

# Öğütme Parçalama Makinaları

**PROF. DR. AHMET ÇOLAK**

**PROF. DR. MUSA AYIK**

## 4. Öğütme Parçalama Makinaları

Öğütme ve parçalama; materyalin daha küçük parçalara bölünmesiyle hacmini küçültmek için uygulanan bir işlemdir. Bu işlem için gerekli enerji dünya ortalaması olarak tüm enerji tüketiminin % 5 gibi büyük bir paya sahiptir (bunun içinde çimento sanayi % 1,5).

Öğütme yöntemleri, parçalanacak materyalin fiziksel özelliğine, öğütülmüş üründen istenilen özelliklere (yapısal, kalite vb.) ve öğütme işinde etkili kuvvetlere bağlı olarak iki ana grupta incelenir:

- ▶ Sert öğütme-parçalama yöntemi ve
- ▶ Yumuşak öğütme-parçalama yöntemi.

Sert öğütme-parçalama yöntemi, sert ve kırılğan materyalin işlenmesinde uygulanır, örneğin; taş, cevher vb. Yumuşak öğütme-parçalama yöntemi ise daha çok elastik, lifli materyalin örneğin, odun, gıda maddeleri, yapay maddeler vb. işlenmesinde geçerlidir. Bu nedenle, burada yumuşak öğütme-parçalama yöntemi incelenecektir.

Birbirine sürtülen iki materyalden, çizen, çizilen materyale göre daha serttir. Öğütme-parçalama tekniğinde materyalin sertlik derecesinin belirtilmesinde 10 dereceyi içeren MOHS sertlik skalasından yararlanılır. Cetvel 4.1'de MOHS sertlik dereceleri ve ilgili tanımlar materyalleri verilmiştir.

Örneğin, insan tırnağının MOHS sertlik derecesi 2, pencere camının ise 5'dir. Gıda teknolojisini ilgilendiren maddelerin sertlik dereceleri de en çok 4 kadardır.

Kuru yada düşük bağıl nem içerikli ürünlerin yumuşak öğütme-parçalanmasında, işlenen üründen elde edilecek parça büyüklüğü yönünden üç durum söz konusudur. Bunlar:

- ▶ Kaba Öğütme: Parça büyüklüğü 2... 20 mm
- ▶ İnce öğütme : Parça büyüklüğü 0,1 ... 2 mm ve
- ▶ Çok ince öğütme: Parça büyüklüğü < 0,1 mm dir.

Cetvel 4.1. MOHS sertlik skalası.

Sertlik derecesi	Materyal
1	Talk, grafit
2	Jips, kaya tuzu
3	Kalsit (kireç taşı)
4	Florit
5	Apatit
6	Ortoz
7	Kuars
8	Topaz
9	Korendon
10	Elmas

Öğütme-parçalama işinde gerekli enerjinin hesaplanabilmesi için çeşitli eşitlikler geliştirilmiştir. Bu eşitliklerde temel değerler olarak; parçalanmadan önceki ve sonraki tane büyüklükleri ile öğütme-parçalama makinesinin iyilik derecesini içeren bir katsayıdan yararlanılmaktadır. İşlenecek materyalin mekanik özelliğine ve elde edilecek öğütme hassasiyetine göre kullanılacak eşitlikler farklıdır.

Elastik olmayan, kırılğan materyalin ince ve çok ince öğütme-parçalanmasında enerji gereksiniminin hesaplanması için RITTINGER ve BOND eşitliklerinden yararlanılır. Bunlar;

$$A_R = k_R \cdot \left( \frac{1}{D_s} - \frac{1}{D_0} \right) \text{ ve}$$

$$A_B = k_B \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{D_s}} - \frac{1}{\sqrt{D_0}} \right)$$

Elastik özellikteki materyallerin kaba öğütülmesinde ise KICK eşitliği geçerlidir:

$$A_K = k_K \cdot \log \frac{D_0}{D_S}$$

Bu eşitliklerde;

$A_R$  ,  $A_B$  ve  $A_K$  : Özgül enerji gereksinimi,  $kJ/kg$ .

$k_R$  : RITTINGER'e göre orantı sabitesi,

$k_B$  : BOND'a göre orantı sabitesi,

$k_K$  : KICK'e göre orantı sabitesi,

$D_S$  : Öğütme sonunda elde edilen ortalama tane çapı, m ve

$D_0$  : Öğütmeden önceki ortalama tane çapıdır, m.

Örneğin, RITTINGER'e göre, çimentonun (sert ve kırılğan) çeşitli öğütme kademelerinde gerekli enerji miktarları şöyle bulunmuştur:

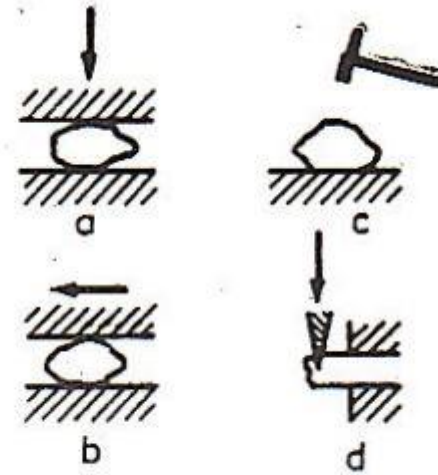
Öğütme kademesi (tane büyüklüğü) mm	100 → 10	10 → 1	1 → 0,1	0,1 → 0,01
Özgül enerji gereksinimi, kWh/t	0,6	1,6	10	~ 100

Gıda maddelerinin öğütme-parçalama işlemindeki enerji gereksinimi için de bu eşitliklerden yararlanılabilir. Ne var ki, bu durumda, öğütme hassasiyeti yanında ürünün besin özelliğinin bozulmaması için geçerli koşullara- uygun, özel öğütme-parçalama makineleri gereklidir.

# 4.1 Öğütme-Parçalama İlkeleri

Öğütme-parçalama işi 4 farklı ilkeye göre gerçekleştirilir (Şekil 4.1):

- ▶ Sıkıştırma (şekil 4.1.a)
- ▶ Ovalama (şekil 4.1. b)
- ▶ Vurma (şekil 4.1.c)
- ▶ Kesme (şekil 4.1. d).



Şekil 4.1. Öğütme-parçalama ilkeleri (a: sıkıştırma, b: ovalama, c: vurma, d: kesme).

Parçalama işinin en basit ilkesi, ürünün iki yüzey arasında sıkıştırılmasıdır. İkinci olarak, hareketli yüzeyler arasında sürtünme, ovalama etkisiyle de öğütme sağlanır. Uygulamada, sıkıştırma ve ovalama etkisi çoğunlukla birlikte oluşturulur. Üçüncü parçalama ilkesi ise vurarak parçalamadır. Burada, ya ürün sabit bir yüzey üzerindeyken üzerine hareketli bir yüzeyle vurulur (vurma hızı birkaç m/s dir), yada parçalanacak ürün yüksek bir hız ile sabit yüzey üzerine ve kendi aralarında çarptırılarak parçalanma sağlanır (vurma hızı ~ 100 m /s dir). Yumuşak öğütme-parçalama yönteminde en çok geçerli parçalama ilkesi ise kesmedir.

Burada, ürün, bıçak şeklindeki biri sabit öteki hareketli iki yüzey arasında kesilerek parçalanır.



## 4.2 Yumuşak Öğütme-Parçalama Makinaları

Parçalama ilkelerinin çeşitli bileşimlerinden yararlanılarak öğütme-parçalamanın sağlandığı gıda sanayine ilişkin parçalama makinaları (kısaca değirmenler) şu şekilde sıralanabilir:

- ▶ Sıkıştırma ve ovalama etkili değirmenler (taş değirmenler, plakalı, valsli değirmenler).
- ▶ Vurma etkili değirmenler (çekiçli, parmaklı, bilyalı, huzmeli değirmenler).
- ▶ Kesme etkili değirmenler.

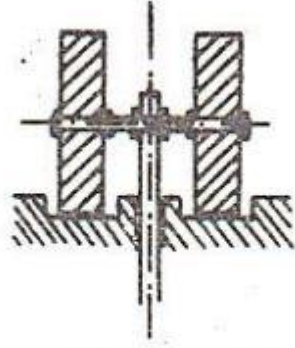
## 4.2.1 Sıkıştırma ve Ovalama Etkili Değirmenler

Bu gruptaki değirmenler 3 alt grupta incelenebilir:

- ▶ Taş değirmenler,
- ▶ Plakalı değirmenler ve,
- ▶ Valsli değirmenler.

Taneli ürünlerin (hububat vb.) üretilmeye başlanmasıyla birlikte, bunların öğütülerek daha kolay ve değişik gıda maddeleri yapılabilmesi için, çeşitli öğütme düzenleri geliştirilmiştir. İlk, sert bir zemine konulan taneler taşla vurularak parçalanmıştır. Daha sonra silindirik taş değirmenlerin basit şekli olan asuri değirmeni ve kollu yatay diskli romalı değirmeni geliştirilmiştir. Tahrik için canlı kuvvet kaynağı yerine giderek su, rüzgar ve öteki kuvvet kaynaklarından yararlanılmıştır. Günümüzde modern tahrik ünitelerine sahip taş değirmenler çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır, örneğin, iki düşey silindirik taş diske sahip değirmende, diskler, içine öğütülecek ürünün konulduğu bir pist üzerinde dairesel olarak dönerler (Şekil 4.2). Bu değirmenler, gıda sanayinde, parçalama işinin çok uzun sürdüğü maddelerin ön hazırlanmasında kullanılırlar. Bunlarda kesintili çalışma söz konusudur.

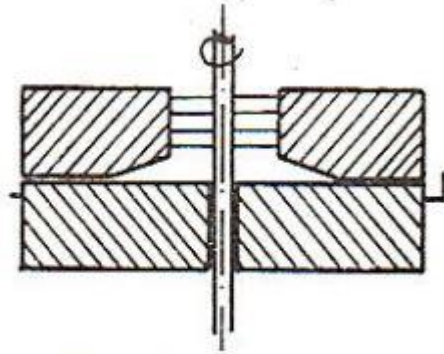
Romalı değirmenin gelişmiş şekli olan yatay diskli taş değirmenler ile ürünler, bir aşamada doğrudan ince öğütülebilmektedir. Kullanılan değirmen taşları: kum taşı, bazalt, tatlı su kuarsı gibi sert taşlardır(MOSH 7).



Şekil 4.2. Düşey silindirli taş değirmen.

Taş değirmenler ile 20 ... 50 gibi çok yüksek parçalanma derecesi elde edilebilir. Parçalama derecesi, tanenin ilk çapının ( $D_0$ ) öğütmeden sonraki ortalama tane çapına ( $D_s$ ) oranıdır.

Yatay diskli taş değirmenlerde, alttaki sabit üstteki hareketli iki değirmen taşı üst üste çalışır (şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yatay diskli taş değirmen.

Değirmen taşlarının kalınlığı 300 ... 350 mm ve çapları 1000 ... 1500 mm olup tane ile temas eden yüzeyleri dişli yapıdadır. Üst taşın merkezinden verilen taneler, parçalandıktan sonra taş çevresinden alınırlar. Öğütme aşamalarında, taşın merkezinden itibaren ilk 1 /3 lük kısmı taneleri parçalamak üzere kenarlara iletir. İkinci 1 /3 lük kısımda kırılan taneler, son 1 /3 lük kısımda ince öğütülürler.

Taş değirmenin devir sayısı 100 ... 200 d /dak ve çevre hızı da en çok 9 m /s kadardır. Aşın ısınma ile tanelerin yanmasını önlemek amacıyla öğütücü yüzeylerinde bava kanalları bulunur.

Taş değirmenin öğütme kapasitesi ve güç gereksinimi şu eşitliklerden bulunabilir:

$$Q = 100 \cdot E \cdot D^3$$

$$N = 0,736 \cdot E_1 \cdot D^3$$

$$Q = 100 \cdot E \cdot D^3$$
$$N = 0,736 \cdot E_1 \cdot D^3$$

Burada;

Q : Öğütme kapasitesi, kg/h,

E : Öğütme katsayısı (kaba öğütmede 4 ve ince öğütmede 2,5 alınır),

N : Güç gereksinimi, kW

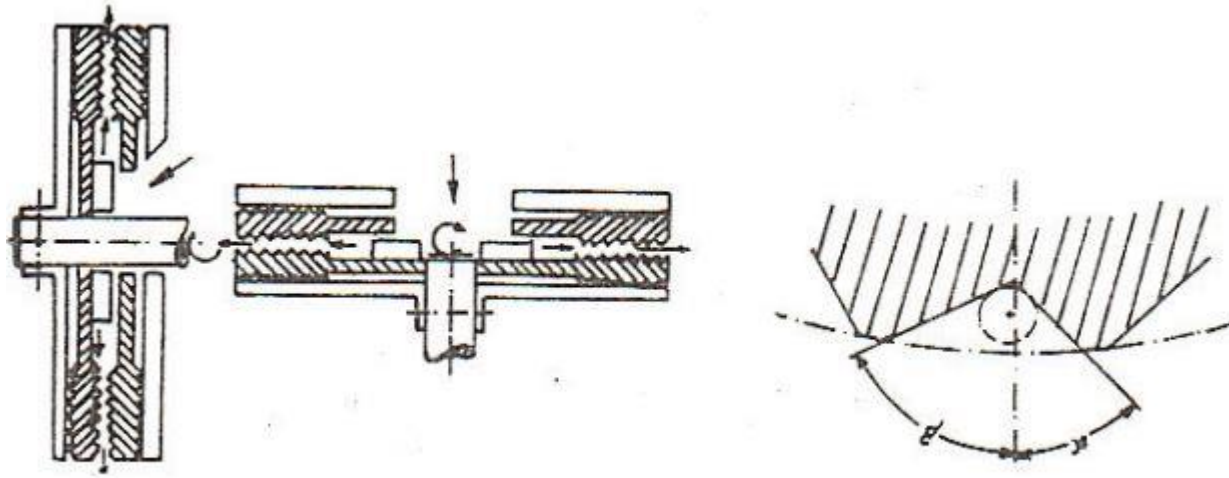
E<sub>1</sub> : Güç katsayısı (kaba öğütmede 4 ve ince öğütmede 5,5 alınır) ve

D : Taş çapıdır, m.

Plakalı değirmenlerde, çapları 10 ... 150 cm arasında değişen dökme demir ya da çelikten yapılmış plakalar kullanılır. İki plakalı tiplerde plakaların biri sabit öteki hareketlidir. Üç plakalı değirmenlerde ise ortadaki plaka hareketli olmak üzere her iki yandaki plakalar sabittir. Hareketli plakaların devir sayısı 400 ... 1800 d/dak arasında değişmektedir.

Kaba öğütme işlerinde (tarımsal amaçlı yem kırma vb.) düşey plakalı değirmenler kullanılmalarına karşın, ince öğütmede yatay plakalı değirmenler yaygındır.

Plakaların ürün ile temas eden yüzeyleri, taş değirmenlerde olduğu gibi, öğütme işinin sağlanabilmesi için yivli yapıdadır (şekil 4.4).



Şekil 4.4. Plakalı değirmenler.

Plakalar arası mesafe değiştirilerek ayarlanabilen öğütme hassasiyeti: plakaların yapısına, ürünün cinsi ile nem içeriğine ve beslenme miktarına da bağlıdır. Öte yandan, belirli bir incelikte öğütme kapasitesi ise plaka devir sayısı ile ilişkilidir.

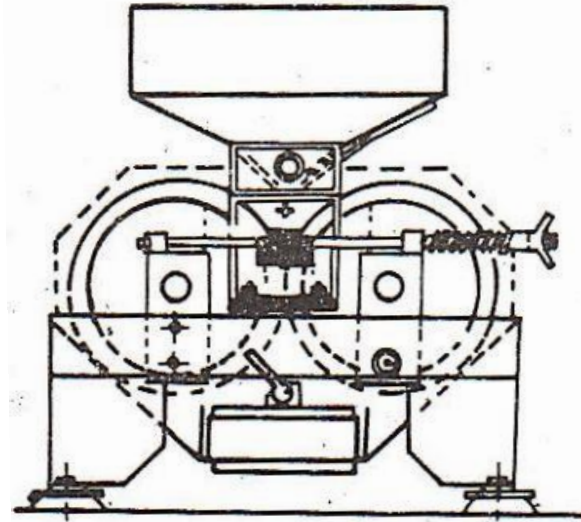
Plakalı değirmenlerin tahriki için gerekli güç, plaka devir sayısı ile ters orantılıdır. Yani, devir sayısı artıkça belirli bir incelikte Öğütmede gereksinilen güç azalmaktadır. Ne var ki, devir sayısının artması plaka aşınmasını da hızlandırmaktadır.

Valsli değirmenler esas olarak birbirine zıt yönde dönen iki valsten (merdane) oluşur. Valsler arasından geçirilen materyal, sıkıştırma ve ovalama ile parçalanır. Vals malzemesi olarak sert dökme çelik kullanılır.

Valslerin dönme eksenleri yatay düzleme paralel ve genellikle farklı yüksekliktedir. Karşılıklı çalışan valslerin çapı eşit yada farklı büyüklükte olabilir. Uygulamada yaygın olan valsli değirmenlerde vals çapları 15 ... 35 cm ve uzunlukları da 60 ... 150 cm arasında değişmektedir. Buğday öğütmede kullanılan vals çapı 25 cm, çavdar da ise 35 cm'dir.

İnce öğütmede yararlanılan valslerin üst yüzeyleri düzdür. Kaba öğütme yada kırma işi için ise dişli (yivli) valsler kullanılır.

Valsli değirmenlerde, genel olarak, daha yüksek konumdaki valsın devir sayısı daha büyük olup 350 ... 600 d/dak arasında değişir. Valsler arasındaki hız oranı; düz valslerde 1/1, 25 ... 1 /1,5 ve dişli valslerde de 1 /2,5 kadardır, öte yandan, öğütme hassasiyetine bağlı olarak ayarlanan valsler arasındaki açıklık çalışma süresince sabit kalmalıdır. Bunu sağlamak için yararlanılan baskı düzeninin baskı kuvveti, beher metre vals uzunluğuna 5000 N kadardır. Düz valslerde, aralık açıldığı, yapışkan olmayan ürünlerin öğütülmesinde sıfır da olabilir. Ancak, bu durumda valslerin paralel olmasına özen gösterilmelidir. Şekil 4.5’de valsli bir değirmenin şematik resmi verilmiştir.



Şekil 4.5. Valsli değirmen.



Öğütülecek ürünün düzgün beslenmesi, valse yapışan ürünün sıyrılması gibi düzenler yanında, vals yüzeylerinin korunması için emniyet düzeni de bulunabilir. Ayrıca, valslerin sürtünme yüzeylerinin soğutulması için de beher metre vals uzunluğuna 1 ... 2 m<sup>3</sup>/s hava akımı verecek bir vantilatörden yararlanılabilir.

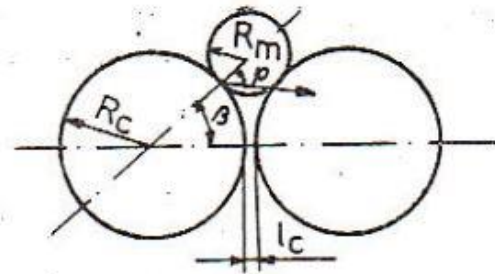
Valsli değirmenler, öğütülmüş üründen istenilen özellikleri en iyi şekilde sağlamaları nedeniyle hassas uygulamalarda yaygın kullanılmaktadır (un). Ne var ki, bu değirmenlerin parçalama derecesi (Dö /Ds) 4'den küçük olup, öğütme işi, kaba öğütmeden ince öğütmeye dek kademeli olarak gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, farklı aralık açıklığına sahip değirmenler seri olarak çalıştırılır. Ürün ilkin, kırma valslerinden geçirilir. Kırılan taneler elenerek kepek kısmı ayrılır. Kırma işi, istenilen tane büyüklüğüne erişilene dek tekrarlanır. Kırma sayısı, ürünün cinsine (sert, yumuşak) kalitesine ve nem içeriğine göre değişir. Yumuşak ve nemli üründe kırma sayısı daha fazladır. Örneğin, % 72 randımanlı buğdayda 4 kez kırma yeterlidir. (Randıman derecesi, 100 kg temiz üründen alınan un miktarıdır. Ülkemizde 72 /74 ve 80 /82 randımanlı olarak sınıflandırdmıştır.)

Daha sonraki kademelerde, kırılmış irmik şeklindeki ürün, düz yüzeyli öğütme valslerine sevk edilir. Yine her defasında valslerden geçirilen ürün elenerek, istenilen son inceliğe dek öğütülür (10... 12 kez).

Valsli değirmenlerin kapasitesi, birinci kırma valsinin beher  $dm$  uzunluğuna göre verilebilir. Ürünün hektolitre ağırlığı da dikkate alınarak;

- ▶ 72 ... 75 kg/hl buğdayın öğütülmesinde kapasite: 100 kg/dm. h
- ▶ 75 ... 78 kg/hl buğdayın öğütülmesinde kapasite : 125 kg/dm.h
- ▶ 78 ... 80 kg/hl buğdayın öğütülmesinde kapasite : 150 kg/dm.h olmaktadır.

Valsli değirmenin parçalama işini yapabilmesi için; vals yarıçapı, parçalanacak tanenin yarıçapı ve parçalama derecesi arasında belirli bir ilişki vardır. Şekil 4.6'da  $R_0$  yarıçaplı valse temas eden  $R_m$  yarıçaplı taneye etkili bileşke kuvvet, tane merkezi ile vals merkezini birleştiren doğru ile belirli bir  $\varphi$  açısı yapar. Bu durumda sürtünme katsayısının değeri  $tg \varphi$  ye eşittir.



Şekil 4.6. Valsli değirmende parçalama koşulu.

Bileşke kuvvetinin yatay bileşeni, parçalama kuvvetini oluşturur. Düşey bileşeni ise, tanenin valsler arasına girmesinde etkilidir. Eğer düşey bileşenin yönü aşağı doğru ise tane valsler arasına girer. Aksi yönde ise, tane valsler tarafından yukarı doğru fırlatılır. Buna göre, tanenin valsler arasına girerek öğütebilmesi için:

$$\varphi > \beta$$

olmalıdır. Yada,

$$\cos \varphi < \cos \beta$$

da yazılabilir. Öte yandan,

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad \text{ve}$$

$$\cos \beta = \frac{R_c + \frac{l_c}{2}}{R_c + R_m}$$

olup, öğütme için geçiş koşulu;

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} < \frac{R_c + \frac{l_c}{2}}{R_c + R_m}$$

ya da,

$$\frac{R_c}{R_m} > \frac{1 - \frac{l_c}{2 \cdot R_m} \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} - 1}$$

yazılır. Bu son eşitsizlikte,  $(l_c / 2R_m)$  değeri yerine parçalama derecesinin tersi  $(D_s / D_0)$  değeri de yazılabilir.

Eşitliklerde;

- ▶  $R_c$  : Vals yarıçapı,
- ▶  $R_m$  : Tanenin yarıçapı ve
- ▶  $l_c$  : Valsler arasında bırakılacak aralıktır.

Buna göre, parçalama derecesinin tersi ve sürtünme katsayısı ile vals yarıçapı ve parçalanacak tane yarıçapı arasında doğru orantı vardır. Parçalanacak tane büyüklüğü, sürtünme katsayısı arttıkça büyürken; parçalama derecesi arttıkça küçülür. Bu ilişki, üzüksü meyvaların saplarından ayrılmasında yararlanılan değirmenlerin de temel prensibini oluşturur. Ancak, bu amaç için kullanılan valsler dişli yapıda olup, işlenecek ürüne zarar vermemek için ahşap, bronz yada paslanmaz çelik malzemedir.

Valsli değirmenlerde, özgül güç gereksinimi öteki değirmenlerden düşük olup: öğütülecek ürün cinsine, nem içeriğine öğütme derecesine, vals yapısına, devir sayısına ve besleme miktarına göre değişir. Cetvel 4.2'de kapasite ve ürün cinsine bağlı, genel olarak geçerli güç gereksinim değerleri verilmiştir.

Cetvel 4.2. Valsli değirmenlerde güç gereksinimi.

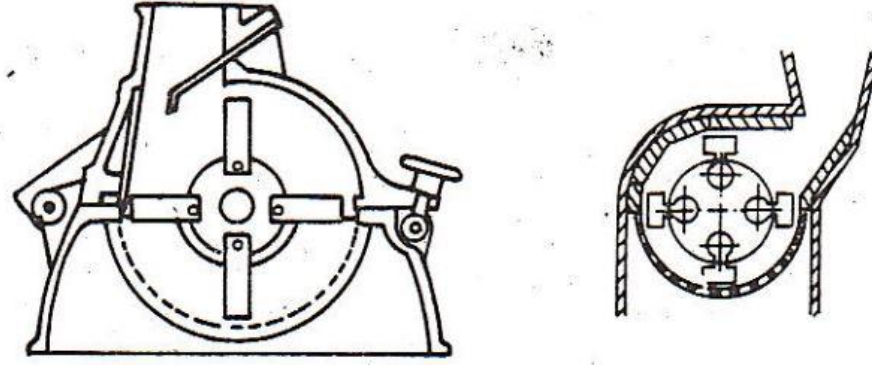
	İş verimi (kg/h)			
	225	600	900	1750
Küçük taneli ürünler (buğday, arpa vb.)				
İri taneli ürünler (mısır vb.)	425	1500	3750	6000
Güç gereksinimi (kW)	1,1	2,2	3,7	5,5

## 4.2.2 Vurma Etkili Değirmenler

Her çeşit ve büyüklükteki taneli ürünün vurma etkisiyle parçalandığı değirmenler şu şekilde sıralanabilir:

- ▶ çekiçli (parmaklı) değirmenler,
- ▶ Bilyalı değirmenler,
- ▶ Huzmeli değirmenler.

ekili değirmenler, hem sert, hem de yumuşak parçalama öğütme işlerinde, kaba öğütme yapan değirmenlerdir. Bir mil etrafına sabit yada oynak şekilde bağlanan eki şeklindeki vurma elemanları, yüksek devirde (büyük hızla) parçalanacak ürüne çarptırılır. Devir sayısı 1500 ... 4000 d /dak dır. Taneler, değirmen gövdesindeki delikli plakadan (elek) geçene dek parçalanırlar (şekil 4.7.) Delikli plaka değiştirilerek parçalama derecesi ayarlanabilir.



Şekil 4.7. Çekiçli değirmenler.

Orta ve ince öğütmede çok yaygın kullanılan çekiçli değirmenlerin üstün özellikleri şöyle sıralanabilir:

- ▶ Yapıları basittir.
- ▶ Çok değişik ürünler için (tahıllar, elastik materyaller, plastikler vb.) universal kullanılabilir.
- ▶ Götürücü vantilatör adaptasyonu ile pinomatik iletme olarak verirler.
- ▶ Ürün içindeki yabancı maddelerin (demir, taş vb.) değirmene girmesi engellenebilir (emişli besleme).
- ▶ Boş çalıştırmada çekiçler zarar görmez.
- ▶ Otomatik çalışmaya uygundur.
- ▶ Yüksek devir sayısını sağlayan elektrik motorlarıyla doğrudan bağlanabilirler.

Güç gereksinimlerinin ve özgül enerji tüketimlerinin yüksek olması ise sakıncalı yanıdır. Arpa ve yulafın (elastik kabuklu) öğütülmesinde gereksinilen özgül enerji, buğday, çavdar ve mısırın öğütülmesindekinden daha fazladır, öte yandan nem içeriği azaldıkça ve öğütme hassasiyeti arttıkça (ince) özgül enerji gereksinimi de artmaktadır Cetvel 4.3. de arpa, yulaf ve mısırın çekiçli değirmende öğütülmesinde gerekli özgül enerji gereksinimi, ortalama değerler olarak verilmiştir.

Cetvel 4.3. Çekiçli değirmenlerde özgül enerji gereksinimi (kWh/t).

Ürün	Nem içeriği (%)	Öğütme hassasiyeti (Delikli plaka delik çapı mm)		
		2	3	4
Yulaf	9,4 ... 15,6	43,7	30,4	17,8
Arpa	11,6 ... 15,3	26,0	16,0	11,9
Mısır	9,6 ... 14,4	12,8	7,4	6,3



- Bilyalı değirmenler, içersine parçalanacak ürün ve çelik bilyaların konulduğu döner silindirik bir gövdeden oluşur. Düşük devirde, bilyalar ve ürün taneleri silindirin iç yüzeyinde yuvarlanarak geri kayarlar. Devir sayısı arttırıldığında santrifüj kuvvet etkisiyle bilyalar ve ürün yukarı kaldırılarak yüksekten düşmeleri sağlanır. Böylece, düşme ile oluşan vurma etkisi ürünün parçalanmasını sağlar (şekil 4.8.)





Genellikle, bilyalı değirmen içine sıvı verilerek ıslak öğütme de yapılabilir.

Bilyalı değirmenlerde esas olarak kesintili çalışma söz konusudur. Öyle ki, öğütülecek materyal ile doldurulan değirmen belirli bir öğütme süresinden sonra çıkarılarak elenir.

Bilyaların öğütülecek üründe vurma etkisi oluşturabilmesi için, gerekli silindir devir sayısı silindir iç çapına bağlıdır. Optimum devir sayısı için şu eşitlik geçerlidir:

$$U = \frac{32}{\sqrt{D}} \dots \frac{42,3}{\sqrt{D}}$$

**Burada;**

**U** : Silindir devir sayısı, d/dakika ve

**D** : Silindir iç çapıdır, m.

Hüzmeli değirmenler çok ince öğütme (  $< 1 \mu m$  ) işleminde kullanılır, Bunlarda, öğütülecek ürüne çok yüksek kıza (ses hızı) sahip bir gaz huzmesi etki ettirilir. Bu durumda oluşan parçalanma;

- ▶ Hüzme basıncı,
- ▶ Hızlandırılan tanelerin kendi aralarında çarpışması ve
- ▶ Hızlandırılan tanelerin parçalanma yüzeylerine vurması ile gerçekleştirilir.

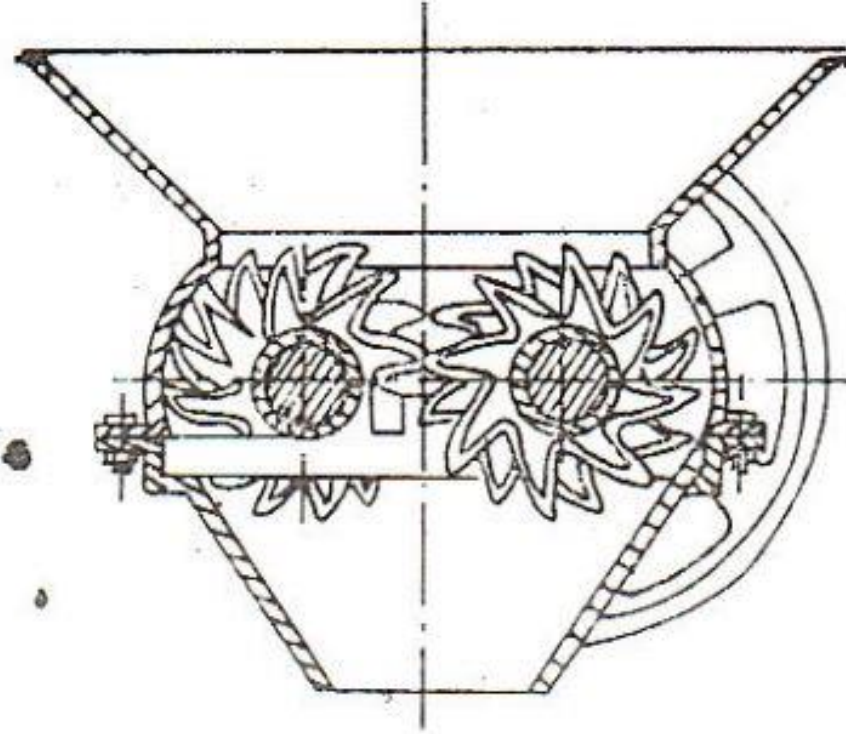
Hüzme olarak kava yada kızgın buhardan yararlandır. Hüzme basıncı  $1,5 \dots 20 \cdot 10^5$  Pa kadardır. Kapak bir çevrim içinde parçalanan taneler, daha sonra bir siklon ayırıcıya gönderilerek, toz halindeki partiküllerin gaz akışkandan ayrılması sağlanır.

Hüzmeli değirmenlerden elde edilen toz halindeki ürün ile başka bir maddenin kaplanması yapılabilir. Örneğin, çikolata üretiminde olduğu gibi.

## 4.2.3 Kesme Etkili Değirmenler

Bu gruptaki değirmenlerle, parçalanacak materyal makaslamak ve ezmek suretiyle küçültülür. Meyva suyu vb. üretimi için meyvalar presleme işleminden önce belirli boyutlarda küçük parçalara ayrılırlar (öğütülürler). Bu iş için genellikle kesme etkili değirmenlerden yararlanılmaktadır.

Kesme etkili değirmenler, kullanılacak ürüne göre çok çeşitli yapı tarzına sahiptirler. Ne var ki, temel olarak bu değirmenler, biri sabit öteki hareketli yada her ikisi de hareketli iki kesici elemana sahiptir. Örnek olarak, şekil 4.9'da kesme etkili valsli bir değirmenin şematik resmi verilmiştir. Burada, bir dizi kesici elemanlara sahip zıt yönde dönen iki vals söz konusudur. Bu değirmen, domates, elma, üzüksü meyvalar vb. ürünlerin parçalanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 4.9. Keşici elemanlı valsli değirmen.

## 4.3. Bölüme İlişkin örnek Soru ve Çözümler

*Soru 1.* Buğday öğütmek için kullanılan bir valsli değirmende vals çapı 25 emidir. Buğday tanesinin ortalama yarıçapı 0,004 m ve buğdayın vals ile sürtünme katsayısı 0,22 olduğuna göre; öğütme (parçalama) işinin gerçekleşebilmesi için valsler arası aralık en az ne kadar olmalıdır?

**Çözüm** : Valsli değirmenlerde parçalama koşulunun belirtildiği ilgili eşitsizlikte, verilen değerler yerine konarak sonuç bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} < \frac{R_c + \frac{l_c}{2}}{R_c + R_m}$$

Burada;

$R_c$  : 0,125 m,

$R_m$  : 0,004 m ve

$\operatorname{tg} \varphi$ : 0,22 değerleri yerlerine yazılarak,  $l_c$  aralık boyu

$$\frac{1}{\sqrt{1 + (0,22)^2}} < \frac{0,125 + \frac{l_c}{2}}{0,125 + 0,004}$$

$l_c > 0,0019$  m olarak bulunur.