

Çimento Üretim Teknolojisinde Kullanılan Ana Ekipmanlar

Main Equipment Used in Cement Production Technology

Öykü Bilgin^{1*}, Ercüment Koç²

¹Şırnak Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak

²Atatürk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Erzurum

* Sorumlu Yazar: ykbilgin@yahoo.com

Özet

Çimento hammaddeleri olan kalker ve şist; patlatmalı kazı yöntemi ile kazıcı-yükleyici, sondaj, kompresör, taşıyıcı gibi ekipmanlar yardımıyla ocaktan çıkarılmaktadır. Öğütülmüş kalker ve diğer hammaddeler belirli oranlarda karıştırılmakta ve döner fırınlarda pişirildikten sonra klin-ker elde edilmektedir. Çimentonun ana malzemesi olan yarı mamul klinker ve istenilen çimento çeşidine göre alçı taşı, tras, kül, demir gibi diğer katkı maddeleri ile karıştırılarak çimento de-ğirmeninde öğütülmesiyle toz halindeki bağlayıcı olan çimento elde edilmektedir. Elde edilen çimento yatayda havalı bant ve düşeyde elevatör aracılığı ile çimento silolarına taşınmakta ve stoklanmaktadır. Bu stoklardan paketleme ünitesinde paketlenerek veya dökme olarak satışa sunulmaktadır. Bu çalışmada örnek bir çimento fabrikasında kullanılan kırıcılar, farin de-ğir-menleri, döner fırın, çimento de-ğirmenleri, taşıyıcılar ve silo gibi ana ekipmanların özellikleri anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çimento, üretim, teknoloji.

Abstract

Cement raw materials, limestone and schist, are mined from quarry by applied blasting excavation method with backhoe loaders, drilling, compressors and conveyors. Ground limestone and other raw materials, after mixing specific proportions by clinker in rotary kilns is obtained by cooking. According to the desired type of cement; clinker by adding additives such as gypsum, trass, flyash and iron mixed in cement mill. In this way cement is milled to obtain the binder in the powder form. Obtained cement transported and stocked to silos by pneumatic bands and elevators. Then, offered for sale as in bulk or packaged form by the packaging unit. In this study, described the characteristics of the main equipments for the cement plant such as crus-hers, grinding mills, rotary kiln, cement mills, silos and conveyors.

Keywords: Cement, production, technology.

1. Giriş

Çimento; doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanmaktadır. Çimento tanelerinin gözenek açıklıkları 5-90µ arasında değişmektedir. Diğer bağlayıcı maddeler gibi çimentolar da, CaO, MgO gibi alkalın öğeler ve SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ gibi hidrolik öğelerden oluşmaktadır (Scheneider ve ark., 2011). Çimento bağlayıcılık görevini su ile tepkimeye girdikten sonra kazandığı için hidrolik bağlayıcı olarak adlandırılmaktadır. Çimento hammaddeleri; kalker (kireçtaşı), marn (kalker-kil karışımı) ve kildir. Çimento çeşitleri; portland çimentosu, yüksek fırın cüruf çimentosu, traslı çimento, katkılı çimento ve diğer çimento şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. Çimento üretimi, toprağın doğal kaynaklarından büyük ölçüde yararlanan bir endüstri dalıdır. Çimento üretimi, çok dikkatle ayarlanmış hammaddelerle kimyasal madde karışımından, bunların bünyesini belli bir ölçüde değiştiren işlemlerle üretim yapmayı amaçlamaktadır (Akçansa, 2008; Strazza ve ark., 2011).

2. Çimento Üretiminde Kullanılan Ana Ekipmanlar

Çimento üretiminde kullanılan hammaddeler; hammadde ocaklarından genellikle patlayıcı maddeler yardımıyla çıkarılmaktadır ve yükleyici iş makineleri ile nakil araçlarına yüklenerek kırıcılara taşınmaktadır. Taşınan hammaddeler kırıldıktan sonra stoklanmaktadır. Taşıyıcılar Bantlı konveyör gibi taşıyıcılar yardımıyla stoktan alınan hammaddeler farin değirmenlerde belli oranlarda karıştırılmakta ve öğütülmektedirler. Öğütülen malzeme farin değirmenlerde yaklaşık 1400-1450°C sıcaklıkta pişirilmekte ve elde edilen klinker yarı mamül ürün klinker stok holünde stoklanmaktadır. Daha sonra üretilecek çimento cinsine göre uygun katkılarla çimento değirmenlerinde öğütülmekte ve ayrı ayrı silolarla stoklanan çimento, torbalı ve dökme çimento olarak satışa sunulmaktadır. Tüm bu işlemlerin gerçekleşmesi için kullanılan ana ekipmanlar; hammadde ocaklarında kullanılan ekipmanlar ve fabrikada kullanılan kırıcılar, farin değirmenleri, döner fırın, çimento değirmenleri, taşıyıcılar ve silolardır. Çizelge 1'de örnek alınan hammadde ocaklarında kullanılan ana ekipmanlara ait özellikler verilmektedir. Çizelge 2'de örnek bir çimento fabrikasında kullanılan ana ekipmanlar ve özellikleri gösterilmektedir (Çardak, 2008 Koç, 2008).

	Cinsi	Modeli	Özellikleri
Kazıcı Yükleyici	1. Ekskavatör	Kırıcı	Komatsu PC200 155HP
	2. Ekskavatör	Kazıcı Yükleyici	Komatsu PC300 242 HP
	3. Ekskavatör	Kazıcı Yükleyici	Sumitomo SH-450 335HP
		Yükleyici	
	Kepçe	Yükleyici	Case 921E 290HP
Sondaj	Delici	Dikey delme	Gemsa 2 silindir, 3 teker basit şasi
	Delici	Dikey delme	Böhler 2 silindir, 3 teker basit şasi
Kompresör	Komprasör	Mobil	Atlas Capco XA-350 205 HP
Taşıyıcı	Kamyon	Damperli	Özel üretim 26 ton kapasiteli

Çizelge 1. Örnek alınan hammadde ocaklarında kullanılan ana ekipmanlar ve özellikleri.

	Cinsi	Modeli	Özellikleri
Kırıcılar	1. Kırıcı	Çift Milli - Çekiçli	Humbolt marka 250 t/s kapasiteli
	2. Kırıcı	Çift Milli - Çekiçli	Humbolt marka 250 t/s kapasiteli
	3. Kırıcı	Çift Milli - Çekiçli	Humbolt marka 300 t/s kapasiteli
	4. Kırıcı	Çift Milli - Çekiçli	Humbolt marka 600 t/s kapasiteli
	5. Kırıcı	Tek Milli - Çekiçli	Humbolt marka 150 t/s kapasiteli kömür için
Farin Değirmenleri	1. Farin değirmeni	Bilyalı - Yatay	90 t/s kapasiteli
	2. Farin değirmeni	Bilyalı - Yatay	140 t/s kapasiteli
	3. Farin değirmeni	Bilyalı - Yatay	115 t/s kapasiteli
Döner Fırın	1. Döner fırın	Silindir - Yatay	4.5 m çap, 60 m boy %2-6 eğim
	2. Döner fırın	Silindir - Yatay	4.5 m çap, 60 m boy %2-6 eğim
	3. Döner fırın	Silindir - Yatay	4.5 m çap, 60 m boy %2-6 eğim
Çimento Değirmenleri	1. Çimento değirmeni	Bilyalı - Yatay	F.L. Smidth 2 kamaralı 80 t/s kapasiteli
	2. Çimento değirmeni	Bilyalı - Yatay	F.L. Smidth 2 kamaralı 80 t/s kapasiteli
	3. Çimento değirmeni	Bilyalı - Yatay	F.L. Smidth 2 kamaralı 100 t/s kapasiteli
	4. Çimento değirmeni	Bilyalı - Yatay	F.L. Smidth 2 kamaralı 100 t/s kapasiteli
Taşıyıcılar	Fuller bant	Hava akışlı	Fuller pompa yardımıyla hava akışlı taşıma
	Elevatör	Asansör	Öğütülmüş malzeme sevkiyatı
	Kovalı Bant	Metal	Sıcak klinker sevkiyatı
	Havalı Bant	Hava akışlı	Kuru toz malzeme sevkiyatı
Silolar	Çimento Siloları	Dikey Silindirik	10 adettir toplam 40.000 t kapasiteli
	Hammadde Siloları	Dikey Silindirik	Kırıcılardan sonradır
	Farin Siloları	Dikey Silindirik	Farin değirmeninden sonradır
	Klinker Stokhol	Kubbemsi	Döner fırından sonradır

Çizelge 2. Örnek bir çimento fabrikasında kullanılan ana ekipmanlar ve özellikleri.

Çimento üretim prosesi için gerekli ana ekipmanların özellikleri ve örnek bir fabrikada çimentonun üretim aşamaları aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

2.1. Kırıcılar

Çimento üretiminde gelen hammaddenin üretime girmeden önce belli boyutlara ulaşması gerekmektedir. Aksi takdirde işleme enerjide, iyi kalitede malda ve iş gücünde büyük kayıplarla karşılaşmaktadır (Yiğit, 2008). Ocaklardan çıkan hammaddeler içlerinde belli bir rutubet barındırmaktadır. Malzemenin kırılması ve öğütülmesiyle tane büyüklüğünün azaltılması mad-

denin ana işleme tabi tutulduğunda içindeki rutubetin tamamen kaybolmasını sağlayacaktır. Ayrıca çimento için gerekli olan kimyasal bileşimin oluşturulmasında iyi öğütülmüş ve homojenize edilmiş hammaddenin önemi büyüktür. Kırıcıların bunkerlerine ocaklardan kamyonlarla getirilen malzeme çelik bantların aracılığı ile kırıcılara aktarılır. Örnek alınan çimento fabrikalarında dördü hammadde ve biri de katı yakıt için olmak üzere toplam beş adet kırıcı bulunmaktadır.

1., 2., ve 3. kırıcılar aynı prensiple çalışmaktadır. Çelik bantların yardımıyla konkasörün ortasına düşen parçalar ilk önce burada bir ayırım ve parçalanmaya uğrayarak, mil çevresinde bulunan çekiç darbeleri yardımıyla daha da ufalanarak millerin altındaki eleklerden aşağıya inmektedirler. Buradan lastik bantlar yardımıyla stok hollere aktarılmaktadır.

4. kırıcı kapasite bakımından ve alt kısmında ızgara ve elek olmadığından diğer kırıcılardan farklılık göstermektedir. Bu kırıcıda çelik bantlar yardımıyla hammadde konkasöre alınır konkasörün ilk rotuna çarpan malzeme üstte bulunan plakaya çarpar ve bu plakadan geçerek altta bulunan milin rotuna ve plakasına çarparak geçer. Son kısmında bulunan aralıktan aşağıya düşen malzeme doğrudan stokhole ve kalker homojenizasyonuna dökülmektedir (Güneş, 2008; Koç, 2008).



Şekil 1. Hammadde Homojenizasyon Ünitesi.

2.2. Hammadde Homojenizasyon Ünitesi

5. kırıcı kömür için çalışmaktadır. Kömürler çelik bantlar yardımıyla konkasöre alınmaktadır. Konkasör içindeki silindirlerden aşağı inen malzeme rotor ve silindir arasındaki çekiçlerde parçalanarak son silindirin altından aşağıya inmekte ve doğrudan lastik bantlarla kömür homojenizasyonuna gönderilmektedir. Fabrikada kullanılan yakıtın büyük bir bölümünü oluşturan kömürün belli bir kaloriye yanması için homojenize olması gerekmektedir. Çeşitli kömürler (linyit ve petrokok) fabrikanın stok sahasına gelmektedir. Bu kömürlerin analizi sonucu istenilen kaloriye ulaşmak amacıyla belirli oranlarda kömür homojenizasyon tesisine lastik bantlar ile aktarılmaktadır.



Şekil 2. Kırıcı Görüntüsü.

Kömürde olduğu gibi gelen hammadde de çimento için gerekli belli bir oran olmalıdır. Kalker homojenizasyonu ile bu gerçekleştirilmeye çalışılır. Çimento için gerekli olan CaCO_3 kalkerden sağlanmaktadır. Çeşitlilik göstergesi nedeniyle kalkerin belli oranda CaCO_3 mitarında hazırlanması gerekir. Bunun sağlanması içinde homojenizasyondan geçen kalkerler çimentoya eklenir. Ayrıca homojenizasyonda çimentonun kimyasal bileşimini sağlayacak olan diğer maddelerinde (kum, şist, demir ve gerekli olduğu durumlarda sülfat) oranı ayarlanır. Her 100gr çimento hammaddesinin %78' i kalker, %5' i kum, % 14' ü şist ve %3'ü demir olmalıdır (TSE, 1978). Kırıcılardan çıkan 0 – 50 mm çapında tanecikli hammadde homojenizasyonda yukarıdaki oranlarda birleştirilir. Bunun için homojenizasyona girmeden önce online analizörler kullanılarak malın girişi ve yüzdesi ayarlanır.

2.3. Farin Değirmenleri

Hammadde öğütmenin amacı uygun kimyasal oranlarda bir hammadde karışımı elde etmektir. Bu karışım fırında istenen yanma şartını karşılayabilmek için ayrıca uygun tane büyüklüğü ve inceliğinde olmalıdır. İşte bu son şartı sağlayabilmek için hammadde homojenize edildikten sonra tekrar bir öğütme işleminden daha geçirilir. Bu öğütme işlemi farin değirmenlerinde yapılmaktadır.

Örnek bir çimento fabrikasında 3 adet farin değirmeni bulunmaktadır. Bunlar çimento sektöründe en çok kullanılan tip olan yatay bilyeli değirmenlerdir. Bununla birlikte ileri zamanlarda 2 tane düşük kapasiteli değirmen yerine 1 tane daha yüksek kapasiteli dikey valsli değirmen yapılması planlanmaktadır. Yatay bilyalı değirmen içerisinde 90 – 30 mm çaplarında bilyalar bulunmaktadır. Bunlarla büyük hammaddeler daha küçük parçalara ufalanmaktadır. Değirmenin çıkış kısmına doğru bilye çapı küçülür. Bu da daha ince öğütmeyi sağlamaktadır.

Örneğin 3 farklı adet farin değirmenin özellikleri sırasıyla; 1. Farin değirmeni; yatay silindirik şekildedir. Kırıcıdan gelen mallar direk girer, öğütülür ve çıkar. Kapasitesi 90 ton/saat' tir. 2. Farin değirmeni; yatay silindirik şekildedir. Değirmenin girişinden önce kırıcı ve roller-pres bulunur. Bu iki makine ile tonaj artırımını sağlar. Kapasitesi 140 ton/saat' tir. 3. Farin değirmeni; yatay silindirik şekildedir. 2 bölmesi bulunur. İlk bölümünde hammaddenin öğütülmesinin kolaylaşması için kurutma işlemi yapılır. 2. bölümünde ise öğütme işlemi yapılmaktadır. Kapasitesi 115 ton/saat' tir. Farin değirmenlerinin genel işleyiş prensibi ise; homojone olmuş hammadde binlik bant ve elavatorler yardımıyla Farin değirmenlerine gönderilir. Burada iri parçalı olan hammadde farin değirmenlerinin girişindeki 90'lık bilyalarca daha küçük parçalara çıkışa doğru ise 30'luk bilyalarla daha da küçük parçalara ve toz haline öğütülür. Değirmen çıkışında farin vantilatörler yardımıyla separatöre gönderilir. Burada siklonlara giremeyecek kadar büyük parçalar separatör'ün rotor hızına göre ayrılarak, tekrar öğütülmek üzere değirmene gönderilmektedir (Koç, 2008).



Şekil 3. Farin Değirmeni Görüntüsü.

Farin değirmenlerinden çıkan madde farindir. Farin, çimentonun yarı mamulüdür. Buradan pişirilmek üzere fırına gönderilmektedir. Farin fırına girmeden önce ön ısıtıcı kuleden geçer. Ön ısıtıcı kulede fırındaki kimyasal işleme hazırlanan yarı mamul enerjiden tasarruf, elde edilen malzemede artış ve döner fırının boyunun kısalması gibi avantajlar sağlamaktadır.

2.4. Döner Fırın

Döner fırın, yavaşça dönen silindir şeklindeki bir borudan ibarettir. Boyu 60 m, çapı ise yaklaşık 4.5 m'dir. %2 - %6 arasında değişebilen bir eğime sahip olan döner fırının içi çok yüksek sıcaklıklara dayanıklı tuğla ile örülüdür.

Piştirilecek madde fırının üst kısmından yani besleme ucundan girer, yakma düzlemi ise aşağı kısımdan yani başlama ucundan çalışmaktadır. Buna göre döner fırının ters akım prensibine göre çalıştığını anlayabiliriz. Döner fırınlarda yakıt olarak toz kömür, fuel-oil, doğal veya atık lastik kullanılmaktadır. Bu yakıtlara bir de kontamine yağların da katılması sağlanabilmektedir. Döner fırınlarda ısı alımı alev borusu sayesinde gerçekleşmektedir. Homojenizasyona uğramış kömür tozu da bu borunun içinden geçerek yakılmaktadır. Döner fırın temel olarak 5 ana bölmeye ayrılmaktadırlar. Bunlar;

- Kalsinasyon Bölgesi: Sıcaklığın 1150 °C'ye kadar çıktığı fırının giriş bölgesidir.
- Emniyet Bölgesi: Sıcaklığın 1250 °C'ye ulaştığı fırın çapının 2 katı kadar olan bölgedir.
- Geçiş Bölgesi: Fırın içindeki maddenin likitleşmeye başladığı bölümdür.
- Sinter Bölgesi: Döner fırında kimyasal reaksiyonların meydana geldiği yani klinker bileşiklerinin oluştuğu bölgedir. Bu bölgede sıcaklık ortalama 1450-1500 °C civarındadır. Bu bölümün içine kaplı olan anzast maddesi çok önemlidir. Bu madde sayesinde fırın içine örülmüş tuğla yüksek sıcaklıktan korunur ve ömrü uzar. Ancak anzast kaplama kalınlığıda çok önemlidir. Kalın anzast kaplaması enerji israfı yaparken ince olan kaplamalarda tuğlalar fırın içinden kopabilmekte ve fırının durmasına sebep olabilmektedirler. Ayrıca sinter bölgesinin uzunluğu da çimento fabrikasının yarı mamullerinden biri olan klinkerin kalitesinde büyük rol oynamaktadır. Bu kısım ne kadar uzun olursa kimyasal reaksiyon uzun süreceğinden oluşan klinkerin kalitesi bozulur ve öğütülmesi güçleşir.
- Havuzlama bölgesi: Döner fırının son bölmesidir. Bu kısımda alev tesiri biter ve oluşan klinker 1450-1500 °C' den 1300-1200 °C' ye kadar düşer. Buradan sonra tam soğuma için klinker soğutmaya gönderilir.

Döner fırın çıkışında çimento fabrikaları için diğer bir yarı mamul sayılan klinker oluşmaktadır. Bu çimentonun % 95' ini oluşturan bir maddedir. Bu madde kolay taşınma, kolay öğütme ve kalitede iyileştirme gibi nedenlerle fırın çıkış sıcaklığından normal sıcaklığa kadar soğutulur ve yine bantlarla klinker stokhollerine aktarılmaktadır. Elde edilen klinkeri soğutmak için Fuller- Izgaralı soğutucu kullanılmaktadır. Çelik bir ızgaraya dökülen bant buradan taşınarak kapalı ortama hava üfleyen vantilatörler yardımıyla ızgara içindeki boşluklara üflenmektedir. Soğutucudan çıkan klinker tekrar bir kırıcıya girer büyük parçaları öğütülmekte ve buradan çelik bantlar yardımı ile klinker stok hollerine aktarılmaktadır. Klinker döner fırından çıktıktan sonra soğutucuya yeraltından giden çelik bantlarla taşınmaktadır (Koç, 2008).



Şekil 4. Döner Fırın Görüntüsü.

2.5. Çimento Değirmeni

Klinkerin çimentoya öğütülmesi, çimento üretiminde temel ve aynı zamanda son teknolojik operasyondur. İmalat şekli çimentonun kalitesi üzerinde çok büyük etkisi olan bir olaydır. Öğütme ise imalatın en önemli safhasını oluşturur. Bunun yanında istenilen çimento tipine göre eklenen yan ürünler çimento cinsinin ve kalitesinin belirlenmesinde büyük rol oynayan ikinci etmenlerdir.

Çimento üretimi için kullanılan enerjinin yaklaşık % 85'i hammaddenin kırılma ve öğütülmesinde harcanmaktadır. Bu kullanılan enerjinin de %75'i öğütmede kullanılmaktadır. 4.7 Farin değirmenlerinde olduğu gibi çimento değirmenlerinde de bilyalı sistemler vardır. Bilyalı ve veya diğer bir deyişle boru değirmenler yatayda dönen büyük çelik silindirlerdir. Bunların içinde öğütülen maddenin ufalanması öğütme malzemesinin hareketi sayesinde olmaktadır. Öğütme malzemelerinin ve plakalarla kaplanmış değirmen gövdesinin arasındaki çarpma ve sürtünme sayesinde öğütme gerçekleşmektedir.

Döner fırınlardan çıkan klinker döner fırın akışındaki kırıcılarda kırılarak havalı bantlarla stok hollere götürülmektedir. Buradan alınan klinker bazı katkı maddeleri ile (alçı, tras vb.) çimento değirmenine verilmektedir (Güneş, 2008).

Örneğin bir çimento fabrikasında 4 adet çimento değirmeni vardır. Tüm çimento değirmenleri 2 kamaralıdır ve içlerinde bulunan diyafram panelleri sayesinde birbirinden ayrılırlar. Değirmen giriş bölgesi (1. kamar), ikinci bölmeden biraz daha uzundur. Birinci bölgede yine aynı farin değirmenin de olduğu gibi iri bilyalar (110-160 ton) ikinci kamarada ise 90 ton ağırlığında ve 15-20 mm çaplarında mini bilyalar bulunmaktadır.

Değirmen çıkan çimentonun tane büyüklüğü değirmenin ürettiği malın miktarı ile ayarlanır. Tane boyutları büyük ise değirmene gönderilen mal miktarı azalır. Böylece geçen mal debisi azaldığından tanelerin öğütülmesi daha iyi olur ve daha küçük taneli mal çıkmaktadır. Klinkerin değirmen içindeki sıcaklığı da önemlidir. Çünkü çimento 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bozulur.⁸ Bu yüzden çimento değirmeninin soğutma sistemi de vardır. Düşük sıcaklıkta ise ufalamak ve ezmek zorlaşır. Çimento değirmeninden çıkan malzeme rutubetsiz ve yeterince kalın tane boyutundaysa elekten geçerek elevatöre gelir. Buradan dolmuş sevk tankına gelerek hava ile siloları basılmaktadır. Eğer rutubetli ve çok ince taneli ise emiş hava ile emilmekte ve filtre takılan çimento, tekrar helezon ve havalı bantlarla çimento silolarına taşınmak üzere elevatöre getirilip sisteme dahil edilmektedir.



Şekil 5. Bilyalı Çimento Değirmeni İç Görüntüsü.

Yukarıdaki temel teknolojilerin yanı sıra bunların arasında taşımayı sağlayan birçok araç kullanılmaktadır. Bunlar fuller pompa, elavator, kovalı bant, lastik bant ve toz çekme zinciridir (Koç, 2008).

2.6. Taşıyıcılar

Bir çimento fabrikasında kullanılabilen taşıyıcılar dört çeşittir. Bunlar aşağıda sıralanmıştır (Koç, 2008).

2.6.1. Fuller Bant

Farin çimento ve kömürün bir yerden diğer bir yere sevk edilmesinde rol oynar. Burada genel olarak fuller pompanın ürettiği hava ile taşınma işlemi yapılır (Güneş, 2008).

2.6.2. Elevatör

Fabrika içinde malzemelerin taşınmasında kullanılan diğer bir makine sistemidir. Elavator; bir oluklu tabanına dökülen malı kovalarına alır ve en üst noktadan başka bir oluğa döker. Elavatorler daha ziyade öğütülmüş ince malzemelerin sevkinde kullanılırlar (Güneş, 2008).

2.6.3. Kovalı Bant

Klinker ve benzeri irilikteki malzemeyi bir yerden bir yere sevk eden bir nakil makinesidir. Kovalı bant sistem olarak elavatore benzer. Kovalı bant soğumadan dökülen klinkeri stokhole nakleder (Güneş, 2008).

2.6.4. Havalı Bant

Farin ve çimentoyu hava ile sevk etmeye yarayan bir taşıma sistemidir. Havalı bantta bandın üzerine dökülen malzeme bandın altından dökülen hava ile hareket ettirilir ve akış sağlanır. Havalı bandın yağmur ve kar sularından korunması gerekmektedir. Çünkü ıslanan malzeme bu bant ile taşınmaz (Güneş, 2008).



Şekil 6. Taşıyıcı Bant Görüntüsü.

2.7. Silolar

Örnek fabrikada hammadde, yarı mamul ve mamul depolamanın hepsi silolarda olur. Bu depolamalar üretimin devamlılığı için çok önemlidir. Örneğin bir çimento fabrika bünyesinde 10 adet çimento silosu bulunmaktadır. Üretilen farklı tipteki çimentolar, farklı çimento silolarında depolanmakta ve bu konuda devamlılık sağlanmaktadır. Toplam kapasiteleri 40.000 ton olan bu siloların yanında kırıcılardan sonra hammadde siloları, farin değirmeninden sonra farin siloları ve döner fırından sonra klinker stokholleri bulunmaktadır.



Şekil 7. Siloların Görüntüsü.

Üretilen çimento; dökme çimento veya paket çimento şeklinde hazırlanmaktadır. Çimento paketleme otomasyon sisteminde; çimento torbalarının alınıp ve paketleme öncesi hazırlanması, çimento doldurulması ve torbaların kontrolü (tartı ve deforme) yapılmaktadır (Koç, 2008).

Sonuçlar ve Tartışma

Çimento sektöründe kullanılan tüm makineler birbirine bağlı ve çok büyük makinelerdir. Alternatif teknoloji olarak önerilebilecek basit konular fabrikada uygulanmaya konulmuştur. Bunların başında fırınlarda kullanılan yakıt çeşitlendirilmelidir. Tüm teknoloji üretim binası içinde bulunan merkezi kumanda odasından bilgisayarlar ile kontrol edilmektedir. Herhangi bir aksaklık buradan rahatça tespit edilebilmektedir. Bunun yanı sıra merkezi kumandaya gelen üretim ve stok verileri ile de planlanan üretimin ne kadarının gerçekleştiği belirlenebilmektedir. Tüm fabrikada olduğu gibi merkezi kumanda da 7 gün 24 saat çalışılmaktadır. Fabrikada yalın yaklaşım, esnek üretim sistemi gibi değerler uygulanmaktadır. Yalın yaklaşımın amacı; değerler ilk hammaddeye başlayarak üretim süreci boyunca hiç kesintisiz akıtılarak hızla nihai müşteriye ulaştırılmasıdır. Esnek üretim sisteminin fabrikada kullanıldığı en büyük kanıtı tüm fabrikanın merkezi kumandanın idare edilmesidir. Bu sayede üretimde robotların ve bilgisayarların kullanımı sağlanmıştır. Merkezi kumandanın verdiği kararlar doğrultusunda silolardan değirmenler yarı mamul ve hammadde beslemesi yapılabilmekte bunun yanında yine robotlarla atık lastiklerin kullanım sayısı ve zamanı belirlenebilmekte ve fırınlara besleme yapılabilmektedir. Direkt işçiliğin, malzeme taşıma ve depolama ile ilgili problemlerin asgariye indirilerek, sürat ve verimliliğin artırıldığı bu sistemler, sistem elemanlarının hazırlık zamanından dolayı hiçbir diğer sistem elemanında kesinti oluşmayacak şekilde tasarlanmıştır (Akçansa, 2008; Koç, 2008).

Katkı Belirtme ve Teşekkür

Katkılarından dolayı Akçansa büyükçekmece çimento fabrikasına, başta sayın İmran Güneş ve sayın Duran Çardak olmak üzere tüm çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Akçansa, 2008, Tanıtım Kataloğu ve Faaliyet Raporu.
- C. Strazza, A. Del Borghi, M. Gallo, M. Del Borghi, 2011, Resource productivity enhancement as means for promoting cleaner production: analysis of co-incineration in cement plants through a life cycle approach, *Journal of Cleaner Production* 19.
- Çardak, D., 2008, Kişisel görüşme. Akçansa büyükçekmece çimento fabrikası, İstanbul, Türkiye.
- E. Yiğit, 2008, Cevher hazırlama ve zenginleştirme, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü.
- Güneş, İ., 2008, Kişisel görüşme. Akçansa büyükçekmece çimento fabrikası, İstanbul, Türkiye.
- Koç, E., 2008, Akçansa staj raporu, KTÜ, 65s.
- M. Schneider, M. Romer, M. Tschudin, H. Bolio, 2011, Sustainable cement production—present and future, *Cement and Concrete Research* 41, pp 642–650
- TS EN 1978-1, Türk Standartları Enstitüsü.