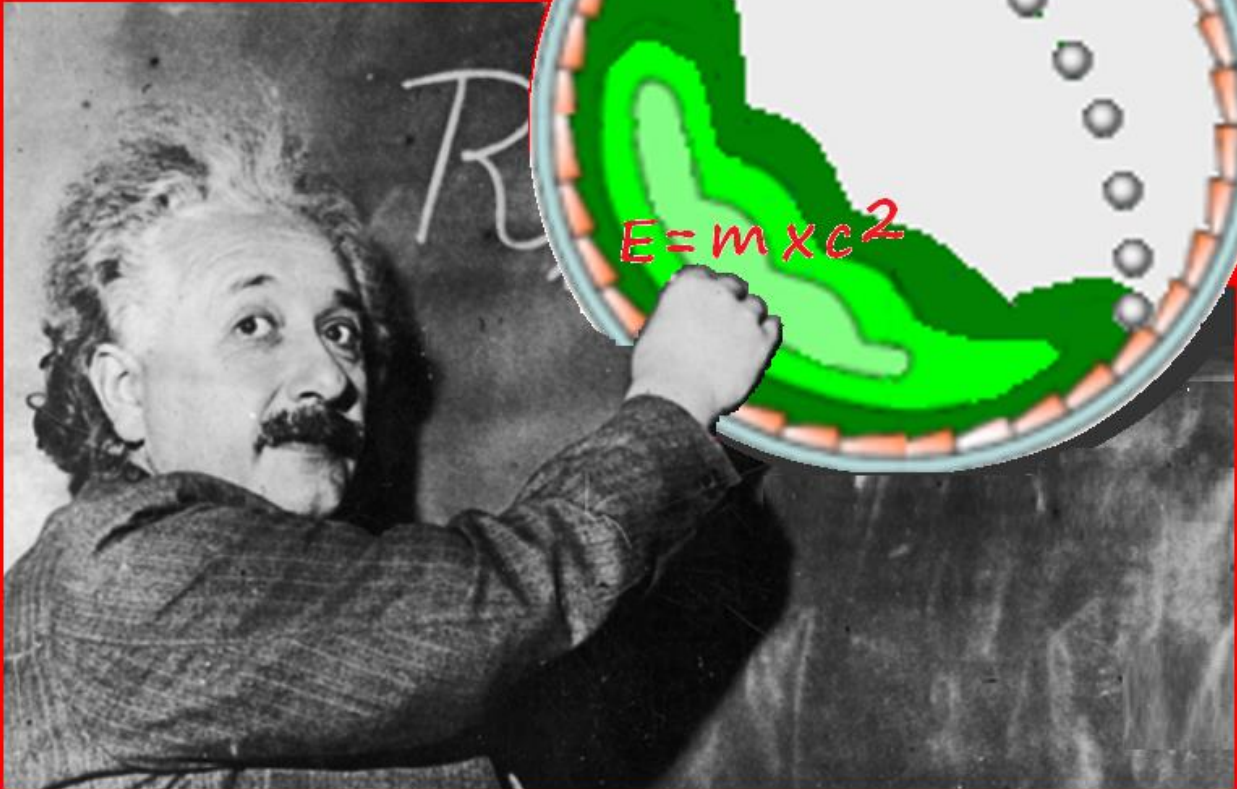


ÇUBUKLU VE BİLYALI DEĞİRMENLERDE KRİTİK HIZ



Necati Yıldız
Maden Yük. Müh.
Şubat 2023

ÇUBUKLU / BİLYALI DEĞİRMENLERDE KRİTİK HIZ

Necati Yıldız
Maden Yük.Müh.
Ocak 2023

1.Giriş

Bilyalı ve çubuklu değirmenlerde öğütme olayı değirmenin dönme hareketinden öte içinde kütle, ağırlık, merkezkaç, yerçekimi, ivme, çevresel hız, yol, zaman, devir, sürtünme, düşme, kırma gibi ifadelerle ilgili fizik kurallarının yaşandığı bilimsel bir ortamdır. Cevher hazırlama mühendislerinin bu kuralları bilmesi değirmenlerde öğütme işlemine hakim olabilmesi açısından önemlidir. Çünkü öğütme işlemi değirmen devrine bağlı değirmen içindeki ortamın fiziksel hareketleriyle ilişkilidir. Değirmen devrine göre değirmen içinde ortamın hareketi öğütmenin etkinliğini belirlemektedir.

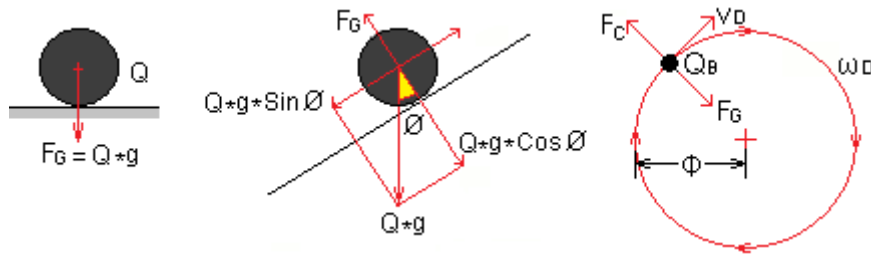
2.Değirmenin dönü hareketi

Değirmen dönme hareketi ile ilgili olarak *çevresel hız, doğrusal hız, çizgisel hız, devir sayısı, açisal hız, kritik hız* gibi kavramlar söz konudur. Değirmen içindeki bilya/çubuk ve ortamın hareket yörüngesini değirmenin çapına bağlı olarak devir sayısı belirlemektedir.

Tesislerde değirmenin dönü hızı *kritik hızın %'si olarak ifade edilmektedir*. Çapı, devri, kapasitesi, öğütme için beslenen ve öğütülmüş cevher boyutu, gücü, devrenin kaplı ya da açık olması da değirmen özellikleri ile ilgili bilgilerdir.

Dönen bir değirmenin içindeki cevher ve öğütücülerin oluşturduğu ortam;

- *Yerçekimi kuvveti ile*
- *Merkezkaç kuvvetinin* etkisi altındadır.



Şekil 1: Ağırlık ve merkezkaç kuvveti

Kütle ve *ağırlık* aynı kavramlar gibi gözükse de aslında aralarında farklar vardır. Kütle, Q bir cismin değişmeyen madde miktarıdır. Ağırlık ise bu kütleyle etki eden yer çekimi kuvvetinin büyüklüğü ile ilgilidir. Kütle bulunduğu yere göre değişmemesine karşın ağırlık değişmektedir. Kütle birimi kg ya da gr, ağırlık birimi N ya da dyn'dir.

Düzgün dairesel dönme hareketinde merkeze doğru bir ivme vardır. Hareketli cisim, bir kütleyle sahip olduğundan, bu kütlelerin merkeze doğru bir ivme kazanabilmesi için yine merkeze doğru bir kuvvet etkisinde kalması gerekmektedir.

Bir merkez çevresindeki dönen cisimleri merkeze doğru çeken kuvvete *merkezcil kuvvet*, bu kuvvete ters yönde ve eşit şiddette cisimi merkezden uzaklaştırmaya çalışan kuvvete de *merkezkaç kuvveti* adı verilmektedir.

Dönmeyi sağlayan kuvvet ortadan kalkınca ya da azaldığında cisim kazandığı hızın yönüne bağlı olarak bir miktar daha hareket ederek yerçekimi kuvveti yönünde hareket etmeye başlayacaktır. Değirmenler içinde bilyanın serbest düşme hareketi böyle başlamaktadır.

“Açısal hız” dairesel hareket yapan bir cismin birim zamanda taradığı açıdır. Açısal hızın birimi *“radyan/saniye”* olup *“ ω , omega”* sembolü ile gösterilmektedir. Açısal hızda değirmen çapının önemi olmayıp önemli olan değirmen merkezinden geçen yarıçap çizgisinin dönüş yönünde taradığı açıdır. R çapılı 1.değirmen ile 2R çapılı 2.değirmen bir tam turu aynı zamanda tamamladıklarında, çapları farklı da olsa her iki değirmen kesiti de tam bir daire, yani 360 derece taramış olacaklardır. Çapları farklı bu değirmenler 1 tam turu aynı süre içinde döndüklerinden hareketlerinin açısal hızları da eşit olacaktır. Ancak bu dönü hareketinde çapı 2R olan değirmen iç yüzeyindeki herhangi bir nokta, çapı R olan diğer değirmenin içindeki noktaya göre daha hızlı hareket ederken daha fazla yol alacaktır. Bu hızlar da *“doğrusal hız”*, *“çizgisel hız”* ya da *“çevresel hız”* olarak anılmaktadır.

Periyot; düzgün dairesel harekette bir tam devir yapmak için geçen süre olup *“T”* harfi ile ifade edilmektedir, birimi saniyedir.

Frekans; düzgün dairesel hareket eden bir noktanın 1 saniyede yaptığı dönü sayısı olup sembolü *“f”*, birimi 1/s yada Hertz (Hz)’dir.

Merkezcil kuvveti:

$$F_c = Q * v^2 / \Phi$$

$$F_c = Q * g$$

$$Q * v^2 / \Phi = Q * g$$

$$g = v^2 / \Phi$$

Çizgisel hız (v) yerine açısal hız (ω) kullanıldığında;

$$v = \omega * \Phi$$

$$g = \omega^2 * \Phi$$

$$g = v^2 / \Phi = \omega^2 * \Phi$$

$$F_c = Q * \omega^2 * \Phi = Q * v^2 / \Phi$$

Frekans ve periyot arasında daki ilişki; periyot = 1 / frekans,

$$T = 1 / f$$

Düzgün doğrusal harekette; hız = yol / zaman

$$v = x / t$$

Dairesel hareket eden bir noktanın merkezle oluşturduğu yarıçap bir tam tur attığında 2π radyan kadar açı tarayacaktır. Bu noktanın aldığı yol, yarıçapı " Φ " olan bir çemberin çevresi olup " $x = 2 \pi * \Phi$ " kadardır. Bunun için T periyodu kadar bir zaman geçmiş olmaktadır. Buradan açısal hız;

$$v = 2 \pi * \Phi / T$$

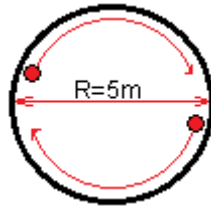
$$v = 2 \pi * \Phi * f$$

$$\omega = 2 \pi / T$$

$$\omega = 2 \pi * f$$

Bir daire çevresi " 2π radian"dan oluşmakta bu da 360° ye karşılık gelmektedir. Radyan ve derece bir noktanın çemberin etrafında bir kez dönmesi ile ilişkilidir. Radyanı dereceye dönüştürmek için " $180 / \pi$ " ile radyanı çarpılmaktadır.

Şekil 2'de 5 metre iç çapında bir değirmen kesiti verilmiştir.



Şekil 2: 5 metre iç çapında değirmen

Örneğin;

Bu değirmenin devri 15 devir/dakikadır.

Değirmen kesitinin oluşturduğu çemberin uzunluğu: $2 \pi (R/2) = 15.70$ metredir.

Değirmen içindeki bir nokta değirmen 1 devir döndüğünde 15.70 metre yol alacaktır.

*Bu nokta bir dakikada 15 devir yapacak, $15 * 15.70 = 235.5$ metre yol alacaktır.*

Değirmen içindeki bu noktanın doğrusal hızı $v = 235.5/60 = 3.9$ metre/sn olacaktır.

Bu değirmen içindeki noktanın açısal hızı;

$$T = [2 \pi (R/2)] / v = 15.70 / 3.9 = 4 \text{ sn}$$

$$f = 1 / T = 1 / 4 = 0.25 \text{ sn}$$

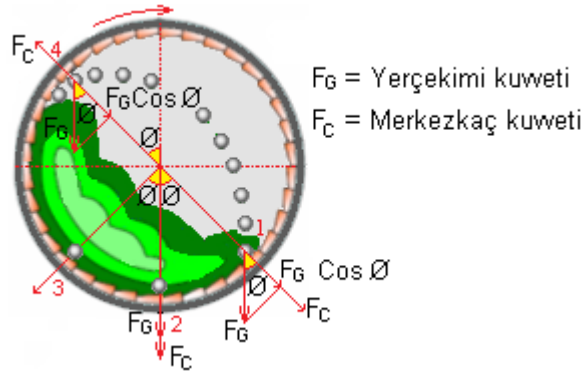
$$\omega = 2 \pi * f = 2 \pi * 0.25 = 1.570 \text{ rad/sn}$$

3. Kritik hız

Değirmen dönerken içinde pülp ve öğütücü ortamın oluşturduğu yük *değirmen dönü hızı çok yüksek olduğunda* merkezkaç kuvvetinin etkisi ile astardan ayrılmadan değirmen iç yüzeyine yapışarak değirmenle birlikte dönecektir. *Değirmen dönü hızının çok düşük olduğunda* da yük değirmen astar yüzeyi üzerinden sürekli olarak geriye doğru kayacaktır. Bu iki hızın arasında değirmendeki cevher ve öğütücünün oluşturduğu yükün, merkezkaç kuvvetinin etkisi ile değirmen iç yüzeyine yapışarak astardan ayrılmadan hareket etmeye başladığı değirmen devri "*kritik hız*" olarak isimlendirilmektedir. Kritik hızın hemen altındaki hızda değirmen içindeki yük astar yüzeyinden ayrılarak değirmen içinde parabolik bir yol çizerek düşmeye başlamaktadır. Bu hızın üzerinde de ortam değirmen iç yüzeyinde astara yapışarak değirmenle birlikte dönecektir.

Öğütmede çalışan bir değirmen tanımı çapı ve KRİTİK HIZIN YÜZDESİ olarak devri ile ifade edilmektedir. Öğütme işlemi için de değirmen devri kritik hızın %40-75 aralığında seçilmektedir.

Şekil 3'de kritik hızın %65 civarında dönen bir değirmen içinde bilyalara etki eden kuvvetler ve bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 3: Değirmen içindeki bilyalara etki eden kuvvetler

1 nolu noktada, bilyaya/çubuğa etki eden kuvvetler F_C merkezkaç kuvveti ve bilya/çubuk ağırlığının $M_B \cdot g \cdot \cos \theta$ bileşenidir. Kuvvetlerin toplamı **2** nolu noktada maksimum seviyededir. **3** nolu noktada bilyalar/çubuklar kendi ağırlıklarına ulaşmaktadır. **4** nolu noktada bilya/çubuk üzerine etki eden kuvvetler dengede olup bu noktada bilyaya/çubuğa etki eden yerçekimi kuvveti "**0**"dır. Bu noktadan sonra bilya/çubuk parabolik bir yörünge çizerek düşmeye başlamaktadır. Bu kuvvetler:

$$F_C = Q_B \cdot \omega_D^2 \cdot \Phi = Q_B \cdot (v_D^2 / \Phi)$$

F_C = Merkezkaç kuvveti, kg m/ sn²

Q_B = Çalışılan bilyanın kütlesi

ω_D = Açısal hız, 1^o/sn

Φ = (Değirmen yarıçapı) - (bilya yarıçapı), $(\theta_D - \theta_B)/2$

v_D = Değirmenin çevresel hızı, m/d

\emptyset_D = Değirmenin iç çapı, m

\emptyset_B = Bilya çapı, m

$F_C = Q_B * \omega_D^2 * \Phi$ eşitliği ile ifade edilen merkezkaç kuvvetinin büyüklüğü cismin kütlesi, dönü hareketi ve cismin döndüğü yörünge çapı ile doğru orantılıdır.

$$\omega_D = (2 \pi * \Phi * N_D) / 60$$

N_D : Değirmen devri, d/d

$$F_C = Q_B * [(2 \pi * \Phi * N_D) / 60]^2 / \Phi$$

$$F_G = Q_B * g * \cos \emptyset$$

F_G = Yerçekimi kuvveti bileşeni, kg m/sn²

Q_B = Bilya kütlesi

g = Yerçekimi ivmesi, 9.81 m/sn²

Dönme esnasında değirmen cidarında bir noktada bilyanın üzerine etki eden merkezkaç kuvveti, aynı bilya üzerine etki eden yerçekimi kuvvetine eşit olacaktır.

$$F_C = F_G$$

Bu noktadan itibaren bilya merkezkaç kuvvetinin etkisinden kurtularak hızı ve ağırlığının etkisi ile değirmen içinde parabol çizerek düşmeye başlayacaktır. Değirmen içindeki cevher de bilya gibi hareket edecektir.

$$Q_B * [(2 \pi * \Phi * N_D) / 60]^2 / \Phi = Q_B * g * \cos \emptyset$$

$$\Phi = (\text{Değirmen yarıçapı}) - (\text{bilya yarıçapı}), (\emptyset_D - \emptyset_B) / 2$$

$$\emptyset_B = 0, \text{ bilya çapı}, \Phi = \emptyset_D / 2, \text{ değirmen yarıçapı}$$

Düşme açısı $\emptyset = 0$ olduğunda $N_D = N_C$

Öğütücü çapına bağlı olarak kritik hız aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir.

$$N_C = 42.305 / (\emptyset_D - \emptyset_B)^{0.5}$$

N_C = Kritik hız, d/d

Değirmende kullanılan *bilya/çubuk çapı \varnothing_B , değirmen içi çapı \varnothing_D 'na* göre çok küçük olduğundan çoğu zaman kritik hızın hesaplanmasında öğütücü çapı değerlendirmeye alınmamaktadır. Bu durumda kritik hız;

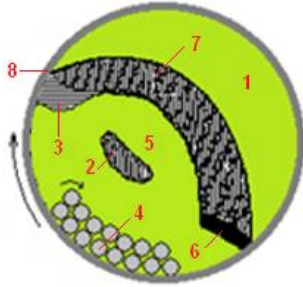
$$N_c = 42.305 / (\varnothing_D)^{0.5} \text{ d/d}$$

Kritik hızın değirmenin iç çapına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Değirmen çapı büyüdükçe kritik hız düşmektedir. Bunun anlamı *aynı devirde dönen iki değirmende ortam hareketi çapı büyük olanda "serbest düşme", çapı küçük olanda da "kayarak yuvarlanma" şeklindedir.*

4.Öğütme işleminde değirmen devri

Değirmen içindeki öğütücü ortam ve malzeme hareketi öğütme şeklini belirlemektedir. Değirmende cevher öğütücü ortamın serbest düşmenin etkisi ile kırılmakta, kendi eksenini etrafında dönme ve kayarak yuvarlanmasıyla aşınarak küçülmektedir.

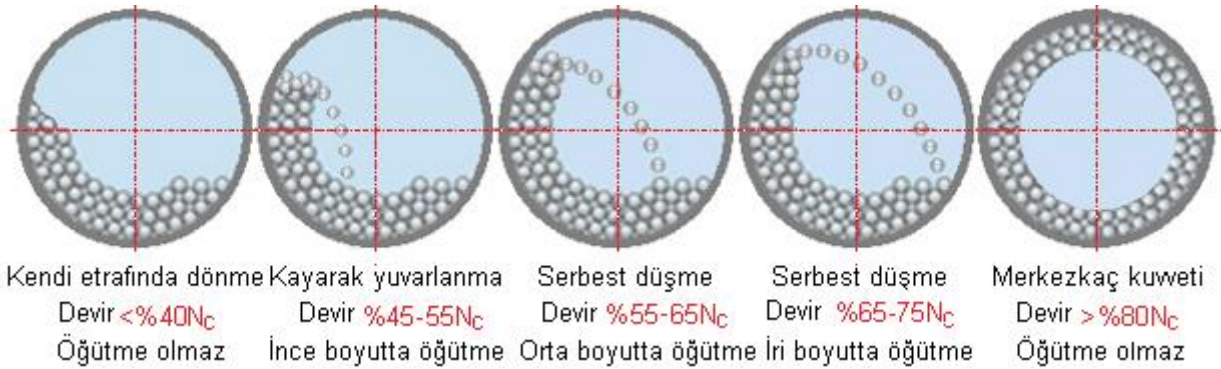
Şekil 4'de değirmen içindeki bölgeler gösterilmiştir.



- 1 nolu bölge: Boş bölge, öğütme olmaz
- 2 nolu bölge: Boş bölge, öğütme olmaz
- 3 nolu bölge: Ağırlıksız bölge
- 4 nolu bölge: Yuvarlanma ve sürtünmeyle ince öğütme bölgesi
- 5 nolu bölge: Yuvarlanmayla ince öğütme bölgesi
- 6 nolu bölge: Darbe etkisiyle iri boyutta öğütme
- 7 nolu bölge: İri öğütme için serbest düşme bölgesi
- 8 nolu bölge: Merkezkaç kuvvetinin etkisizleştiği nokta

Şekil 4: Değirmen içindeki bölgeler

Şekil 5'de de değirmenin kritik hızına bağlı olarak ortamın hareketi gösterilmiştir.



Şekil 5: Değirmenin dönü hızına bağlı olarak ortamın hareketi

İnce öğütmede değirmen kritik hızın **%45-55'i** aralığında çalıştırılmakta, bu hızda dönen değirmen içinde ortam **"kayarak yuvarlanma"** şeklinde hareket etmektedir.

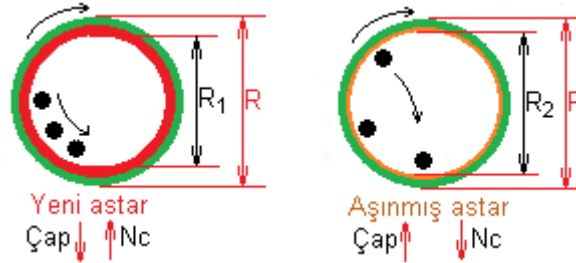
Orta boyutta öğütmede değirmen kritik hızın **%55-65'i** kadar döndürülmektedir. Ortam hareketi **"kayarak yuvarlanma ve serbest düşme"** şeklindedir.

İri boyutta öğütmede değirmen devri kritik hızın **%65-75'i** arasındadır. Bu hızda değirmen içinde ortamın hareketi **"serbest düşme"** şeklindedir.

Çubuklu değirmenlerde kaba öğütme söz konusu olduğundan değirmen kritik hızın **%65-70'i** arasında çalıştırılmaktadır. Bu değirmenlerde değirmen içinde ortamın hareketi **"serbest düşme"** şeklindedir.

5.Kritik hız ve değirmen devri

Değirmen astarı aşındıkça, iç çap büyüdüğünden, kritik hız düşmektedir. Örneğin iç çapı $\emptyset_{iç} = 3.0$ m olan bir değirmenin $N_c = 24.42$ d/d'dır. Bu değirmenin kalınlığı 15 cm olan astarının 10 cm'si aşındığında iç çap $\emptyset_{iç} = 3.0 + (2 \cdot 0.1) = 3.20$ metre, bu durumda kritik hız $N_c = 23.65$ d/d olacaktır. Astar aşınmasından kaynaklanan değirmen iç çapındaki büyüme, çoğu zaman bilya çapı gibi değerlendirmeye alınmamaktadır.



Şekil 6: Astar aşınmasına bağlı kritik hız

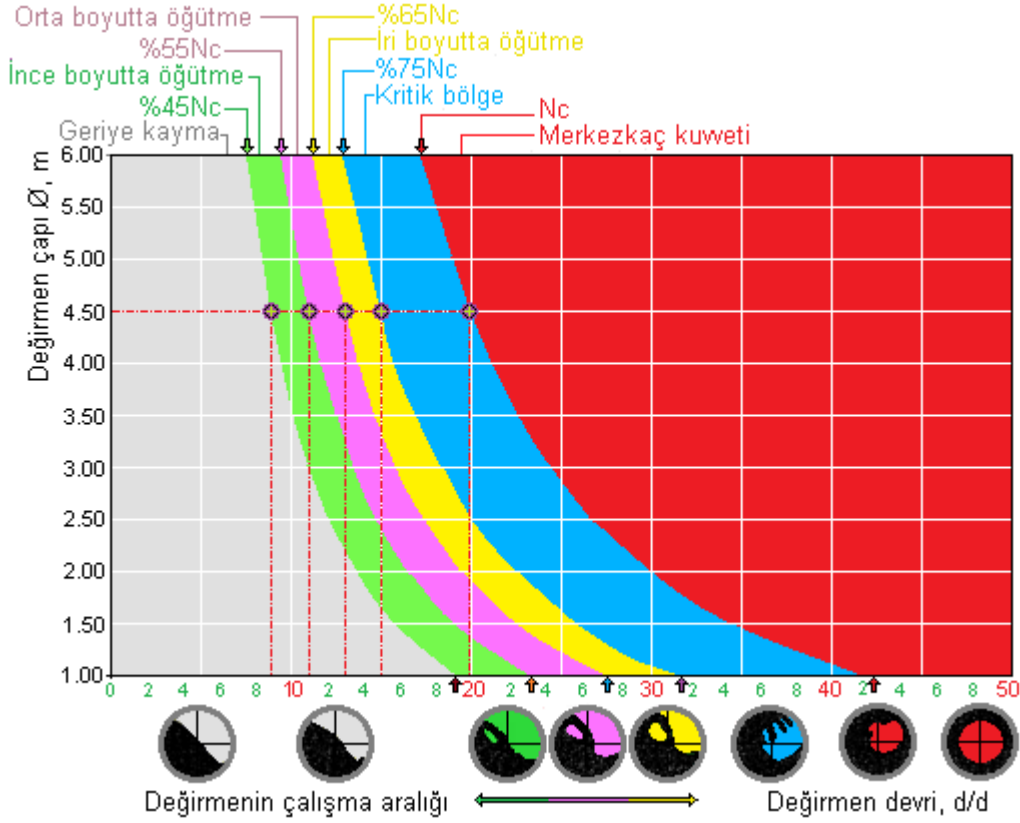
Çizelge 1'de değirmen çapına göre kritik hız ve değişik kritik hız yüzdelerinde değirmen devirleri, gösterilmiştir.

Çizelge 1: Değirmen çapına göre kritik hız ve değirmen devirleri

Değirmen çapı, m	Kritik hız, d/d	%40Nc	%45Nc	%50Nc	%55Nc	%60Nc	%65Nc	%70Nc	%75Nc	%80Nc
6.00	17.3	6.9	7.8	8.6	9.5	10.4	11.2	12.1	13.0	13.8
5.50	18.0	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4
5.00	18.9	7.6	8.5	9.5	10.4	11.4	12.3	13.2	14.2	15.1
4.50	19.9	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0
4.00	21.2	8.5	9.5	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8	15.9	16.9
3.50	22.6	9.0	10.2	11.3	12.4	13.6	14.7	15.8	17.0	18.1
3.00	24.4	9.8	11.0	12.2	13.4	14.7	15.9	17.1	18.3	19.5
2.50	26.8	10.7	12.0	13.4	14.7	16.1	17.4	18.7	20.1	21.4
2.00	29.9	12.0	13.5	15.0	16.5	17.9	19.4	20.9	22.4	23.9
1.50	34.5	13.8	15.5	17.3	19.0	20.7	22.5	24.2	25.9	27.6

Çizelge 1’de değirmen çapına bağlı olarak değirmen devri-kritik hız arasındaki ilişki Grafik 1’de şeklinde gösterilmiştir. Bu grafik kullanılarak yapılacak öğütmeye göre seçilecek değirmen çapı ve devri ya da mevcut bir değirmenin çapına bağlı olarak kullanılacak öğütme şekline göre devri belirlenmektedir.

Grafik 1: Değirmen çapına göre kritik hız ve değirmen devirleri grafiği



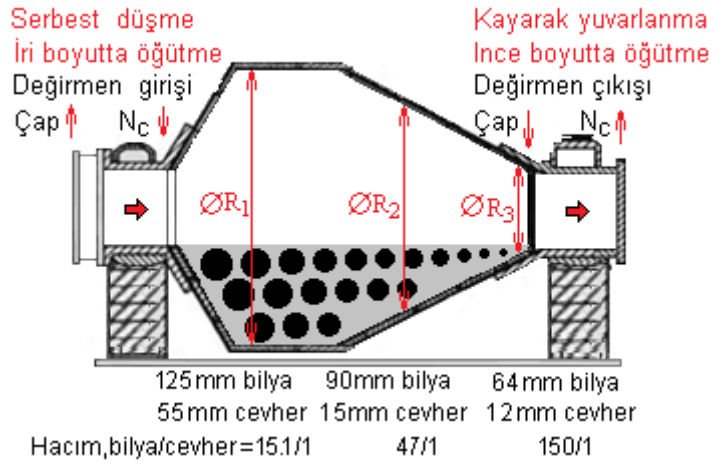
Değirmen çapı, m	Kritik hız, d/d	%40Nc	%45Nc	%50Nc	%55Nc	%60Nc	%65Nc	%70Nc	%75Nc	%80Nc
4.50	19.9	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0

4.50 metre çapında mevcut bir değirmenin ince öğütmede kullanılması için 9.0-11.0 d/d, orta boyutta öğütmede kullanılması için 11.0-13.0 d/d, iri öğütmede kullanılması için de 13.0-15.0 d/d aralığında döndürülmesi gerekmektedir.

Kritik hızın öğütmeye etkisini konik değirmenlerde daha somut olarak görme olasılığı vardır. Değirmen çapı büyüdükçe kritik hız düştüğü gerçeğine dayalı olarak konik değirmenler geliştirilmiştir.

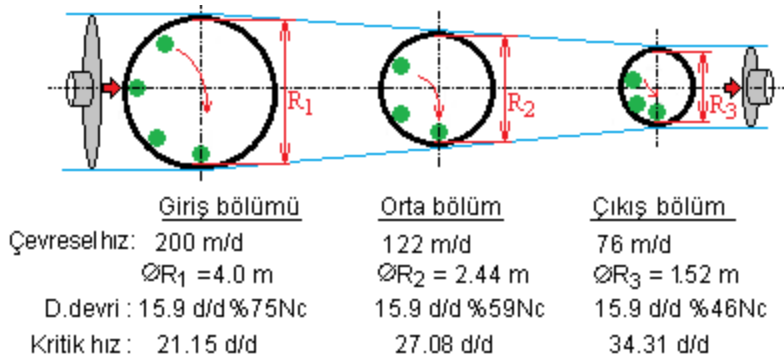
6.Konik bilyalı değirmen

Konik bilyalı değirmen içinde büyük çaplı bilya ve iri boyutlu cevherler üzerindeki merkezkaç kuvveti ile küçük, aşınmış bilyalar ve ince boyutlu cevher üzerindeki merkezkaç kuvvetleri farklı olmaktadır. Bu farklılık değirmen içinde boyuta ve kütesine göre doğal bir ayırım oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak değirmenin dönmesi sırasında oluşan merkezkaç kuvvetinin etkisi ile içindeki ince cevher ve küçük çaplı bilya çıkış tarafına, büyük çaplı bilya ve iri cevher de silindir kısımda toplanmakta, değirmen içinde oluşan bu doğal sınıflandırma öğütme etkinliğini artırmaktadır.



Şekil 7: Konik bilyalı değirmen

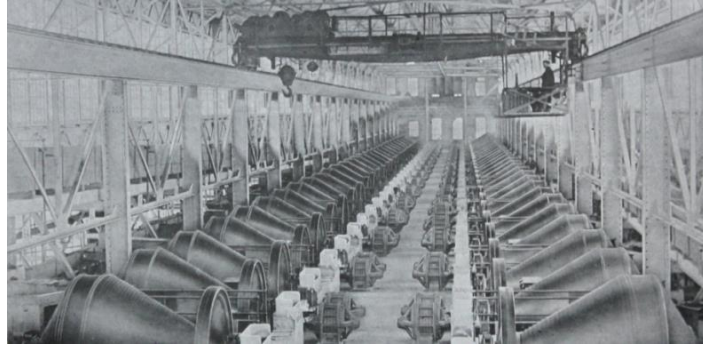
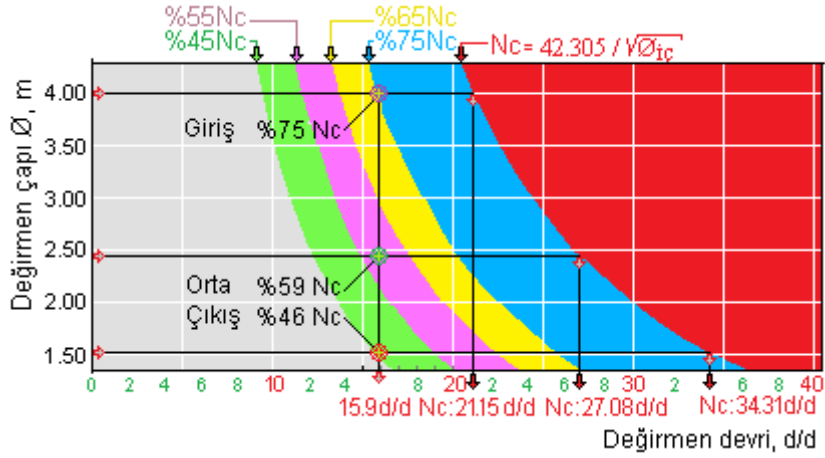
Şekil 8'de giriş bölümü 4.0 metre, çıkışı 1.52 metre olan konik bilyalı değirmenlerde çevresel hızlar, kritik hızlar ve değirmen devri gösterilmiştir. Haliyle bu değirmenin açılma hızı her kesit için aynı olurken, değirmen boyunca çevresel hızlar ve iç çapa bağlı olarak da kritik hızlar farklı olacaktır. Bu değirmende giriş bölümünde bilya hareketi yüksekten düşme, haliyle kaba öğütme olayı gerçekleşirken, giriş bölgesine göre çapı küçük olan çıkış bölgesinde öğütme olayı kayarak yuvarlanma şeklinde gerçekleşmektedir. Buna uygun olarak da değirmen içinde bilya ve cevher ayrışması söz konusu olmaktadır.



Şekil 8: Konik bilyalı değirmenlerde ortam hareketi

Grafik 2'de de Şekil 8'de verilen girişi 4 metre çıkışı 1.52 metre olan konik bilyalı değirmende iç çapa bağlı olarak değirmende hıza bağlı olarak gerçekleşecek öğütme şekli gösterilmiştir.

Grafik 2: Konik bilyalı değirmenlerde çap-hız-öğütme ilişkisi



Resim 1 : Konik değirmenler, Kaynak: 911metallurgist.com

7. Değirmen astarları

Öğütme esnasında değirmen hacminin yaklaşık %40'ı öğütücü ile doludur. Öğütücü malzemenin bir kısmı değirmen iç yüzeyi üzerinde lifter olarak ifade edilen kaldırıncılar arasında değirmendeki diğer yükün altındadır. Bu nedenle değirmenin dönü hareketinin daha çok etkisi altındadır. Bu öğütücüler geriye doğru az da olsa kayarken daha çok değirmen gövdesiyle birlikte belirli bir yüksekliğe kadar hareket etmektedir. Bu öğütücülerin üzerinde olanlar ise birbirlerinin ağırlığı etkisi altında olup değirmenin dönü hareketinin daha az etkisi altındadır. Bunun sonucu olarak da değirmen dönü hızına bağlı olarak değirmen içindeki tüm ortam aynı şekilde hareket etmemektedir. Değirmen içindeki ortam hareketleri de devrine bağlı olarak kayarak yuvarlanmaktan serbest düşme arasında değişmektedir.

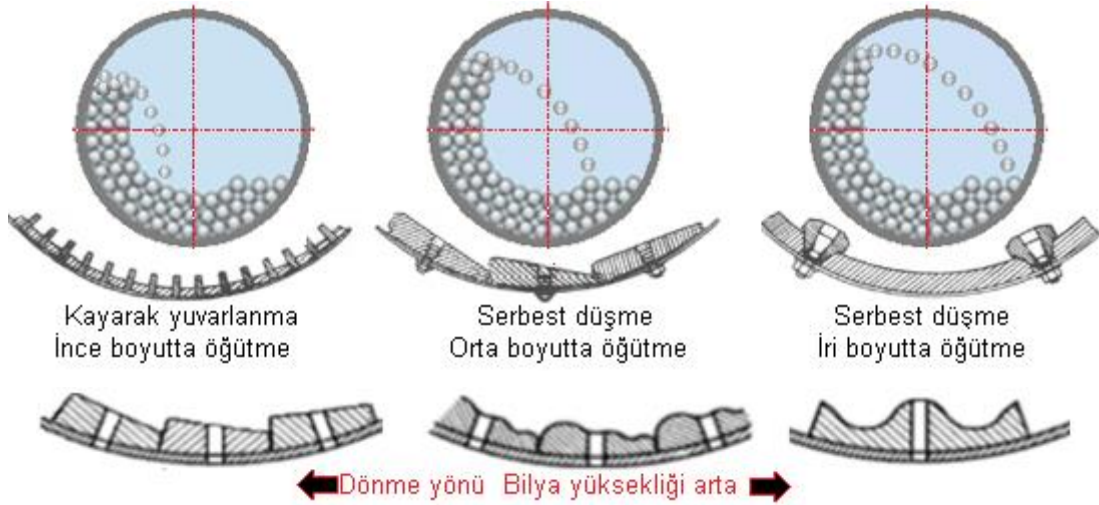
Öğütmede belirleyici olan değirmen devri kadar öğütme ortamına uygun doğru kaldırıncı kullanılmasıdır. Aynı öğütmeye yönelik değişik kaldırıncılar kullanılmaktadır. Bu kaldırıncılarla birlikte çalışan değirmen gövdesini koruyan ayrıca astarlar da mevcuttur. Çoğu zaman kaldırıncılar gövde astarlarına göre daha hızlı aşınmaktadır. Kaldırıncılar aşındıkça değirmen içindeki ortamın

hareket yörüngesi de değişmektedir. Bu nedenle özellikle kaldırıclardaki aşınmaya dikkat edilmeli, işlevini yitirdiğinde gövde astarlarının aşınması beklenmeden değiştirilmelidir.

Günümüzde AC ve DC motorların devirlerinin değiştirilmesi olanaklı hale gelmiştir. Değirmen elektrik motorlarının devri değiştirilebiliyorsa değirmen istenilen devirde döndürülmektedir. Aksi durumda başlangıçta yanlış hesaplanmış ya da seçilmiş değirmenlerin devrini değiştirmek için pinyon, çevre ve redüktörün ya da hepsinin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu masraflı, zaman alıcı ve zor bir iştir. Böyle bir değişim için öğütme üzerinde uzman birinin karar vermesinde fayda vardır. Böyle bir durumda sorunun astar profilini değiştirerek çözümlenip çözülemeyeceğinin de araştırılması gerekmektedir.

Değirmen öğütme amacına uygun astarla döşenmiş olması gerekmektedir. Değirmen içinde cevher ve bilyanın oluşturduğu ortamın hareket yörüngesini değirmen dönü devri ile değirmene döşenmiş astar profili belirlemektedir.

Kaba öğütme amacıyla çalıştırılan değirmene ince öğütmeye uygun, ortamın kayarak yuvarlanmasını sağlayan kaldırıcı yüksekliği düşük astar kullanıldıysa haliyle öğütme istenildiği gibi olmayacaktır.



Şekil 9: Astar profiline göre değirmen içindeki ortamın hareketi

Değirmen içinde döşenmiş astarların bazıları gövdeyi korurken, lifter olarak isimlendirilen kaldırıcları da üzerindeki yükseltilerle ortamın hareket yörüngesini belirlemektedir. Aşınmış astarın zamanında değiştirilmemesi değirmenin öğütmemesinin nedeni olabilmektedir. Astarın aşınması, astar kalınlığının incilmesi, astarın aşınarak bitmesi anlamına gelmemektedir. Astar üzerindeki kaldırıcı yükseltiler aşındığında değiştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle zaman zaman değirmen durduğunda gerekli iş güvenliği önlemleri alınarak değirmen içine girilerek astarlarındaki aşınma izlenmelidir.