

Kırıcı Ekipmanlar, Yeni Tasarımlar ve Kırıcı Seçimine İlişkin Bazı Kriterler

Crushing Equipments, New Designs and Some Criteria in Equipment Selection

Ö. Y. Toraman¹, M. Uçurum², S. Çayırılı¹

¹Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 51240 Niğde

²Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, 69000 Bayburt

ÖZET Kırma işlemi, sadece cevher hazırlamada geçerli bir ön işlem olmayıp, aynı zamanda kimya, gıda, seramik, döküm, boya gibi çeşitli endüstriyel uygulamaların da etkin bir proses aşamasıdır. Söz konusu proses, düşük mekanik verim ve yüksek enerji harcamasına karşın ilk işlem adımı olarak vazgeçilmezdir. Kırma işlemi, her bir kırıcı ekipmanın ulaşacağı kırma oranının sınırlı olması sebebiyle, kademeli (primer, sekonder, tersiyer gibi) olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada; endüstride kullanılan kırıcılar, yeni tasarımlar ve kırıcı seçimine ilişkin bazı önemli kriterler sunulmaktadır.

ABSTRACT Crushing process is not only a pretreatment in mineral processing, but also an effective process step of various industrial applications such as chemical, food, ceramic, cast iron and paints. This process is essential as a first treatment step although it has the lower mechanical efficiency and the high energy costs. Due to the limited crushing ratio of each crushing equipment, crushing process has been performed gradually (primary, secondary and tertiary).

In this study; crushers used in industry, new designs and some important criteria for the selection of crusher are presented.

1. GİRİŞ

Kayaç, cevher ve mineral gibi katı maddelerin az veya çok sayıda küçük parçalara ayrılması işlemine “Kırma” denilmektedir. “Boyut küçültme” olarak da isimlendirilen bu işlemin mümkün olabilmesi için dıştan uygulanacak darbe, makaslama, baskı veya kesme şeklinde bir kuvvetle katı maddeleri bir arada tutan iç kuvvetlerin yenilmesi gerekmektedir. Yeraltı ve açık işletmelerdeki madencilik faaliyetleri ile açığa çıkarılan kayaç, cevher ve minerallerin kullanım alanına bağlı olarak belirli bir boyut küçültme işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu ise genellikle büyük ekipmanları içeren, enerji ve bakım masrafları yüksek bir işlem olmaktadır (Önal vd., 2014).

Kırma işlemi sadece hammadde hazırlanması bakımından değil, aynı zamanda kimya, gıda, seramik, döküm, boya gibi çeşitli endüstriyel uygulamaların da etkin bir proses aşamasıdır. Bu proses; düşük mekanik verim ve yüksek enerji harcamasına karşın aynı zamanda ilk işlem adımı olarak vazgeçilmezdir.

İstenilen tane boyutunda malzeme elde edebilmek için kırılan malzemenin tane boyutuna bağlı olarak üç türlü kırmadan söz edilebilir:

- İri (kaba) kırma (+100 mm)
- Orta kırma (-100+10 mm)
- İnce kırma (-10 mm)

Öte yandan; madencilikte cevher hazırlama/zenginleştirme işleminin ilk adımı olan kırma genel olarak dört amaç için yapılır (Önal vd., 2014):

1. Mineralleri serbestleşmesi sağlamak
2. Yüzey alanını büyütmek
3. İstenilen tane boyutunda ürün elde etmek
4. Taşıma ve depolamada kolaylık sağlamak

Bu çalışmada; madencilik sektöründeki kırıcılardaki son teknolojiler ile kırıcı seçimine ilişkin bazı önemli kriterler sunulmaktadır.

2.KIRICI EKİPMANLAR VE YENİ TASARIMLAR

Mekanik araçlarla yapılan kırma işlemi için kullanılan ekipmanlara “Kırıcı” veya “Konkasör” denir. Mekanik olarak üretilen güç; kırıcının yapısına bağlı olarak basınç, makaslama, darbe veya kesme kuvvetine dönüşmekte ve bu kuvvetlere maruz bırakılan parçalar boyut küçülmesine uğramaktadır (Yıldız, 2010). Her bir kırıcı ekipman üç kısımdan oluşmaktadır:

- Parçaların kırıcıya giriş kısmı (ağız açıklığı)
- Kırma işleminin gerçekleştiği kısım (kırma odası)
- Parçaların kırıcıdan çıkış kısmı (çıkış açıklığı)

Çok çeşitli kırıcılar içerisinden ve çeşitli boyutlardaki kırıcılardan hangisinin uygun olacağını tespiti aşağıdaki özelliklere bağlıdır:

- Kırıcıya girecek en iri parça boyutu
- İstenilen kırma oranı
 - Besleme boyutu/ürün boyutu veya
 - Ağız açıklığı/çıkış açıklığı
- Kırma kapasitesi ve
- Kırılacak malzemenin özellikleri (sertlik, nem vs.).

Kırma işlemi kademeli olarak yapılmaktadır. Bunun sebebi her bir kırıcı ekipmanın ulaşacağı kırma oranının sınırlı olmasıdır. Buna göre kırıcılar: Primer, sekonder ve tersiyer olmak üzere temelde üç sınıfta toplanabilir.

2.1. Primer Kırıcılar

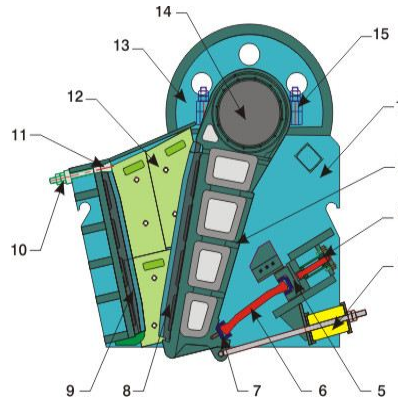
Ocaktan çıkan tüvenan cevherin kırıldığı başlıca birinci kademe kırıcılar şunlardır:

- Çeneli kırıcılar (Şekil 1)
- Jiroskopik döner kırıcılar
- Şoklu kırıcılar

Bu kırıcılar tüvenan cevheri taşımak için uygun bir boyuta getirmek veya ikinci kademe kırma için uygun bir boyuta indirmek üzere tasarlanmış ağır iş makineleridir. Primer kırma işlemlerinde en çok çeneli kırıcılar ve jiroskopik döner kırıcılar kullanılmaktadır. Daima açık

devre çalışırlar, bazen kırma öncesi bir ızgara kullanılır. Primer kırıcı seçiminde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Çeneli kırıcılara daha büyük boyutta malzeme beslenebilmektedir. Malzeme büyük bloklardan oluşuyorsa çeneli kırıcı tercih edilmelidir.
- Kırıcı seçiminde kapasite en önemli faktörlerden biridir. 180-200 ton/saat kapasiteli tesislerde küçük kırıcı, 250-400 ton/saat kapasiteli tesiste büyük kırıcı ihtiyacı karşılamaktadır.
- Çok yüksek kapasitelerde (+750 ton/saat) döner kırıcı tercih edilir.
- Kırıcıların ilk yatırım ve işletme maliyetleri boyutlarına göre farklılık gösterir. Bunun için seçim yaparken kapasite ve maliyet birlikte düşünülmelidir. Ton başına kırma maliyeti en düşük seviyede olacak şekilde seçim yapılmalıdır.



Şekil 1. Çeneli Kırıcı

(1. Kırıcı gövdesi, 2. pitman, 3. hidrolik çene ayar mekanizması, 4. takoz mekanizması, 5. ayar bloğu, 6. emniyet plakası, 7. emniyet plakası yuvası, 8. hareketli çene, 9. sabit çene, 10. sıkma cıvatası, 11. sıkma kaması, 12. yan astar plakası, 13. volan+kasnak, 14. eksantrik mil, 15. yatak grubu) (www.fsmakina.com)

Kırıcı besleme şekli:

Cevher → Kamyon → Bunker → Hareketli veya Izgaralı Besleyici → ÇENELİ KIRICI
Cevher → Kamyon → DÖNER KIRICI → Bunker (İki kamyon kapasitesinde)

2.2. Sekonder Kırıcılar

Birinci kademe sonrası elde edilen ürünün yeniden kırıldığı ikinci kademe kırıcılar şunlardır:

- Jiroskopik döner kırıcılar
- Çeneli kırıcılar
- Konik kırıcılar (Şekil 2)
- Çekiçli kırıcılar
- Merdaneli kırıcılar

Bunlar primer kırıcıdan daha küçük ve hafif ekipmanlardır. Genel olarak birincil kırma makinelerinde kırılan ürünü öğütme öncesi uygun bir boyuta indirmek üzere tasarlanmış olup, çoğunlukla primer kırıcılarla seri halde çalışırlar. Bu kırıcılara beslenen malzeme genellikle 150 mm'den daha küçüktür. Sekonder kırma işlemlerinde en çok jiroskopik döner kırıcıların modifiye olmuş şekli olan konik kırıcılar kullanılmaktadır.



Şekil 2. Konik Kırıcı (Yıldız, 2010)

2.3. Tersiyer Kırıcılar

Eğer malzeme özellikleri nedeniyle kırma işlemi verimli bir şekilde yapılabiliyorsa, öğütmeden önce bir üçüncü derece kırma kademesi ilave edilebilir. Tersiyer kırıcılar da bütün yönleri ve amaçları itibariyle sekonder kırıcılara benzerler, sadece “çıkış açıklıkları” daha küçüktür.

Yeni işletme projelerinde geleneksel bir tersiyer kırıcı yerine öğütme performansına sahip bir tür konik kırıcı olan *Vibrocone* kırıcı (Şekil 3), kırma ve öğütme prensiplerini tek ekipmanda birleştirmektedir. Bu kırıcılarda kırma etkisi, konvansiyonel kırıcı dizaynında olduğu gibi, yalnız astar yüzeyleri ile taneler arasındaki temas ile sınırlı değildir. Bu kırıcılarda otojen kırma (tane-tane etkileşimi sayesinde) mekanizması ve basınç ile sıkıştırma etkisi birleştirilmektedir. Dolayısıyla bu tür kırıcılar aslında aynı zamanda primer öğütmenin görevini de yerine getirmektedir. *Vibrocone* kırıcıda kapasite ve ürün boyutunu belirleyen üç ana değişken bulunmaktadır:

1. Dönme hızı ayarı
2. Çıkış açıklığı (hidrolik olarak ayarlanabilir) ayarı
3. Kaçık yük (balans ağırlığı) ayarı



Şekil 3. Vibrocone Kırıcı (MT, 2012)

2.4. Hibrit Kırıcılar

Klasik kırma ekipmanları (çeneli, konik vb.) yüksek miktarda killi ve nemli cevher uygulamaları için tasarlanmamıştır. Yine bu tür kırıcılar “maksimum kırma oranı” gözetilerek tasarlandıklarından bazı prosesler için uygun olmamakta, yani cevheri gereğinden fazla ufalamaktadır. Hibrit kırıcılar (sizer kırıcı+merdaneli kırıcı) hem ekipman yapısı ve özel sıyırıcı sistemlerinin sonucu olarak kil ve nem kısıtlaması olmadan çalışabilmekte hem de

minimum düzeyde ince malzeme üretebilmek için (örneğin kömür ve bor için ürün ince oranı çok az istenir) özel tasarlanmış astar yapısına sahiptir (Şekil 4). Ayrıca ayarlanabilen ürün açıklığı sayesinde üretim ekibinin bu değişiklikleri kolayca uygulaması prosese esneklik kazandırmaktadır.



Şekil 4. Hibrit Kırıcı (MT, 2013)

Geniş bir uygulama bandına sahip olan hibrit kırıcılar ile 1500 mm'ye kadar besleme boyutu, 31,5 mm'ye kadar ürün boyutu ve yaklaşık ¼ oranında boyut küçültme oranı ile kırılabilirken, kapasiteler 6000 ton/saat'e kadar çıkabilmektedir (MT, 2015).

3. MALZEME ÖZELLİKLERİ VE KIRICI SEÇİMİ

3.1. Kırılacak Malzemenin Özellikleri

Kırma işlemi uygulanacak malzeme özellikleri kırıcıların enerji ve malzeme (astar, çene plakaları vs.) giderlerinin hesaplanmasında önemli bir etkidir. Kırıcılarda kullanılacak bazı malzemelerin genel özellikleri aşağıda Çizelge 1'de verilmiştir.

3.2. Kırıcı Seçiminde Bazı Kriterler

Ekonomik ve verimli bir kırma işlemi ve kırıcı seçimi için aşağıdaki genel hususlar/sorular değerlendirilmeye alınmalıdır (Önal vd., 2014):

- Cevheri istenilen tane boyutuna getirmek için -cevher karakteristiğine ve beslenen malzeme tane boyutuna göre- en iyi ve etkili kırıcı hangisidir? İstenen tane boyutu oldukça küçük ve tane boyut dağılımı oldukça yüksek olduğunda etkili kırıcı hangisidir?
- Kırılacak cevher tonajına göre “harcanan enerji miktarı” ve kırıcı için gerekli “motor gücü” ne olmalıdır?
- Cevheri istenilen tane boyutuna getirmek için -kırma oranına göre- gerekli “makine boyutu” ne olmalıdır?
- Beslenen en iri boyuttaki malzemeyi alabilir/kavrayabilir mi?
- Kırma oranı değişikçe ürünün tane boyut dağılımı nasıl değişmektedir?
- Tane boyut dağılımı istenilen değerlere değiştirilebiliyor mu?
- Kırıcının maksimum yük kapasitesi nedir?
- İşletme ve yatırım maliyetleri optimum seviyede mi?
- En az bakımla ekonomik çalışabilirliği nedir?

Çizelge 1. Kırıcılarda ufalanacak bazı malzemelerin genel özellikleri (Önal vd., 2014)

Malzeme	Aşındırıcılık			Akıcılık			Özel Karakteristikler					
	Az	Hafif	Aşırı	Çok akıcı	Akıcılığı İyi	Akıcılığı İyi değil	Oldukça gevrek	Biraz gevrek	Dayanıklı-dirençli	Plastik-yapışkan	Havada bozunabilir	Orta aşındırıcı
Barit			+		+							
Bazalt (Kırılmış)			+						+			
Bentonit		+			+							
Boksit			+		+			+				
Çimento Klinkeri			+		+			+				
Dolomit		+			+			+				
Fosfat Kayası		+			+							
Granit			+		+				+	+		
Jips (Alçıtaşı)		+			+			+				
Kireçtaşı		+			+			+				
Kum			+		+							
Kuvars			+		+		+					
Linyit	+				+	+	+	+			+	
Linyit (Sert)	+				+		+				+	+
Marn		+				+	+			+		
Mermer		+			+			+				
Talk	+							+				
Taşkömürü	+				+		+				+	+
Trona		+			+				+			

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Kırma işleminde ekonomikliği ve verimi arttırmak için aşağıdaki genel prensipler uygulanmalıdır:

- ❖ Kırılacak cevherin istenen boyuttan daha küçük bir boyuta indirilmesini önlemek ve malzemenin aşırı öğünmesini engellemek için ince tanelerin elek-sınıflandırıcı ile ortamdaki uzaklaştırılması/alınması (bypass yapılarak) gerekir. Bu sayede kırıcı kapasitesi ve verimliliği artırılabilir.
- ❖ Boyut küçültme işlemi birkaç kademedede uygulanır. İri parçaları ince tanelere ufalayacak tek bir makine mevcut değildir. Her kırıcının belli bir kırma oranı vardır ve belirli sınırlar içinde (4:1, 9:1 gibi) kırma yapmaktadır.
- ❖ Belirli bir tane boyutuna hızlı ve verimli bir kırma işlemi yapılmak isteniyorsa, kırılacak cevher içindeki iri tanelerin kütsel miktarı mümkün olduğu kadar yüksek tutulmalıdır.

- ❖ Kırıcı tasarımında zor-güç kırılan malzemeye göre seçim yapılmalı ve gereğinden daha hafif konstrüksiyon seçilmemelidir.
- ❖ Kırılacak malzemenin sert, aşındırıcı, yapışkan malzeme içermediği, iri boyutta ürün elde edilmesi için baskı kuvveti; gevrek, çok aşındırıcı olmayan, maksimum incelikte tane boyutu isteniyorsa aşındırma kuvveti; kübik şekilli, doğrudan tüketilecek, dar tane aralığında ürün istendiğinde darbe kuvveti; az silisli-gevrek, minimum incelikte tane boyutu isteniyorsa kesme kuvveti ile çalışan kırıcılar kullanılmalıdır.
- ❖ Kırıcılar, değirmenlere göre yaklaşık 10 kat daha fazla enerji verimliliği ile çalışırlar. Dolayısıyla tüvenan cevher kırma devrelerinde mümkün olduğunca ince kırılmalı ve öğütme devrelerine mümkün olduğu kadar ince beslenmelidir.
- ❖ Boyut küçültmede enerji verimliliği açısından mümkün olduğu kadar yüksek maliyetli nihai öğütmeden ziyade, enerji verimliliği daha yüksek olan kırma üzerine yoğunlaşılmalıdır.
- ❖ Kırıcı seçiminde kırılacak malzemelerin özellikleri, istenilen kırma (ürün) boyutu ve istenilen kapasite dikkate alınarak üretici firma kataloglarından yararlanılabilir.
- ❖ Ayrıca, kırıcı seçimi yapılırken üretici firmaların daha önce tamamlamış oldukları işlerin referansları ile diğer firmaların daha önce kurmuş oldukları tesis verilerinin de değerlendirilmesi yararlı olacaktır.
- ❖ Söz konusu katalog değerlerinin özellikle kırılması kolay (kireçtaşı gibi) malzemelere göre hazırlandığı da ayrıca dikkate alınması gereken bir husustur.

Kaynaklar

Cevher Hazırlama El Kitabı, Editörler: G.Önal, G.Ateşok, K.T.Perek, Bölüm: Kırma (A.Akar, İ.Cöcen, U.Malayoğlu) Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, Ocak 2014, İstanbul.

Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme, N.Yıldız, ERTEM Basım Yayın, Genişletilmiş 2. Baskı. 2010, Ankara.

Hibrit Kırıcılar, *Madencilik Türkiye* (MT-Madencilik ve Yerbilimleri Dergisi), 2015, Yıl:6, Sayı:47, s.44-46.

Hibrit Kırıcılar, *Madencilik Türkiye* (MT-Madencilik ve Yerbilimleri Dergisi), 2013, Yıl:4, Sayı:30, s.72-74.

Öğütme Performansına Sahip Bir Kırıcı: Vibrocone, *Madencilik Türkiye* (MT-Madencilik ve Yerbilimleri Dergisi), 2012, Yıl:4, Sayı:29, s.48-52.

<http://www.fsmakina.com/products/ceneli-kirici> (Erişim tarihi: 22.04.2015)