanic.pdf
- maden.karaelmas.edu.tr/belgeler/mad311_ch1.doc
- Megep (Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin güçlendirilmesi Projesi) Metalürji Teknolojisi Kömür Hazırlama Modülü