

Bir imento Fabrikası Farin Değirmeni Enerji Optimizasyonu

Fatih Alagaç

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2010

Cement Plant Farine Mill Energy Optimization

Fatih Alagaç

POSTGRADUATE THESIS

Mining Engineering Department

Temmuz 2010

Bir imento Fabrikası
Farin Değirmeni Enerji Optimizasyonu

Fatih Alagaç

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Cevher Hazırlama Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Yaşar UÇBAŞ

Temmuz 2010

ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Fatih Alagaç' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Bir Çimento Fabrikası Farin Değirmeni Enerji Optimizasyonu” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Yaşar UÇBAŞ

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Üye : Prof. Dr. Volkan BOZKURT

Üye : Prof. Dr. Hürriyet ERŐAHAN

Üye : Prof. Dr. Yaşar UÇBAŞ

Üye : Doç. Dr. Halil İPEK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, bir çimento fabrikası farin değirmeninde sabit boyut (incelik) hedefinde değirmen kapasitesinin artırılarak spesifik enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda,

- numune alımından ve analizinden kaynaklanabilecek enerji kayıplarının kontrolü,
- çekiç aşınmasından doğabilecek enerji kayıplarının kontrolü,
- bilya şarjının neden olabileceği enerji kayıplarının kontrolü,
- plaka dizaynından kaynaklanabilecek enerji kayıplarının kontrolü,
- değirmen gaz hızından doğabilecek enerji kayıplarının kontrolü yapılmıştır.

Kontroller sonucunda;

Fabrikada numune alımı ve analizinden kaynaklanan hataların kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Ancak çekiç aşınma profilinin kontrolü, bilya şarjının kontrolü, plaka dizaynının kontrolü ve değirmen gaz hızının kontrolü ile toplam % 9,3 ton farin / saat ' lik kapasite artışı ve 1.49 kWsaat / ton farin enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Farin, Çekiçli Kırıcı, Bilyalı Değirmen, Optimizasyon.

SUMMARY

The aim of this thesis, decreasing the specific energy consumption by cement plant raw mill capacity increasing in stable size (finesse) aims. In accordance with this aim;

- controlling the energy lose which may occur by sampling and sample analyses,
- controlling the energy lose which may occur by the hammer abrasion ,
- controlling the energy lose which may occur by the mill ball charge,
- controlling the energy lose which may occur by plate design,
- controlling the energy lose which may occur by the mill gas flow velocity.

As a result of controls;

It is seen that the errors are in acceptable limits which occurs by sampling and measurement system. However, by the hammer abrasion profil controll, mill ball charge controll, plate design controll and gas flow velocity controll, totally %9.3 tone farin / hour capacity increasing and 1.49 kW hour / tone farin energy saving are done.

Key Words: Farin, Hammer Crusher, Ball Mill, Optimization

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başladığı günden bu yana ilgisini, bilgisini ve sabrını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yaşar Uçbaş' a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Değerli bilgi ve görüşlerinden yararlandığım, istatistiksel analizler esnasında yol göstericiliği ile çalışmalarına ışık tutan Üretim Müdürüm Sayın Caner Türkyener' e teşekkürü bir borç bilirim.

Veri toplamlarda, numune alım süreçlerinde, sanayi ölçekli denemelerimizdeki kısıtlı zamanlarımızda gösterdikleri fedakârlık ve her zaman yanımda olmaları ile I. Tesis üretim hattı çalışanları ve vardiya teknisyenlerine teşekkür ederim.

Tez çalışmalarına başlamam ve devam sürecinde desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, sabrı ile her zaman yanımda olan eşim Melike Sert Alagaç 'a minnettarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
2.DEĞİRMENLER HAKKINDA BİLGİ	2
2.1. Öğütme.....	2
2.1.1. Boyut küçültme teorileri	2
2.1.2. Boyut küçültme yasaları	4
3.FABRİKA TANITIMI	9
4.FARİN HAZIRLAMA ÜNİTESİNİN TANITIMI	12
4.1. Farin	12
4.2. Tandem Çekiçli Kırıcı.....	14
4.3. Bilyalı Farin Değirmeni	14
5.YAPILAN KONTROLLER VE İYİLEŞTİRMELER	16
5.1. Numune Alım Noktalarından ve Numune Alımından Kaynaklanabilecek Hataların Kontrolü.....	16
5.2. Laboratuar Analiz Sonuçlarından Gelebilecek Hataların Kontrolü	19
5.3. Tandem Kırıcı Çekiç Aşınma Profilinin Kontrolü.....	21
5.4. Farin Değirmeni Bilya Şarjı Kontrolü	22
5.5. Farin Değirmeni Plaka Dizaynı Kontrolü	23
5.6. Farin Değirmeni Gaz Hızı Kontrolü	25
6.GENEL SONUÇLAR	29
KAYNAKLAR DİZİNİ	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Malzemelerin gerilim deformasyon eğrisi	3
2.2. Kick, Bond ve Rittinger yasalarının uygulanma aralıkları	7
3.1. Fabrika üretim akış şeması	11
5.1. Tandem seperatör ürün havalı bandı	17
5.2. Değirmen seperatör geri dönüş bandı	17
5.3. Tandem seperatör geri dönüş bandı	18
5.4. Değirmen seperatör ürün siklonet altı helezon	18
5.5. Farin hazırlama ünitesinden alınan incelik numuneleri	20
5.6. Gage R&R analizi	21
5.7. Tandem kırıcı çekiç gövdesi ve çekiç başı	22
5.8. Bilyalı değirmen tasnif plakalarının değişimden önceki görünümü	24
5.9. Bilyalı değirmen tasnif plakalarının değişimden sonraki görünümü	25
5.10. Deney tasarımı	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bazı maddelerin iş indeksleri.....	6
5.1. Tandem kırıcı çekiç profili aşınma takibi	22
5.2. Bilya dağılım analizi	23
5.3. Klape ayar takip tablosu	26
5.4. Farin değirmeni gaz ölçümü	28

1.GİRİŞ

Enerji de dışa bağımlılığımızın her geçen gün arttığı, %25,5'lik üretim payımızın bugünkü şartlarda değişmeyeceği ve ithal edilen enerjinin tüm ithalat oranı içerisinde %24 mertebesine çıktığı ülkemizde, gelecek nesillerimiz için en büyük darboğazlardan biri enerji ihtiyacı ve kaynakları olmaktadır.

Nükleer enerji kaynaklarının toplumsal, çevresel ve ekonomik açıdan oldukça maliyetli olması, ülkemizin öz kaynaklarını en etkin ve verimli biçimde kullanılması gerekliliğini doğurmuştur.

Fosil yakıtlardan elde edilen enerjimiz kısa vadeli çözüm olarak kalmakta, yinelenabilir enerji kaynaklarının kullanılmasının yaygınlaşması ise yavaş ilerlemektedir. Bizlere düşen, sorunun çözümünü başkalarından beklemek olmamalı, ufak görülebilecek iyileştirmelerin ülke kazancına dönüşebileceğinin farkına vararak harekete geçmektir.

Cevher hazırlama işlemleri esnasında öğütme enerjisi maliyet kalemleri içerisinde en büyük paya sahiptir. Çimento fabrikası gibi öğütme tonajının çok yüksek olduğu ve minimum 4,5 megavatlık sarfiyatın olduğu sistemlerde enerji optimizasyonun önemi çok daha ön plana çıkmaktadır.

Çalışmasını yaptığımız öğütme sistemi içerisindeki (farin ünitesinde 147 motor çalışmakta olup 1 kW ile 2200 kW arasında değişkenlik göstermektedir) her bir motordan elde edilecek çok ufak gibi gözükebilecek enerji tasarrufları toplamda çok büyük şirket kazançlarına dönüştüğü gibi, enerji üretiminde dışa bağımlı olan ülkemiz için de kazanç anlamına gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı, farin hazırlama ünitesinde kontroller ve ölçümler ile uygulanabilecek iyileştirmeler sayesinde ton başına düşen enerji tüketiminin azaltılabilirliğini araştırmak ve kapasite artırılabilirliğini incelemektir.

2.DEĞİRMENLER HAKKINDA BİLGİLER

2.1. Öğütme

Öğütme, bir boyut küçültme işlemi olarak tanımlanabilir. Boyut küçültme işlemi aşağıdaki amaçlar için yapılır:

1. Cevherin içerdiği farklı minerallerin, birini diğerinden serbest hale getirmek,
2. Prosesin gerektirdiği boyutu veya yüzey alanını sağlamak,
3. Kullanım alanının talep ettiği boyutu veya yüzey alanını sağlamak.

Kırma ve öğütme arasında kesin bir sınır olmamasına rağmen 3 mm olarak kabul edilebilir. Boyut küçüldükçe harcanan özgül enerji gereksinimi artar ve boyut küçültme makinelerinin verimi düşer. Bunun nedeni, boyut küçüldükçe malzemedeki makro ve mikro süreksizliklerin azalması olarak kabul edilir. Bu nedenle değirmen güç hesaplarında boyut faktörü kullanılır. Boyut küçültme şu şekilde ifade edilebilir;

$$\text{Küçülecek malzeme} + \text{enerji} = \text{kırılmış malzeme} + \text{ses} + \text{ısı}$$

Malzeme hazırlama sırasında;

Kırma işlemlerinde	0.1-2	kWh/t,
Birinci kademe öğütmede	2-4	kWh/t,
İnce öğütmede	5-20	kWh/t,
Çok ince öğütmede	20-100	kWh/t,
10 mikron altında öğütmelerde	100-1000	kWh/t,

civarında enerji tüketilmektedir.

Yapılacak iyileştirmelerle;

Öğütme makineleri tasarımıyla	% 3-6,
Sınıflandırıcıların tasarımıyla	%9-13,
Proses kontrolü ile	%9,
Öğütmede katkı maddeleri kullanımıyla	%3-6,
Diğer makine tasarımlarıyla	%3

oranlarında enerji tasarrufu sağlanabilir (H. G. Ellerbrock, 1995).

2.1.1. Boyut küçültme teorileri

II. Prensip:

Boyut küçültmede harcanan faydalı enerji, yeni oluşan parçaların çatlak uzunlukları ile orantılıdır. Kırma ve öğütmede kırılacak parça kullanılan enerjiyi belli bir süre absorbe eder. Bu süre sonunda parça en zayıf kısmından çatlayarak absorbe ettiği enerjiyi boyut küçültme işine dönüştürür. Bu olay, tanelerde bir reaksiyon zinciri şeklinde devam eder ve taneler daha ufak boyutlara ayrılır.

III. Prensip:

Bu prensip, malzemenin kırılması ile malzemedeki yapısal bozukluklar arasındaki ilişkiye dayanır. Yapısal bozukluklar, malzeme içerisindeki zayıflıklar ile ilgili olup, belirli bir kuvvetin, belirli bir süre etkisi ile çatlaklara dönüşür. Parça içerisindeki en zayıf yapısal bozukluk, kırma ve öğütme için gerekli kuvvet seviyesini belirler.

2.1.2. Boyut küçültme yasaları

Enerji ile malzeme boyutu arasındaki ilişkilerin ifade edildiği değişik yasalar mevcuttur;

Rittinger Yasası:

P. Pitter Von Rittinger, boyut küçültmede kullanılan enerjinin, öğütme sonucu oluşan yeni yüzey alanı ile orantılı olduğunu savunmuştur. Boyut küçültmede gerekli enerjinin tamamına yakın bir kısmı, parça küçüldükten sonra ısı olarak açığa çıkmaktadır.

$$E = K (1/P - 1/F)$$

E = Özgül öğütme enerjisi tüketimi, kWh/t

F = Beslenen malzeme boyutu, mikron

P = Ürün parça boyutu, mikron

K = Katsayı

Rittinger yasası deneysel ve matematiksel olarak kanıtlanmamış bir yasadır. Kırma öncesi parçanın deformasyonunun göz önüne alınmaması teorik olarak yasanın en önemli eksiğidir.

Kick Yasası:

Kick tarafından savunulan yasada, boyut küçültme için gerekli işin, malzemenin ağırlığına ve hacmine göre değiştiği öne sürülmüştür.

$$E = C \log (P/F)$$

Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda yasayı kesinleştirici sonuçlar alınamamıştır.

Bond Yasası:

F.C Bond'a göre boyut küçültme için gerekli enerji, boyutu küçülecek ve küçülmüş tanelerin çaplarının tersinin karekökleri ile orantılıdır. Bu orantının da yeni çatlak uzunluklarının bir ölçüsü olduğu savunulmuştur.

$$W = K (1/\sqrt{P} - 1/\sqrt{F})$$

Bu yasanın uygulamasında kırılmış parçaların %80'inin geçtiği boyut P_{80} , kırılacak parçaların %80'inin geçtiği boyut F_{80} alındığında şu eşitlik yazılabilir.

$$W = 10W_i / \sqrt{P_{80}} - 10W_i / \sqrt{F_{80}})$$

W = iş, kWh/t,

W_i = iş indeksi, kWh/t

İş indeksi, bir boyut küçültme parametresi olup malzemenin öğütülmeye ve kırılmaya karşı direnci olarak tanımlanır. Bazı maddelerin özgül ağırlıkları ve iş indeksleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Bond, 1961).

Holmes Yasası:

Holmes tarafından boyut küçültmede gerekli enerji, şu eşitlikle verilmiştir.

$$E = W_i [(100/P)^r - (100/F)^r]$$

E = Boyut küçültme için gerekli enerji, kWh/t

W_i = İş indeksi, kWh/t

P = Boyutu küçülmüş parça çapı, mikron

F = Boyutu küçülecek parça çapı, mikron

r = Malzeme inceliğine bağlı olarak artan bir sabit

r değeri malzeme inceliği arttıkça büyüdüğünden bu eşitliğin öğütmede kullanılması pratik değildir.

Çizelge 2.1. Bazı maddelerin iş indeksleri

<u>Madde</u>	<u>Özgül ağırlık</u>	<u>İş İndeksi (kWh/st)</u>	<u>Madde</u>	<u>Özgül ağırlık</u>	<u>İş İndeksi (kWh/st)</u>
Alçı Taşı	2.69	8.16	Kil	2.23	7.10
Altın Cevheri	2.86	14.83	Kireçtaşı	2.69	11.69
Bakır	3.02	13.13	Klinker	3.09	13.49
Barit	4.28	6.24	Krom	4.06	9.60
Bazalt	2.89	20.41	Kok	1.51	20.70
Boksit	2.38	9.45	Petrokok	1.78	73.80
Cam	2.58	3.08	Kumtaşı	2.68	11.53
Çakıl	2.7	25.17	Kurşun Cevheri	3.44	11.40
Çakmaktaşı	2.65	26.16	Kur-çinko Cevheri	3.37	11.35
Çimento Ham.	2.67	10.57	Kuvars	2.64	12.77
Demir Cürufu	2.39	12.16	Limonit	2.53	8.45
Dolomit	2.82	11.31	Manganez	3.74	12.46
Ferrokrom	6.75	8.87	Manyezit	3.88	10.21
Ferromanganez	5.91	7.77	Mika	2.89	134.50
Ferrosilikon	4.91	12.83	Molibden Cevheri	2.7	12.97
Fosfat Taşı	2.66	10.13	Nikel cevheri	3.32	11.88
Potas Tuzu	2.18	8.23	Pirit Cevheri	3.48	8.90
Galen	5.39	10.19	Silika	2.71	13.53
Grafit	1.75	45.03	Sinter	3.00	8.77
Gümüş Cevheri	2.27	17.30	Takonit	3.52	14.87
Hematit	3.76	12.68	Zımpara	3.48	58.18

Not: 1 mt = 1.102 st

Hukki Yasası :

Endüstriyel boyutta yapılan gözlemlerde; Kick yasasının kırmada, Bond yasasının bilyalı ve çubuklu değirmenlerde, Rittinger yasasının da ince öğütmede uygulanır olduğu görülmüştür.

Hukki tarafından, Bond, Kick ve Rittinger yasalarının enerji ile boyut küçültme arasındaki genel ilişkisi aşağıdaki denklemle verilmiştir.

$$dE = -K dX/X^n$$

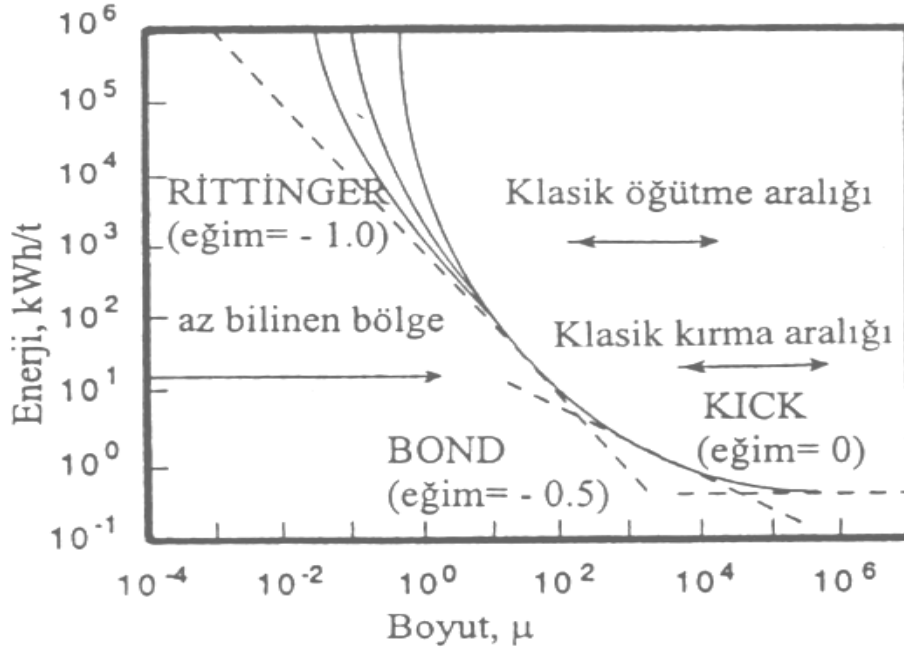
Bu eşitlikten;

$$n = 1 \text{ için, } E = K \ln (X_1/X_2), \quad \text{Kick yasası,}$$

$$n = 2 \text{ için, } E = K (1/X_2 - 1/X_1), \quad \text{Rittinger yasası,}$$

$$E = 2K (1/\sqrt{X_2} - 1/\sqrt{X_1}), \quad \text{Bond yasası,}$$

ilişkileri kurularak Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Kick, Bond ve Rittinger yasalarının uygulanma aralıkları

Günümüzde yüksek tenörlü maden yataklarının hemen hemen tümüyle tüketilmiş olması gelişen teknolojinin gereksinimlerini karşılayabilmek için düşük tenörlü büyük rezervli yatakların işletilmesini zorunlu kılmıştır (Madencilik,1983). Bu zorunluluk tane serbestleşmesine bağlı olarak ufalamanın bir birim işlemi olan öğütmenin önemini de arttırmıştır. Öğütme işlemini izleyen cevher hazırlama yöntemlerinin başarısı ile bir tesisin verimi öğütmenin başarısı ile koşuttur. Ufalama (kırma-öğütme) işleminin tasarımı, uygulaması ya da uygulama sırasında karşılaşılan sorunların çözümü çoğunlukla önceki deneyimlere dayanılarak yapılmaktadır. Bunun nedeni ise tutarlı bir ufalama kuramının geliştirilememiş olmasıdır. Sözü edilen ufalama kuramının şu sorunlara matematiksel yanıtlar getirmesi gerekmektedir:

1. Kırma-öğütme işlemi sonucu elde edilecek ürünün boyut dağılımı,
2. Bu dağılımlı bir girdi malzemesini elde etmek için gerekli enerji miktarı,

3. Bu İşlemin sürdürüldüğü düzenekteki hız, bir başka deyişle ufalama kinetiğidir (Utine, 1975).

Öğütme işlemi ile ilgili en önemli sorun kuşkusuz öğütmede tüketilen enerjidir. Bu konu 1867'den bu yana araştırmacıları yakından ilgilendirmiş, konuya ilişkin bir çok araştırma yapılmıştır. Ancak ufalama işleminin sayısız değişken içermesi ile malzemeyi konu alan bilimlerdeki gelişmelerin yetersizliği tutarlı bir kuramın gelişmesini engellemiştir. Ortaya atılan kuramlar ufalama enerjisini yalnızca bir yada birkaç değişkeni göz önüne alarak belirlemeye çalışmışlar, birçok değişkeni göz ardı etmişlerdir. Kuşkusuz malzeme ile ilgili bilimlerdeki gelişmeler bu sorunun çözümüne yardımcı olacaktır.

Günümüzde üretilen enerjinin %5' i ufalamada harcanmaktadır (Rumpf, 1962). Daha da önemlisi ufalama sistemine iletilen enerjinin yalnızca %1' i yeni yüzey oluşturmakta kullanılmakta, geriye kalan %99' luk kesim ise iletim kayıpları, sürtünme, ses gibi başka enerjiler biçiminde tüketilmektedir. Ufalamada önemli yer tutan öğütme ortamının tükettiği enerji, otojen öğütme uygulaması ile ortadan kaldırılabilir. Ancak, iletim kayıpları bilinen iletim sistemleri için her zaman olacaktır. Bir başka deyişle, kullandığımız ufalama makinaları doyurucu bir enerji arttırımı sağlayacak değişim yapma olanağını vermemektedir. Kuşkusuz bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalar vardır. Örneğin 'Snyder' adı verilen bir işlem malzemeyi çekilme dayanımından yararlanarak kırma yoluna gitmektedir. Bilindiği gibi bir kayacın çekilme dayanımı, sıkışma ve makaslama gibi öteki gerilimlere karşı olan dayanımından daha küçüktür ve sonuçta ufalama için daha az enerji gerekecektir. Ancak, iyi bir serbestleşme sağlamasına karşın, bu işlemin beklenen çözümü getireceği bilinmemektedir (Bayraktar, 1975). Görüldüğü gibi ufalama (kırma-öğütme) işlemindeki belirsizlikleri giderecek her olumlu katkı büyük ekonomik yararlar getirecektir. Herhangi bir ufalama devresi tasarımında enerji gereksiniminin ne kadar olacağı önceden yaklaşık bir doğrulukla saptanabilmelidir. Bunun gerçekleştirilmesi ise kuramsal çalışmalardaki tutarlılığa bağlıdır. Kuşkusuz bu konudaki çalışmalar yalnızca sisteme verilmesi gerekli enerjiiyi belirlemekle kalmamalı, bu enerjiiyi en aza indirecek çalışmalar da yoğunlaştırmalıdır. Örneğin son yıllarda, öğütme sistemlerine yüzey eylemli maddelerin eklenmesi ile tanelerin yüzey özelliklerini değiştirerek yüzey enerjilerini düşürerek öğütme etkinliğinin arttırılması

fazla ilgi gören araştırma konularından biridir (Öner, 1981).

3. FABRİKANIN TANITIMI

İncelenen çimento fabrikası yaklaşık 1800 dönüm arazi üzerinde, 04.04.1957 tarihinde, 150.000 ton klinker/yıl kapasiteyle; Miag yaş sistem fırın (çap 3,6 m, uzunluk 125 m) ve yardımcı üretim sistemleriyle faaliyete geçmiştir. Bu kapasite ile 1976 yılına kadar şehir ve çevre illerin talebini karşılayabilmiş olmasına rağmen gelişen teknoloji ve değişen ülke koşulları çerçevesinde fabrika; 1976 yılında 800 ton klinker/gün (275 000 ton/yıl) olan kapasitesini, 3,6 m çaplı ve 52 metre boyunda MIAG kuru sistem döner fırın hattı ilavesi ile 425.000 ton klinker/yıl'a çıkartmıştır.

Üretiminde fuel-oil kullanılan II. Döner fırın (kuru sistem) ünitesinde 1980 yılında yerli yapım dik değirmenin devreye alınması ile tamamen kömür kullanılmaya başlanmıştır.

1987 yılında II. Döner fırın ünitesi üretim kapasitesi 1500 ton klinker/gün düzeyine çıkartılarak, I.döner fırın ünitesi tamamen durdurulmuştur. Bu kapasite artışına karşılık; 350 t/h kapasiteli ikinci bir Miag hammadde kırıcısı devreye alınarak 1 nolu kırıcı tamamen alçı taşı ve tras kırma işlemlerine tahsis edilmiştir.

Kırılmış kalker veya kilin stok hole nakli için de 400 t/h kapasiteli 2. Bir hammadde nakil hattı yapılmıştır. Mevcut 4x8 m tek kamaralı bilyalı farin değirmeni girişine çekiçli kırıcı ünitesi konularak farin hazırlama kapasitesi 130 t/h'e çıkarılmış ve ön ısıtıcı binasındaki tüm mekanik aksam sökülerek Polysius-Prepol / AT tipi prekalsinasyonlu 4 kademeli ön ısıtıcılı sisteme geçilmiştir. Bu kapasite artışıyla birlikte; elektro filtre giriş ve çıkışında düzenlemeler yapılmış, soğutma kulesi ve bacaya kadar olan tüm sistemin gaz boruları ile ön ısıtıcı ve elektro filtre çıkış vantilatörleri yenilenmiştir.

1988-1990 yıllarında, mevcut 3,4 x 15 m iki kamaralı açık tip 60 t/h kapasiteli II nolu çimento değirmeni Sepol 250/4 seperatör ile kapasitesi 75 t/h'e çıkarılmıştır.

II. Döner fırın yakıt sistemi için merkezi 500 m³' lük bir hazır kömür silosu ana brülör ve kalsinatör brülörü için iki ayrı Poldos kömür dozaj ve sevk sistemi mevcuttur. Fırın ana

brülörü, Pillard Rotaflam brülör ile yenilenmiş ve % 100 doğalgaz yakma sistemi kurulmuştur.

Farin hazırlama ünitesinden II. çimento değirmenine kadar olan tüm ünitelerde tam otomasyona geçilmiştir. Kimya Laboratuvarı ve Proses Kontrol Laboratuvarı modernize edilerek kalite kontrol daha sistematik hale getirilmiştir. Klinker hammadde homojenizasyonu Pfaff numune alma sistemi yatırımı ile standart sapma değerleri azalmış, numune alma işlemi daha sistematik ve kolay hale getirilmiştir. Bununla birlikte ocaktan nihai ürünlere kadar her noktada kalite kontrol takibi standartlaştırılmıştır.

2006 yılında fabrika yönetiminin el değiştirmesinin ardından; 2007 yılında 85 ton çimento/saat kapasiteli III. bilyalı değirmen, 2008 yılında 2300 ton klinker/gün kapasiteli Fls marka yeni klinker üretim hattı ve homojenizasyon sistemi ile beraber devreye alınmıştır.

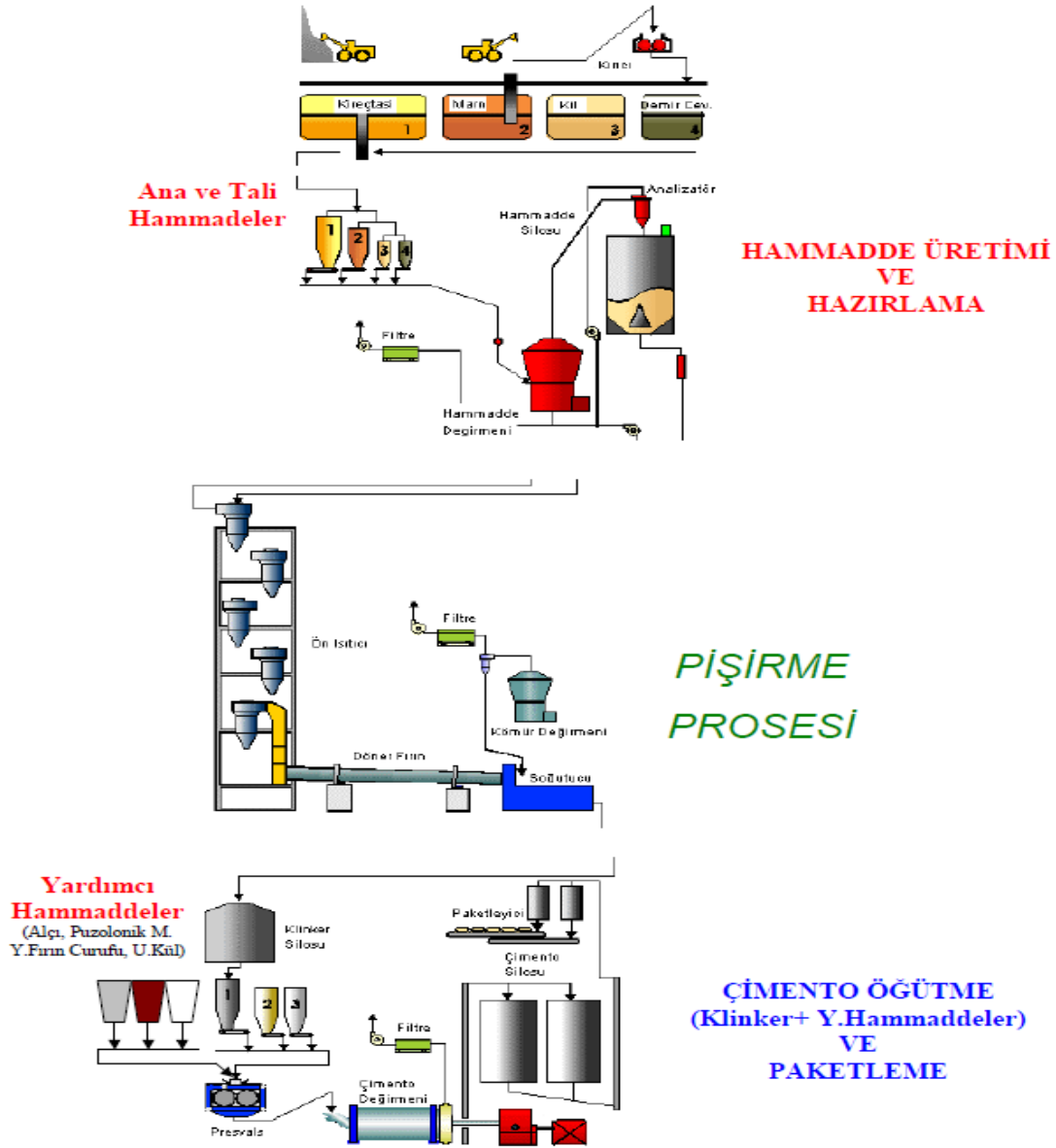
2008 yılında I. döner fırın kömür besleme sistemleri Schenck marka sevk sistemleri ile ve kafa kömürü alev borusu Fct alev borusu ile değiştirilerek 1750 ton klinker/gün kapasiteye ulaşmıştır.

Şirket son 10 yılda yapmış olduğu yatırımlarla Türkiye'deki yaklaşık 48 klinker üretici fabrika içinde;

- Baca gazı temizliği, tozsuzlaştırma ve çevre temizliği yönünden öncü kuruluşların başında gelmektedir.
- Ülkemizde kuru sistem üretim hattına prekalsinasyonlu sistemle kapasite artışına giden ilk 5 fabrikadan biridir.
- Klasik sistem laboratuvara ve üretim hattına proses otomasyonu uygulayan ilk 3 fabrikadan biri olup bugün içinde bu konudaki teknolojisiyle ilk 5 fabrika içindedir.

Fabrikanın iş akış şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çimento fabrikası üretim akış şeması



Şekil 3.1 Fabrika üretim akış şeması

4. FARİN HAZIRLAMA ÜNİTESİNİN TANITIMI

4.1. Farin

Farin hazırlama ünitesi, ocaktan gelen kalker, kil ve düzeltici maddelerin öğütülüp fırın için pişmeye hazır hale gelen malzemenin hazırlandığı birimdir.

Doğada bulunan hiçbir malzeme düzenli bir homojenlikte bulunamaz. Bunun için hammadde hazırlama, iyi bir klinker ve çimento üretiminin temel şartlarındandır. Bunun için yukarıda bahsedildiği gibi bu iş için sürekli geliştirici çalışmalar yapılmakta ve uygulamaya konulmaktadır. Bu, doğrudan üretim ekipmanlarında olduğu gibi tayin edici cihazlarda da olmaktadır. Yapılan araştırma ve geliştirme daha iyi bir hammadde hazırlamayı hedeflediği gibi üretim maliyetlerini aşağı çekmeyi de hedeflemektedir. Hammadde öğütmek için bilyalı değirmenler ağırlıklı olarak kullanılmaktayken bugün artık dik değirmen dediğimiz valsli değirmenler kurularak hem üretim artışı sağlanmakta, hem daha iyi dağılım veren farin üretilmekte, hem de birim maliyetler aşağı çekilmektedir.

Değirmenlerdeki gelişmeye paralel olarak daha iyi malzeme hazırlığı için analiz cihazları konarak daha istikrarlı, homojen farin üretimi yapılarak üretilen klinkerinde iyileşmeler sağlanmakta, pişirme maliyetleri aşağı çekilmekte ve fırında pişirme esnasındaki rejim değişiklikleri önlenerek kalitenin sürekliliği sağlanmaktadır.

Fabrika 1976 yılında kurulan 4m çapında, 8m boyundaki bilyalı değirmen farin öğütme için kullanılmaktadır. 65 t/h kapasiteli olarak kurulan değirmene 1987 yılında fırındaki kapasite artışına paralel olarak Tandem çekiçli kırıcı ilave edilerek bugün ortalama 120 t/h kapasiteye ulaşılmıştır.

Kalker, kil ve düzeltici maddelerin bunkerlere alınarak tandem çekiçli kırıcıya beslenir. Tandem çekiçli kırıcıda ısının etkisi ve çarpma-savurma ile kırılan malzeme dinamik seperatörden geçirilip incesi ayrılarak irisi bilyalı değirmene öğütülmek üzere gönderilmektedir. Bilyalı değirmende malzeme hareketini emiş fanları sağlamaktadır. Emiş fanlarından geçen malzeme dinamik seperatörlerden geçerek incesi sistemi terk ederken irisi tekrar sistemde tandem kırıcıya geri dönmektedir. Bilyalı değirmenlerde ve çekiçli kırıcıda

astarı aşınmadan korumak için aşınma plakaları kaplanmıştır. Değirmendeki plakaların bir özelliği de bilyaların daha iyi savrulması olarak öğünmeyi daha iyi sağlamaktır. Bir diğer özellikleri de bilyaların tasnifidir. 30-70 mm arasında bilya ebatlı toplam 93 ton bilya vardır. Düzenli kontroller yapılarak değirmen içindeki aşınan bilya miktarı ilave şarjla takviye edilmektedir. Gerekli sıcak gaz ise fırın atık gazlarından çekilmektedir. Burada önemli olan faktörler şunlardır;

- beslenen malzemenin rutubeti,
 - beslenen malzemenin sertliği,
 - beslenen malzemenin öğütülebilirliği,
 - değirmen hava sirkülasyonu,
 - değirmen bilya şarjı,
 - değirmen bilya dağılımı,
 - değirmen plaka dizaynı.
- } Dört parametre üzerinde durularak çalışma yapılmıştır.

Değirmen çıkış ızgara açıklıkları üretim kapasitesine etki eden başlıca faktörlerdir. Bunlardan bir kısmı mekanik, bir kısmı teknolojik ve bir kısmı da çalışma şartlarıyla alakalı faktörlerdir.

Farin sisteminin takibiyle görevli değirmencinin görevi; sistemin kontrolünü yapmak, malzeme ikmalini düzenli olarak takip etmek, yağlama-temizlik işlerini yapmak, gerekli kontrol ve bakımları yapmak veya yaptırmaktır. Kumanda operatörü ise değirmenin optimum şartlarda çalışmasını sağlamak, göstergeler vasıtasıyla gerekli kontrolleri yapmaktır.

Laboratuvar hammadde hazırlama biriminin vazifesi ise numune çalışan sistemden numuneler alarak fırın için farin hazırlanmasını sağlamaktır.

Farinin kimyasal bileşiminin yanında incelik ve rutubeti de kontrol edilmektedir. Bu arada günlük olarak ve belirli zaman aralıklarında değirmenin performansı (tonaj, enerji sarfı, plaka ve bilya tüketimi) kontrol edilerek sürekli takip altında tutulmaktadır.

Farin içinde kontrol edilmesi gereken oksitler:

MgO: Standartlarda max. %5 olmakla beraber % 2' yi geçmesi istenmez. Çünkü fazlası klinkerde fazlara bağlanamayacağı için, betonda genleşmeye neden olur.

Alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$): Betonda alkali-agrega reaksiyonuna gireceğinden, alkali genleşmesi olur.

Klor (Cl): Standard'da max. %0,1 olması istenir. Çünkü hem betonda korozyona sebep olur, hem de proseste yapışmalara sebep olur.

Kükürt (S): Fazlası klinkerde CaSO_4 olarak çıkar ve alçı taşı miktarına sınır getirir, baca gazında SO_2 miktarı artar, ön ısıtıcıda tıkanıklara ve fırında anazast oluşumuna sebep olur.

Demir cevheri, kil ve kalkerin öğütülmüş ve karışmış hali olan farin iki aşamada üretilmektedir.

4.2. Tandem Çekiçli Kırıcı

Bunkerlerde stoklanan 0-60mm boyutundaki malzeme dozimat adı verilen tartım kontrollü besleme bantlarıyla 2,4 m/s hızla çalışan ana besleme bandına ve oradan da çekiçli kırıcıya beslenir. Çekiçler beslenen malzemeyi çarpma ve sıcaklığın etkisiyle kırar. Kırılan malzeme bir fan ile seperatörden geçirilir, ince kısım farin olarak havalı bantlarla homojene silolarına gider. İri kısım ise esas öğütmenin yapıldığı farin değirmenine bantla gönderilir. Burada kullanılan sıcak gaz 250-300 °C'dir. Bu sıcak gaz döner fırın çıkışından elde edilir.

4.3. Bilyalı Farin Değirmeni

Kırıcıda tam olarak öğünmemiş olan iri malzeme 4m çaplı, 8m uzunluğundaki tek bölmeli değirmende bilyalar ve fırın sıcak atık gazı etkisi ile kurutularak öğütülür. Öğünen malzeme fan yardımıyla emilerek seperatörden geçirilir. İnce kısım farin olarak homojene silolarına, iri kısım ise yeniden tandem kırıcıya geri döner.

Değirmende; değirmenin iç kısmını koruyan astar plakalar ve öğütmeyi gerçekleştiren 70, 60, 50, 40, 30 mm çaplı bilyalar bulunmaktadır. Belirli periyotlarda yapılan kontrollerle

bilya ve plakalardaki aşınmalara bakılır ve gerekirse bilya şarjı yapılır. Malzemenin sert, iri ve rutubetli olması öğünmeyi güçleştirerek enerji sarfiyatını arttırmaktadır.

Homojene silolarına giden farinden 1 saat boyunca biriktirilen numune otomatik numune alma sistemi ile laboratuara getirilip X-Ray cihazında analizi yapılarak gerekli hammadde kompozisyonuna göre kalker, kil, demir cevheri yüzdeleri otomatik olarak ayarlanır. Merkez kumanda odasından değirmenin çalıştırılıp durdurulması ve takibi yapılır.

5.YAPILAN KONTROLLER VE İYİLEŞTİRMELER

Kapasiteyi artırmak ve enerji tüketimin azaltmak amacıyla 5 parametre üzerinde kontroller yapılmış olup, 4 parametrede iyileştirme imkânı bulunmuştur.

5.1. Numune Alım Noktalarından ve Numune Alımından Kaynaklanabilecek Hataların Kontrolü

Değirmen enerji optimizasyonu sürecinde sabit boyut hedefinde çalışma zorunluluğu olduğundan süreç içerisindeki değişik numune alım noktaları incelenmiş ve çalışanların bu konudaki bilinci ve numune alımından kaynaklanabilecek hatalar araştırılmıştır. Numune alımından kaynaklanabilecek hatalar laboratuvar sonuçlarının hatalı olmasına yol açabileceğinden operasyonel süreçte hatalı seperatör değişikliğine neden olabilecek ve belki de gereksiz yere yüksek seperatör devri ile çalışılması ile değirmen yükü artırılarak kapasite düşmesine yol açacaktır. Bu amaçla; numune alım noktaları fotoğraflar ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Tandem seperatöründen boyutuna göre ayrımı sağlanan farinin ince ve istenilen boyuta indirilmiş olanları direk olarak homojene silolara gider. Sevk işlemi havalı bantlar vasıtası ile yapılır. Uzun sevk hattında değirmen seperatöründen ayrımı yapılanlar ile beraber karışır. Bu karışım olmadan önce tandem seperatör çalışma kontrolü için numune alımına ihtiyaç duyulur.

Değirmen seperatöründen ayrıştırılarak istenilen seviyede öğünmemiş malzeme tekrar tandem kırıcıya beslenmektedir. Bu besleme öncesi değirmen seperatörü dönüş ürününden numune alınmaktadır.



Şekil 5.1 Tandem seperatör ürün havalı bandı



Şekil 5.2 Değirmen seperatör geri dönüş bandı



Şekil 5.3 Tandem seperatör geri dönüş bandı



Şekil 5.4 Değirmen seperatör ürün siklonet altı helezon

Tandem seperatöründen geri dönen iri boyuttaki malzemeler farin değirmenine beslenmektedir. Değirmene giren malzemenin parça boyut tayini için numune alınır. Bu boyut

değirmenin kapasitesini olumlu ya da olumsuz etkileyebileceği gibi değirmen içi hızları da etkilemektedir.

Değirmen seperatöründen ayrımı yapılan ve istenilen inceliğe gelen farin siklonetlerde çökertilerek tandem seperatöründen gelen istenilen incelikteki farin ile karışarak homojene siloya gider.

Tesis çalışanları ile tek tek numune alımı gerçekleştirilmiş olup aralarında numune alım noktalarında farklı bilgi ve uygulamalar olduğu görülmüştür. Bu farklılık çalışanların zaman içerisindeki değişimlerinden kaynaklanmıştır. Talimatlarda, numune alım noktalarının tariflerindeki genel ifadeler düzeltilerek detaylı tanımlamaları yapılmıştır. Bunun yanında fotoğraflar ile bu noktalar çalışanlara dağıtılmış, 2 haftalık numune alım süreç takibi yapılmıştır. Tüm çalışanlar doğru numune alarak laboratuara göndermeye başladıktan sonra laboratuvarın ölçüm sistemi sorgulanmıştır.

5.2. Laboratuvar Analiz Sonuçlarından Gelebilecek Hataların Kontrolü

Buradaki amaç laboratuvar operatörlerinin ölçümlerinden gelebilecek olası bir varyasyonun tespit edilerek önleminin alınması, analizden kaynaklanabilecek hatalı değirmen operasyonlarının önüne geçilmesidir.

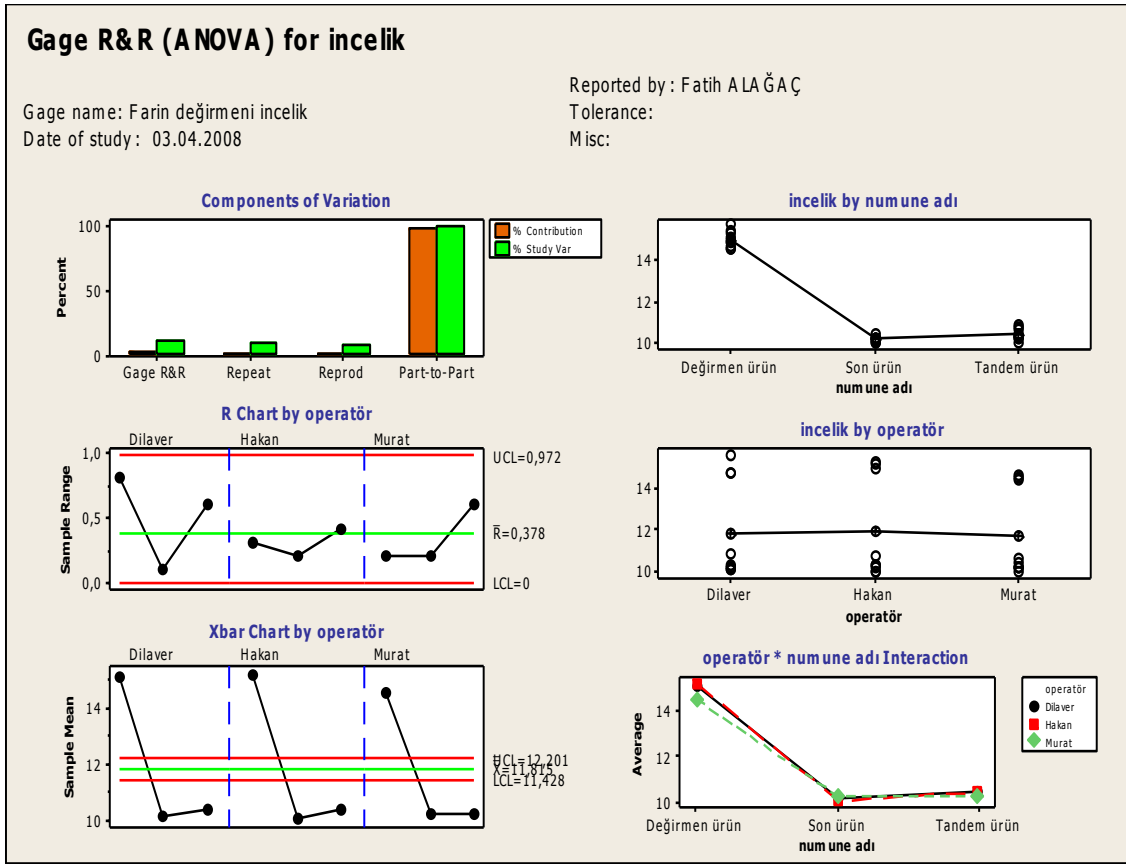
Çalışma konusu olan değirmen optimizasyonundaki alt kriter olan sabit incelik için alınan numunelerde, eğer ölçüm hatası var ise değirmen seperatör devir değiştirilmesi ile ayar yapılması gerekecek, bu da gereksiz geri dönüş miktarının artması ve devre yükünün artması ile değirmen kapasitesinin düşmesine neden olabilecektir. Bu nedenle ölçüm sisteminin yeterliliği analizi olan Gage R&R analizi Minitab V15 programı kullanılarak yapılmıştır.

Şekil 5.5'de verilen şahit numune analizleri 3 ayrı noktadan alınmış olup aynı numuneler laboratuvarında çalışan operatörlere 3 gün boyunca farklı numaralar ile gönderilmiştir.



Şekil 5.5 Farin hazırlama ünitesinden alınan incelik numuneleri

Bulunan sonuçlar Şekil 5.6’da görüldüğü gibi operatörlerin kendi içersinde ve birbirleri arasında mukayese edilerek varyans gösterdiğini, ancak bunun 0,7 mikron seviyesinde kalmasından ve değirmen seperatör değışiklik şartının 1 mikron hedef dışındaki durumlarda gerçekleşmesinden dolayı tolere edilebilir olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.6 Gage R&R analizi

Bu kontrol ile analizden ve numune alımından gelebilecek hataların kaldırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla numune alımından ve numune analizlerinden gelebilecek varyanslar incelenmiş ve irdeleme sonucunda bunların tolere edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

5.3. Tandem Kırıcı Çekiç Aşınma Profiline Kontrolü

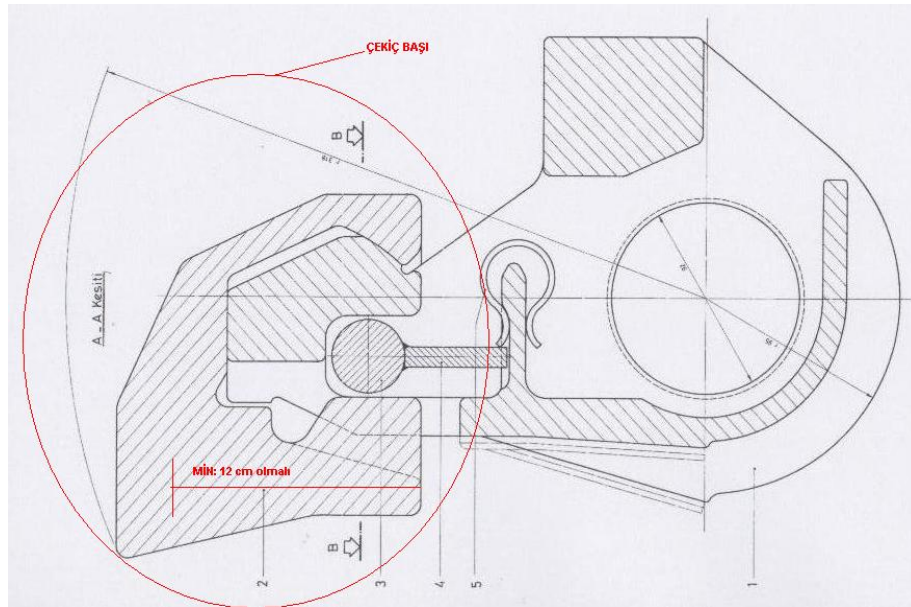
Tandem kırıcı çekiçleri aşınması takip edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Takip süreci 76 gün sürmüştür ve toplamda 220.000 ton hammadde kırılmıştır. Sonucunda çekiç başlarının değişmesi ile başlangıç 117 t/h'lik öğütme kapasitesine çıkmıştır. Çekiç başı ile astar plakalar arasındaki mesafe arttığında bilyalı değirmene daha iri ebatla malzeme beslendiğinden kapasite düşüşüne neden olmaktadır. Çizelge 5.1'de çekiç başının aşınma miktarı ile bilyalı değirmen kapasitesinin düştüğü gösterilmektedir ve Şekil 5.7'de tandem kırıcı çekiç başı ve gövdesi verilmektedir.

Bu sonuçla tandem çekiç aşınmasının değirmen tonajına olan bariz etkisi nedeniyle Makine Bakım grubu tarafından rutin çekiç aşınma profili çıkarılmaya başlanılarak (Çizelge

5.1) kritik seviye öncesi hazırlık yapılmaya başlanılmış ve değişimler düzenli hale getirilerek değirmen performansının limit değer altına düşmesi engellenmiştir.

Çizelge 5.1. Tandem kırıcı çekiç profili aşınma takibi

	Çekiç Başı Ölçümü (cm)	Değirmen Tonajı (tonfarin/saat)
ölçüm 1	17,5	117
ölçüm 2	17,2	117
ölçüm 3	16,9	116
ölçüm 4	16,4	116
ölçüm 5	16,1	115
ölçüm 6	15,4	114
ölçüm 7	14,3	113
ölçüm 8	13,5	112
ölçüm 9	12,9	111
ölçüm 10	12,5	108



Şekil 5.7 Tandem kırıcı çekiç gövdesi ve çekiç başı

5.4. Farin Değirmeni Bilya Şarjı Kontrolü

Rutin çalışma şartlarında aylık olarak değirmenden, bilya ile astar plaka arasındaki mesafe ölçümü yapılarak boşluk çıkarılması ve buna göre ihtiyaç bilya miktarı hesaplanması sorgulanmıştır.

Mevcut ölçüm sistemi yerine değirmendeki ağırlıkça % bilya şarj dağılımları çıkarılabilmesi için; değirmenin 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5 ve 7.5 metrelerinden çizgi halinde bilya numuneleri çıkarılarak ayrı ayrı istiflenmiştir.

Öncelikli olarak her bilya yığını kendi içerisinde çaplarına göre ayrılarak sayılmıştır.

Ardından her grup içerisinde aynı çaptaki bilyalardan karma bir yığın hazırlanarak sayılmış ve tartılmıştır. Buradaki amaç değirmendeki aynı çapta kabul edilen bilyaların ortalama ağırlığının bulunmasıdır.

Daha sonra ortalama bilya ağırlıklarına göre her bir numune hattındaki bilya yüzdeleri Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi çıkarılmıştır.

Çizelge 5.2 Bilya dağılım analizi

Çap (mm)	Adet	Toplam Ağırlık (kg)	Birim Ağırlık (kg)	Dağılım (%)	Nominal Şarj (ton)	Ölçüm (%)	Fark (%)	Bilya Şarjı (ton)
70	56	73	1,26	12,41	12	12,90	-0,49	0,05
60	313	230	0,73	39,12	29	31,18	7,93	0,85
50	282	128	0,45	21,77	23	24,73	-2,96	0,32
40	546	139	0,25	23,64	16	17,20	6,44	0,69
30	170	18	0,11	3,06	13	13,98	-10,92	1,17
Topla	1367	588	4,48	100	93	100		

Ölçüm ve analiz sonucunda bilinenin aksine en büyük bilya çapı ile şarj yapmak yerine en küçük çap olan 30mm ihtiyacı olduğu görülmüş ve şarj gerçekleştirilmiştir.

Şarj öncesi değirmen tonajı 116 tonfarin/saat seviyesinde iken, şarjın ardından 119 tonfarin/saat seviyesine yükselerek %2,3 kapasite artışı sağlamıştır.

5.5. Farin Değirmeni Plaka Dizaynı Kontrolü

Bilyalı değirmen yardımcı tahrikte çevrilerek kaskaden hareketi gözlenmiştir. Tasnif plakalarının set yüksekliğinin düşük olmasından dolayı değirmen çıkış tarafında bilyaların değirmen içerisinde yeterince yükselmediği için iş görmediği görülmüş (Şekil 5.8), deneme

amaçlı olarak yüksek setli 24 adet plaka şaşırtmalı olarak aralara döşenmiş ve tekrar bakılmıştır. Yüzme hareketinin azaldığının görülmesi üzerine tasnif plakalarının tamamı Poz 3 adı verilen çift dalgalı ve 3,5cm set yükseklikli plakalar ile değiştirilmiştir (Şekil 5.9). Bunun sonucunda değirmen tonajı 117 tonfarin/saat'lik ortalamadan 119,2 tonfarin/saat ortalamaya yükselmiştir.



Şekil 5.8 Bilyalı değirmen tasnif plakalarının değişimden önceki görünümü

Şekil 5.9'da değirmen çıkış tarafındaki plakalarda neredeyse hiç set kalmadığı görülmektedir. Bu durum bilyaların dönme esnasında yukarı tırmanmayı engellemekte ve öğütme performansını düşürmektedir.



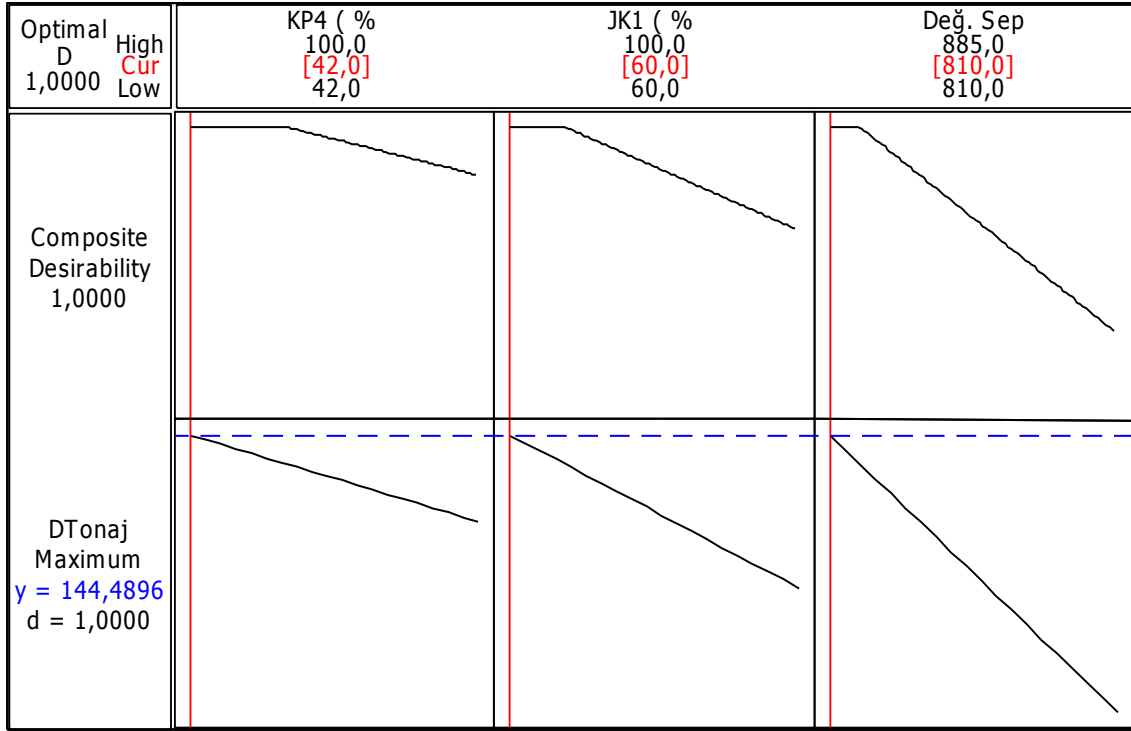
Şekil 5.9 Bilyalı değirmen tasnif plakalarının değişimden sonraki görünümü

5.6. Farin Değirmeni Gaz Hızı Kontrolü

Değirmen sisteminde gaz ölçümleri yapılmış ve değirmen içi gaz hızı tespit edilmiştir. Bilyalı değirmenlerde olması gereken 2-3 m/sn'lik gaz hızının aksine ölçülen 3,55 m/sn olan hızın düşürülebilmesi için sistem gaz ayar klapeleri takip edilmiştir. Gaz hızının yüksek olduğu durumlarda öğünme gerçekleşmeden değirmeni terk eden taneler seperatörden geri dönerek performansı düşürdüğü gibi, giriş tarafındaki yüksek hız malzemelerin ilk metrelerde azalmasına ve dolayısıyla bilya plaka arasında çarpmanın artmasıyla plaka kırılmalarına neden olmaktadır. Bu amaçla uygun klape değerleri saptanarak hızın düştüğü (2,8 m/sn) gözlenmiştir. Klape ayar takip tablosu Çizelge 5.3' de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Klape ayar takip tablosu

Ölçüm No	Değ. Tonajı (t/h)	KP2 (%)	KP3 (%)	KP4 (%)	JK1 (%)	KP5 (%)	KP6 (%)	Tandem sep. (%)	Değ. Sep (rpm)	Hız (m/s)
1	116,9	100	100	100	100	55	20	60	920	3,33
2	118	100	100	100	100	80	20	60	983	3,45
3	108,3	100	100	100	100	80	15	60	940	3,26
4	142,5	100	100	100	95	70	15	60	985	4,2
5	105,8	100	100	100	95	75	20	55	980	3,1
6	108,9	100	100	90	100	85	20	50	1035	3,55
7	122,5	100	100	100	100	70	25	50	1060	2,8
8	113,3	100	100	100	100	75	15	50	1082	3,26
9	109,4	100	100	100	95	80	15	50	1085	3,19
10	111,7	100	100	100	80	80	15	50	1090	3,78
11	105,5	100	100	85	100	70	15	50	1100	3,99
12	113	100	100	100	100	65	10	50	1100	3,46
13	128,3	100	100	95	100	95	20	50	1110	3,05
14	120,1	100	100	100	100	75	15	50	900	3,48
15	116,5	100	100	95	100	75	15	50	1100	3,45
16	114	100	100	100	100	60	10	50	1055	3,26
17	113,6	100	100	100	100	65	15	50	1098	3,26
18	120,5	100	100	100	100	65	15	50	1100	3,19
19	118,6	100	100	95	95	70	15	50	800	3,78
20	119,9	100	100	100	90	80	15	50	1000	3,55
21	109,7	100	100	100	100	70	12	50	1180	2,85
22	111,7	100	100	100	100	65	10	50	1170	3,26
23	116,6	100	100	95	95	55	15	50	1200	3,05
24	110,8	100	100	100	100	55	10	50	1290	3,48
25	131,9	100	100	100	50	65	15	50	1000	3,45
26	103,4	100	100	100	100	55	10	55	1235	3,19
27	112,4	100	100	100	100	60	15	50	1200	3,78
28	116,8	100	100	100	95	65	15	50	1000	3,55
29	113	100	100	100	100	60	12	50	1200	3,26
30	99,7	100	100	80	80	55	15	50	1000	3,19
31	113,7	100	100	80	100	70	15	50	1215	3,78
32	123,3	100	100	80	100	80	15	50	1000	3,46
33	117,9	100	100	80	80	70	15	50	1255	3,05
34	113,6	100	100	85	100	65	12	50	1270	3,48
35	127,9	100	100	80	100	70	15	60	1135	3
36	112,8	100	100	80	80	75	12	70	870	2,97
37	115	100	100	80	90	65	15	70	885	2,9
38	119,8	100	100	70	80	75	15	70	855	3,33
39	117,5	100	100	75	95	75	15	70	845	3,43
40	120,2	100	100	70	100	65	15	70	800	3,67
41	115,9	100	100	70	100	80	15	70	850	3,19
42	110,7	100	100	70	80	80	15	70	885	3,29
43	121,4	100	100	70	100	75	20	70	860	3,47
44	112,9	100	100	70	100	75	20	70	850	3,58
45	145,3	100	100	70	80	90	20	70	800	3,61
46	114	100	100	70	100	75	12	70	885	2,88
47	109,4	100	100	70	100	85	15	70	880	3,44
48	119,4	100	100	85	100	70	15	70	840	3,64
49	133,7	100	100	85	100	85	20	70	790	3,09
50	117,6	100	100	70	85	80	15	62	800	3,7



Şekil 5.10 Deney tasarımı

Deney tasarımı sonunda (Şekil 5.10) en etkili klapelerin JK1 ile KP4 olduğu ve bunlardan JK1 % 60, KP4 % 42 çalışıldığında en uygun gaz hızı ile değirmen performansının arttığı tespit edilmiştir.

Değirmendeki gaz hızı ölçümleri ise A.Güven, 2007'e göre yapılmıştır. Ölçümler dinamik basınç üzerinden yapılarak ölçüm alınan kesitteki bu basıncı yaratacak debi ve bu kesitteki debinin hızının bulunması şeklindedir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Farin değirmeni gaz ölçümü

FARİN DEĞİRMENİ GAZ DEBİ ÖLÇÜMÜ

PLANT :	eskişehir
Date :	3.07.09
Hour :	14:00
Duct :	nokta 2
Name :	fatih

Duct

Circular : DIAMETER (m)	1,40
Rectangular : HEIGHT (m)	
Rectangular : WIDTH (m)	
Aeraulic surface (m2)	1,54

TEMPERATURE (°C)	102
STATIC PRESSURE (Pa)	2068
STATIC PRESSURE (mmWG)	210,88

Pitot coefficient	1,00
-------------------	------

Dust concentration (g/m3)	5
Dust concentration (Kg/Nm3)	0,01
Dust flow (t/h)	0,839

Barometric Pressure (mmWG)	
or	
Altitude "h" (m)	850
Barom P @ alt. "h" (mmWG)	9.292,7
Barom P @ alt. "h" (Pa)	91.097,1

Avg. dyn. pressure. (mmWG)	0,00
RHO w/o dust (kg/m3)	0,866
RHO with dust (Kg/m3)	0,871
MV caculation w/o P&T corre	1,237
Correction P°&T° Pitot	0,669
Calculated MV	0,8279

VELOCITY (m/s)	3,14
FLOW (m3/s)	4,83
FLOW (Nm3/s)	3,24
FLOW (m3/h)	167.853
FLOW (Nm3/h)	112.372

75% rule:

	Minimum number of points				0			
	Dynamic pressures in mmWG				Dynamic pressures in Pa			
1	31,00				304,00			
2	23,56				231,00			
3	26,41				259,00			
4	11,73				115,00			
5	14,89				146,00			
6	9,79				96,00			
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
	VAL maxi : 31,00				NB VAL : 6			

Gaz composition			
	Dry	Hum	AIR
% H2O	-	3,00	0
% CO		0,00	0
% CO2		0,00	0,03
% O2		0,00	20,93
% Ar		0,00	0,93
%N2	-	####	78,11

6.GENEL SONUÇLAR

Çalışma sonucunda;

- ✓ Ölçüm sistemi sorgulanmış, Gage R&R analizi ile ölçümden gelen varyans incelenmiştir. Tolere edilebilir bir varyans bulunmuştur.
- ✓ Sistemde primer kırıcı olarak görev yapan tandem çekiçli kırıcı çekiç başı aşınma profili takip edilerek aşınmanın 117 tonfarin/saat kapasiteden 108 tonfarin/saat kapasite seviyesine düşerek %8 lik kapasite gerilemesine sebep olduğu tespit edilerek kritik çekiç değişim noktası belirlenmiştir.
- ✓ Değirmen bilya şarj yapış şekli sorgulanarak aşınan bilya miktarı için en büyük çaplı bilyayı şarj etmek yerine ağırlıkça yüzde dağılım hesaplaması ile doğru çaplı bilya şarjı yapılmıştır. Şarj dağılımının yeni hesaplama şekli ile revizyonu sayesinde 116 tonfarin/saat' lik kapasite 119 tonfarin/saat seviyesine çıkarak % 2,3 lük bir kapasite artışı sağlanmıştır.
- ✓ Farin değirmeni plaka dizaynı kontrolü ile değirmen kapasitesi 117 tonfarin/saat seviyesinden 119,2 tonfarin/saat seviyesine çıkarak %1,02' lik bir artış sağlamıştır.
- ✓ Sistemdeki gaz hesaplamaları yapılarak buna etkili olan klapeler belirlenmiş ve bunlara dayalı deney tasarımı ile en uygun çalışma şartları ile değirmen içi gaz hızı düşürülerek geri dönüş miktarı azaltılmış ve devreden yükün düşmesi sayesinde belirgin sonuçlar elde edilmiştir. Plaka sarfiyatı azalarak 17,04 grplaka/tonfarin sarfiyatı 7,08 grplaka/tonfarin seviyesine gerilemiştir. Yıllık ortalama 780.000 ton farin üretimi yapılan bir sistemde Nisan 2010 verilerine göre yaklaşık 28.000 TL tasarruf edilmiştir.

Çalışma başlangıcından itibaren çalışılan 4 parametre ile yıllık ortalamada 110,9 tonfarin/saat' lik kapasite 121,2 tonfarin/saat kapasitesine ulaşarak %9,3'lük tonaj artışı ile 1,49 kWsaat/tonfarin (Konkasör, gezer vinç, kompresör, ışıık+muhtelif, değirmen+kırıcı dâhil,

trafo ve hat kayıpları hariç) enerji tasarrufu elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar enerji raporlarında beyan edilerek maliyet hesaplamalarında kullanılan reel verilerdir.

Beslenen malzeme boyutu, rutubeti, öğünebilirliği kapasiteyi etkileyen diğer faktörler olup bunlar sayesinde de kapasite artışı ve dolayısı ile enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür.

Yapılan çalışmaların tamamı talimatların güncellenmesi ile sürekliliği ve izlenebilirliği sağlanmıştır.

Çalışma sonucu sadece şirket kazancı olmayıp tüm çalışanlar için bir eğitim süreci çerçevesinde geçmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ellerbrock H. G. ve Mathiak H., 1995, Öğütme Teknolojisi ve Enerji Kullanımı, Çeviren(P. Türker),TÇMB cilt:32, sayı:336.
- Öner M., 1997, Çimento endüstrisinde eski düşünceler yeni öğütme teknolojilerine dönüşüyor, TÇMB Eğitim ve Değerlendirme Müd.'lüğü Ders Notları Serisi, Ankara
- Necati Yıldız, 1999, Öğütme, teorisi, uygulaması, değirmenler ve sınıflandırıcılar, Kozan Ofset Matbaacılık ve Tic. Ltd. Şti., Ankara
- Güven,A., 2007, Üretim süreçlerinin iyileştirilmesi, Çimsa Çimento Bülteni, sayı:65
- Rumpf, H., 1962, Dechema Zerkleinern Sympson
- Utine, M.T., 1975, Öğütme Kinetiği: TÜBİTAK V. Bilim Kongresi {Maden - Metallurji Seksiyonları), 55-76.
- Bayraktar, T, 1975, Kırmada malzeme özellikleri ve kırma mekanizmasının etkisi; enerjinin kullanılması: Madencilik Dergisi, 16, 3, 29-34.
- Öner, M., 1981, Sodyum Oleatın Kuvarsın çok ince öğütülmesi üzerindeki etkileri, Madencilik Dergisi, Cilt 20, Sayı 1-2, 23-35.