

## Çimento Endüstrisine Elektrik Enerjisi Temini

Çimento sektörü enerji yoğun bir endüstridir; ancak şu anda enerji bileşiminin yaklaşık %12'sini elektrik, geri kalanını ise çeşitli yakıtlar oluşturmaktadır. Kuru bir proseste toplam elektrik tüketimi, hammadde hazırlama ve klinker üretimi (her biri % 25) arasında eşit olarak ayrılmakta ve sonrasında %43'ü çimento öğütme işleminde, kalanı ise hammadde istihracı, yakıt öğütme ve paketleme ve yükleme işlemlerinde kullanılmaktadır. Hem enerji bileşimindeki nispi payın hem de kullanımların yakın gelecekte değişmesi beklenmektedir.

### İyileştirme çalışmaları ve gelecekteki trendler

Yeni ekipmanlara yatırım yapılarak ve mevcut ekipmanlar iyileştirilerek güç tüketimini azaltmak için Avrupa'da son on yılda birçok sürekli iyileştirme çalışması yapılmıştır. Çimento fabrikaları, tesisin büyüklüğüne ve proses teknolojisine bağlı olarak 350 ila 1000 arasında ve hatta daha fazla çalışan motora (konveyörler, pompalar, küçük fanlar ve blower fanlar dahil) sahip olabilir. Bu motorların değiştirilmesi veya giderek yaygınlaşan değişken hız sürücülerinin uygulanması ile güçlendirilmesi, ileriye yönelik önemli bir adım atılmasını sağlamıştır.

Özgül enerji talebinin azaltılmasında daha önemli adımlar atılması için, bilyalı değirmenlerle yapılan çimento öğütme işleminden yüksek verimliliğe sahip valsli dik değirmenlere veya yüksek basınçlı öğütme valslerine geçmek gibi çok büyük güçlendirme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bu tür geliştirmeler için yapılan yatırım yüksektir. Dolayısıyla, bunlar çoğunlukla, piyasanın durumu ümit verici olduğunda veya ekipmanların hali hazırda çok eski olmaları halinde ve değiştirilmesi gerektiğinde gerçekleştirilecektir.

Elektrik enerjisi talebi de ürün özelliklerine bağlıdır. Çimentonun dayanımı ne kadar yüksek olursa, genellikle o kadar ince öğütülmesi gerekir ve dolayısıyla değirmenlerde o kadar fazla enerji kullanılması gerekir. Bu trend, ekipman verimliliği artmasına rağmen, elektrik enerjisi talebinin yükselmesine yol açabilir.

Kaliteli çimentoya yönelik mevcut piyasa talebi nedeniyle yüksek verimliliğe sahip separatörler şimdilerde geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Klinker pişirme işlemi ile ilgili olarak, termal verimliliği artıran tedbirler çoğu zaman daha fazla elektrik enerjisi gerektirmektedir. Örneğin, modern ızgaralı soğutucu tekniklerinin kullanılması, termal enerji kullanımında bir azalmaya neden olmakla birlikte, elektrik enerjisi tüketimini artırmaktadır.

Çevresel gereklilikler daha sıkı hale geldiğinde özgül güç tüketimi de normal olarak artmaktadır. Aslında, daha düşük toz emisyonu sınır değerleri, hangi teknolojinin uygulandığından bağımsız olarak toz ayırma işlemi için daha fazla güç gerektirmektedir. Diğer bileşenlerin (NO<sub>x</sub> veya SO<sub>2</sub> gibi) azaltılması için ek üniteler kurulmalıdır, bu da elektrik gerektirmektedir. Örneğin, NO<sub>x</sub> azaltımı için seçimli katalitik indirgeme (SCR) teknolojisinin kullanılması, elektrik enerjisi talebinde 5 kWh/t klinker düzeyinde bir artışa neden olmaktadır.

### Enerji verimliliğini artırmanın diğer yolları

Yine de, enerji verimliliğini daha da artırmak için çimento teknolojisini geliştirme potansiyeli mevcuttur. Kurulan ekipmanların verimliliğinin yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili olarak kullanılabilmesiyle ilişkili olarak üretim esnekliğine duyulan ilgi artmaktadır. Öğütme tesisleri gibi üretim tesislerinin de kolaylıkla çalıştırılabilir ve durdurulabilecek şekilde tasarlanmasıyla yenilenebilir enerjinin kullanımı en üst düzeye çıkarılabilir. Bu, mutlak enerji talebini azaltmayacak, hatta biraz artıracak, ancak elektrik üretiminden kaynaklanan indirekt CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltacaktır.

Geleceğe bakıldığında, karbon yakalama ve depolama/kullanma teknolojilerinin (CCSU) uygulanmasıyla üretim sürecinin kapsamlı olarak yeniden yapılandırılması gerekebilir. Bunlar, endüstriyel ölçekte uygulanmaları halinde, yakalama ve sıvılaştırma işleminin nedeniyle, çimento üretimiyle ilişkili güç tüketiminin önemli ölçüde artmasına neden olan elektrik yoğun teknolojilerdir. Yanma sonrası teknolojilerin yanı sıra oksijen-yakıt gibi yakalama teknolojileri, bir hava ayırma ünitesinde oksijen üretilmesi, absorban maddelerin tekrar elde edilmeleri ve CO<sub>2</sub>'in ayrıştırılması, saflaştırılması ve sıkıştırılması için yüksek güç tüketimi gerektirecektir. Dolayısıyla karbon yakalama, güç tüketimini tesis düzeyinde %50 ila 120 oranında artıracaktır.

### Yenilenebilir güç tüketimi

Çimento üretim prosesi, elektrik enerjisi için depolama kapasitelerinin gerekliliğini ortadan kaldırarak yenilenebilir kaynaklarla enerji arzının yönetimindeki dalgalanmaları düzeltebilir.

Geleneksel olarak, çimento üreticileri, elektrik enerjisinin yoğun olarak kullanıldığı proseslerini, çalışma saatleri ve süreleri ile alakalı olarak yerel şebeke operatörleri ile koordine etmektedirler. Bu çoğu zaman, hammadde ve çimento değirmenlerinin yalnızca, enerji talebi ve fiyatlarının daha düşük olduğu gece saatlerinde (örneğin, 24 saatin 8'i) çalıştırılmasına yol açmaktadır.

Çimento fabrikasının talep tarafında, elektrik enerjisi yoğun prosesler olarak farin üretimi ve çimento üretimi için esnek bir öğütme yaklaşımı kullanılabilir. Ayrıca, silo ve üretim kapasiteleri yönetimi, bir aküye benzer şekilde ve fazla yenilenebilir enerjiden optimum şekilde yararlanmak için kullanılabilir. Elektrik enerjisi arzının yetersiz olduğu dönemlerde talebin azalması, fosil yakıtlardan elektrik üretimi ihtiyacını azaltabilir. Klinker üretiminin herhangi bir kesinti olmadan devam edebilmesi için, yenilenebilir enerjinin bol olduğu zamanlarda değirmenler maksimum miktarda malzeme öğütemelidir.

Başlıca engeller, değirmen ve silo kapasitelerinin daha az verimli kullanımı ve tahmin dönemi ile puant yük sürelerinin, değirmenin çalıştırılması ve sürekli olarak işlemini için çok kısa olabilmesidir. Değirmenlerin açılıp kapatılması, enerji kayıplarını, ekipmanların aşınmasını, bakım ihtiyacını ve belirsiz ürün kalitesine sahip ürün miktarlarını artırır.

### Çimento endüstrisinde yerinde enerji üretimi

Özellikle gelişmekte olan piyasalarda, bazı çimento üreticileri, şebeke dengesizliği durumunda enerji arzı sağlamak ve çimento üretiminde, özellikle öğütme ünitelerinde doğrudan yenilenebilir enerjiyi kullanmak için rüzgar veya güneş enerjisi santrallerine yatırım yapmaktadırlar.

Fırın sisteminde atık ısı kullanılarak elektrik üretilmesi yaygın bir prosestir. Normalde atık ısı (fırın egzoz gazı, by-pass gazı ve/veya soğutucu egzoz havası), hammaddelerin veya kömür ve petrol koku gibi diğer malzemelerin veya çimento bileşenlerinin kurutulması için kullanılmaktadır. Bir ısı geri kazanım kazanı ve bir türbin sistemi vasıtasıyla elektrik üretmek için atık ısı kısmen de geri kazanılabilir. Seçilen prosese (buhar, amonyak, organik ve fırın teknolojisinin kullanımı) bağlı olarak, fırının çalışmasında değişiklikler olmaksızın bu teknolojilerin kullanılmasıyla toplamda 8 ila 22 kWh/t<sub>klinker</sub> arası veya bir çimento fabrikasının güç tüketiminin %16sı kadarı üretilebilir.

Bu teknolojilerin gelişmesini engelleyen temel kısıtlamalar, yatırım maliyetleri ve düşük sıcaklık seviyeleri ile sınırlanan verimliliklerdir.

### Gelecekteki gelişmeler: üretim prosesinin elektrifikasyonu

Elektriğin çimento üretimi için ısı girdisi olarak kullanılması, üretim proseslerinin 1450°C'ye kadar sıcaklıkları gerektirmesi nedeniyle büyük bir zorluk teşkil etmektedir. Bunların gelişimi için bir vaka çalışması olmamasından dolayı, şimdiye kadar piyasada mevcut hiçbir çözüm bulunmamaktadır. Gerçek bir teknik engel olmamasına rağmen, gelecekte ısı üretimi için elektrik verilmesine yönelik bir çözüm koşulu, elektriğin %100 fosilsiz üretilmesi ve uygun fiyattan satılmasıdır.

Üzerinde çalışılan olası teknolojiler şunlardır:

- Plazma: Plazma, bir gazın iyonize bir gaz oluşturmak için yeterli derecede ısıtılması halinde meydana gelen maddenin temel hallerinden biridir. 3000 ila 5000°C arasındaki sıcaklıklar elde edilebilir. Bir ön ısıtıcıda ve ön kalsinasyon fırınında plazma jeneratörlerini kullanma konsepti şu anda başlıca teknoloji yoludur.
- Elektrik akımlı ısıtıcılar: Isı, genellikle bir kılıfla korunan dirençli bir elemandan akım geçirilerek üretilmektedir ve yüksek hızlı konveksiyonla gaz akışına aktarılmaktadır.
- Maksimum gaz çıkış sıcaklıklarının 1100–1200°C olduğu bildirilmektedir.
- Mikrodalgayla ısıtma
- Rezistif elektrikli ısıtma
- Endüksiyonlu ısıtma

İsveç'te, yerel bir çimento üreticisi olan Cementa ve devlete ait enerji şirketi Vattenfall, çimento üretim prosesini elektrikli hale getirmenin teknik uygunluğunu değerlendirmek amacıyla ortak bir proje (CemZero) yürütmektedirler. Daha büyük ölçekli testlerle doğrulanmak üzere farklı teknolojiler test edilmektedir. Elektrikli bir proses ile çimento üretim maliyetleri, bugünün teknolojisine kıyasla önemli oranda artmaktadır, ancak radikal düzeyde emisyon azaltımı için diğer teknoloji seçeneklerine kıyasla rekabetçi olabilir.

**“Bu yazı üyesi bulunduğumuz Avrupa Çimento Birliği (CEMBUREAU)’nin izni ile Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) tarafından Türkçeye çevrilmiştir.”**

**CEMBUREAU**  
55 Rue d’Arlon – 1040 Brussels - Tel: +32 2 234 10 11  
secretariat@cembureau.eu – www.cembureau.eu

**TÇMB**  
Tepe Prime A Blok Kat:18-19 Eskişehir Devlet Yolu  
9.km No:266 06800 Ankara Tel: 444 50 57  
www.tcma.org.tr - info@tcma.org.tr

**Aralık, 2019**