



Cam Temperleme Fırınında Enerji Analizi

Yavuz TÜTÜNOĞLU
Alpaslan GÜVEN
İlhan Tekin ÖZTÜRK

Nisan - 2011

Giriş ve Amaç

Bilindiği gibi dünya enerji tüketiminin önemli bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan karşılanmaktadır. Enerji tüketiminin hızla artması, fosil kökenli yakıtların daha çok kullanılmasına, atmosfere salınan karbondioksit miktarının artmasına ve bunun sonucu oluşan sera etkisi ile iklim değişikliklerini kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu durumu önlemenin birinci yolu, enerjiyi olabildiğince tasarruflu kullanmak, diğer bir yolu da alternatif enerji kaynaklarını geliştirmektir.

Dünyamız üzerinde enerjinin önemli bir kısmı endüstriyel tesislerde tüketilmektedir ve endüstriyel tesislerde enerjiyi en yoğun kullanan ünitelerin başında fırınlar gelmektedir. Endüstriyel fırınlar ergitme, ısıl işlem, pişirme, kurutma, temperleme, vb.. prosesleri gerçekleştirmektedir. Fırınlar tasarlandıkları prosesleri gerçekleştirebilmek için gerekli ham madenin ve enerjinin beslenmesini gerektirir.

Fırınlarda üretilen ara ürünün veya son ürünün kalitesinin yanı sıra birim ürün başına tüketilen enerji (Spesifik Enerji Tüketimi; SET) sorgulanması gereken önemli bir konu başlığıdır.

Fırınlarda üretilen ürünlerin kalitesinden, işlem kapasitesinden ve prosesin çevreye olan etkilerinden ödün verilmeksizin, birim üretim başına harcanan enerjiyi azaltmak enerji verimliliği ve rekabet açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, bir Cam Temperleme Fırınının enerji analizi yapılmaya çalışılacak ve verimin iyileştirme yöntemleri tartışılacaktır.

Temperleme ve Temperleme Prosesi

Temperleme işlemi yatay bir hat üzerinde camın dış yüzeylerine basınç gerilimi, cam ortasına ise dolaylı bir çekme gerilimi kazandırmak için ısıtma ve soğutma aşamalarını içerir. Temperli cam işlemsiz cama göre yaklaşık 5 kat daha dayanıklı olup; kırıldığı zaman zar büyüklüğünde parçalara ayrılarak yaralanma riskini azalttığından güvenlik camı olarak kullanıma uygundur. Temper işleminden sonra camlara herhangi bir kesim, delik delme, kenar ve yüzey işlemi yapılamaz. (kumlama hariç)

Yalnızca bazı bakış açıları ve ışık koşullarında fark edilebilen "temperleme izleri" ile "kamburluk" ve "dönüklük" toleransları içinde kalmak kaydıyla ortaya çıkan distorsiyonlar ısıtma işleminin kaçınılmaz ve önlenemeyen sonucudur. Temperleme işlemi sırasındaki hassas bir ısı rejimi uygulaması ile minimuma indirilmiş izler başlı başına bir kusur olarak nitelendirilmemektedir

Temperleme ve Temperleme Prosesi

Temperleme işlemindeki temel problemlerden bir tanesi de temperleme maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bununun nedeni ise temperlemede yakıt sarfiyatının yüksek olması ve fırının verimsiz çalışması gösterilebilir. Bununla birlikte uygun stratejiler uygulanarak atık enerjilerin bir kısmının geri kazandırılması sağlanabilir .

Temperleme işlemi, homojen olarak yaklaşık 720 °C sıcaklığına sahip bir fırının içerisine çevre şartlarında cam levhaların konveyör yardımıyla beslenmesi ile başlamakta fırın içerisinde yaklaşık 680-700 °C sıcaklığa ulaşarak fırını terk etmesi ve fırının çıkışında yüksek hıza sahip hava ile ani soğutulması işlemidir.

Temper Fırını Özellikleri

Fırın, dört bölgeden ve toplam sekiz yakıcıdan oluşan bir yakma sistemine sahiptir. Fırın içersinde homojen bir sıcaklık dağılımı elde edebilmek için her bölgede homojenijasyon fanları kullanılmıştır.

Eksoz gazlarını dışarı tahliye eden dörtlü baca sistemi ve üzerinde bir davlumbazla bu gazları toplayarak dışarı sevk eden bir davlumbaz bacasından oluşmaktadır. Ayrıca homojenijasyon fanlarının yataklarını suyla soğutan bir sisteme sahip olup bu suyun ısısı dışarıdaki bir soğutma kulesi yardımıyla atmosfere atılmaktadır.

Bu çalışmada kontrol hacmi olarak sadece fırın ünitesi seçilmiş olup, enerji analizi bu kısımda gerçekleştirilecektir.

Temper Fırını

Cam Temperleme Fırınının Genel Görünüşü



Fırın İçi Homojenizasyon Fanları



Soğutma Kısımı



Soğutma Kısımı Fan ve Motoru

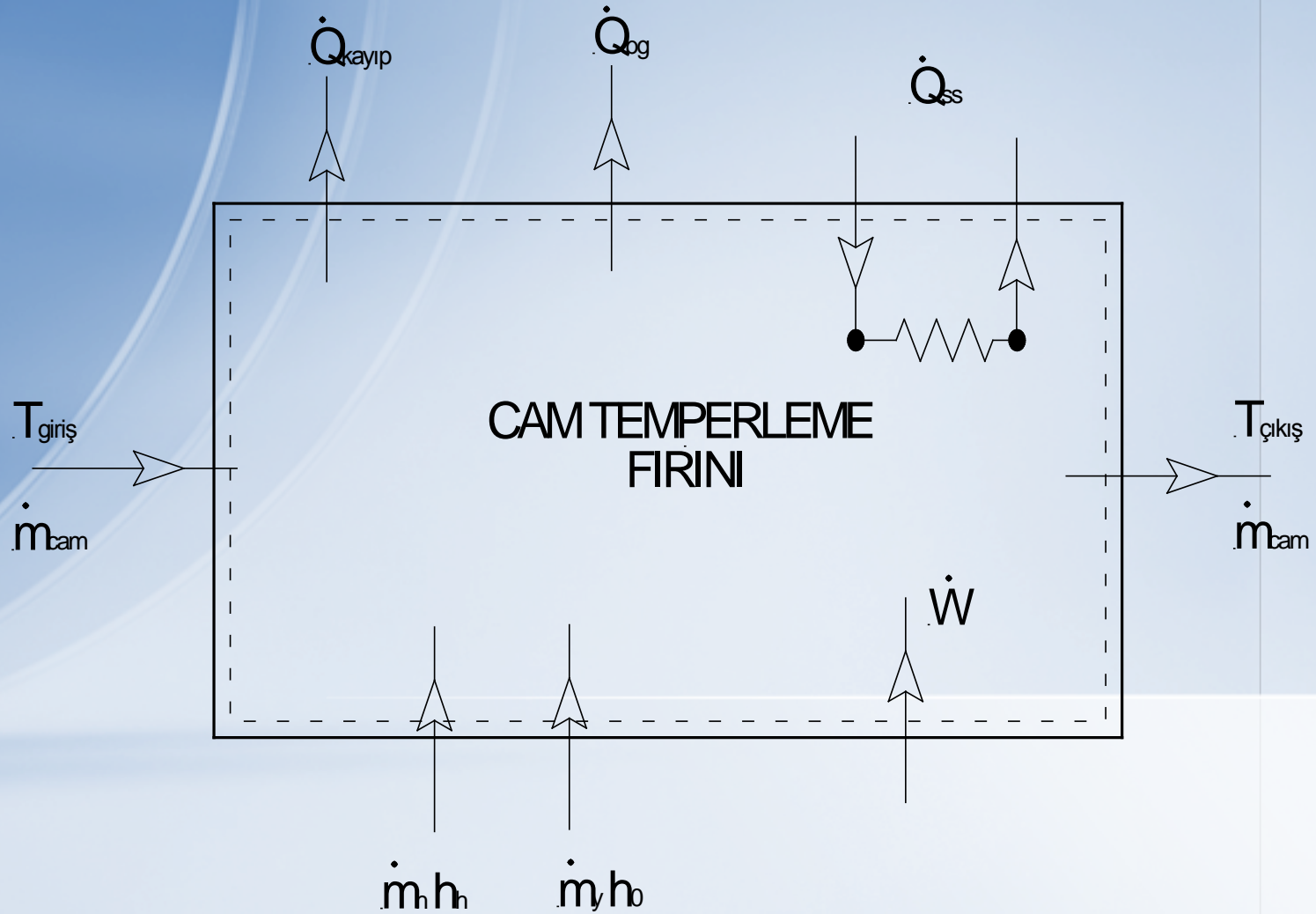


Temper Fırını

Soğutma Kulesi



Cam Temperleme Fırını İçin Kütle ve Enerji Akışları



Kararlı rejimde çalışma durumunda temperleme fırını için enerji dengesi aşağıda ki bağıntı şeklinde yazılabilir.

$$\dot{Q}_y + \sum \dot{W} + \dot{Q}_{camgiren} + \dot{Q}_{hava} = \dot{Q}_{camcik} + \dot{Q}_{bg} + \dot{Q}_{ss} + \dot{Q}_{yk} + \dot{Q}_{kayip}$$

Kontrol hacmine giren enerjiler, yakıtla beslenen enerji, (Q_y) elektrik enerjisi şeklinde giren enerji. (Brülör fan motorları, rol hareket motorları, su sirkülasyon motoru, homojenijasyon motorları) Çıkan enerjiler ise malzemeye aktarılan enerji, baca gazı ile dışarı atılan enerji, homojenijasyon fanları yatak soğutma suyu ile dışarı atılan enerji, fırın yüzeylerinden olan kayıplar ve diğer kayıplar olarak ifade edilebilir.

Bu örnek için, ilgili fabrikada cam temperleme biriminde gerekli ölçümler yapılmış ve ekteki tablo doldurulduktan sonra hesaplamalar gerçekleştirilerek temperleme fırınının verimi bulunmaya çalışılmıştır.

Temperleme fırını ile ilgili yapılan ölçüm sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Baca Gazı Kompozisyonu

| | |
|-------------------------------------|------|
| Baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}C$) | 549 |
| % O_2 | 8,1 |
| CO (ppm) | 164 |
| % CO_2 | 7,18 |
| Hava Fazlalık Katsayısı % | 1,63 |

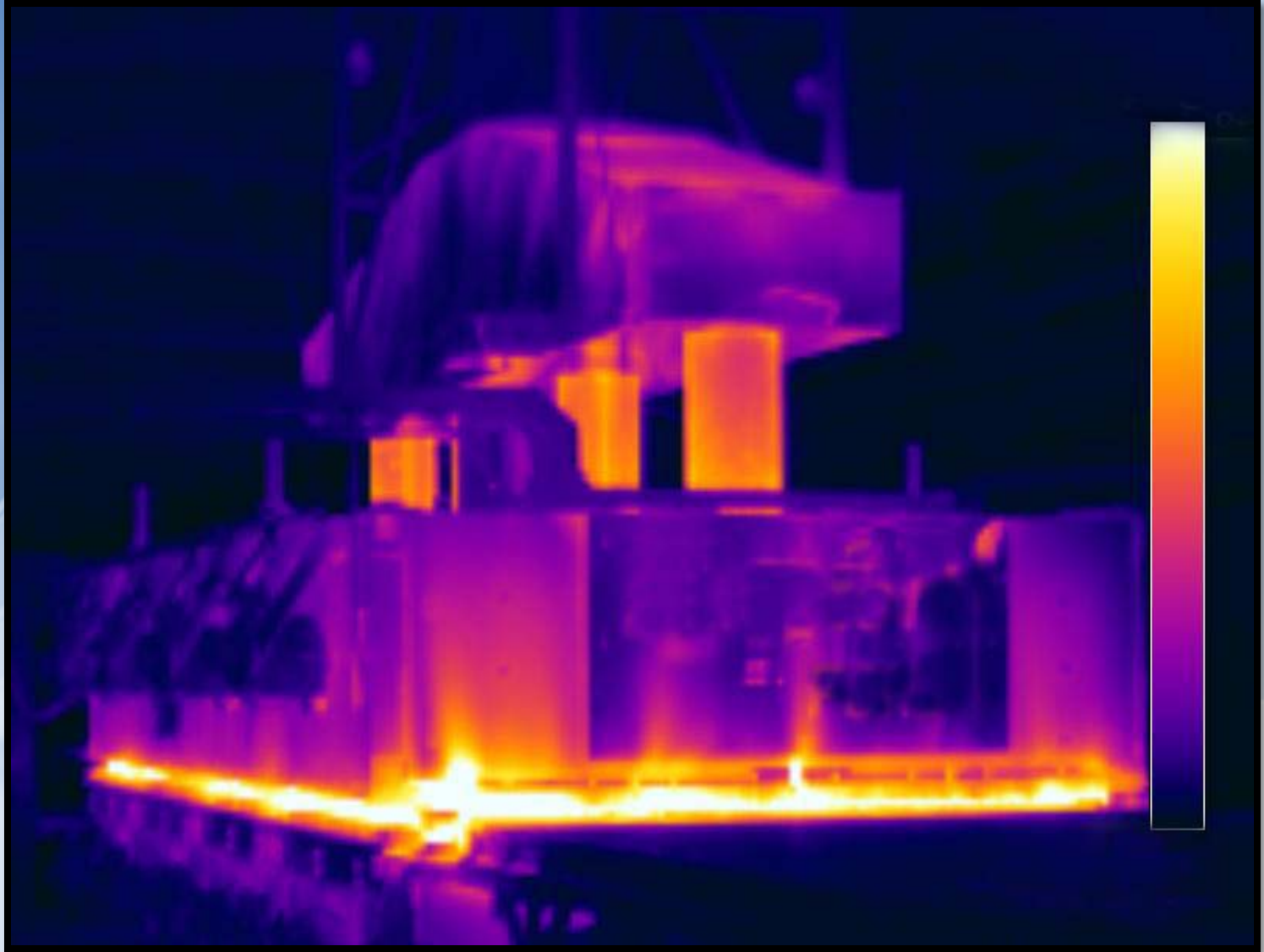
Diğer Ölçüm Sonuçları

| | |
|---|------|
| Ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$) | 15,8 |
| Bağıl nem (%) | 45,6 |
| Doğal gaz tüketimi (Nm^3/h) | 102 |
| Temperlenen cam miktarı (kg/h) | 1973 |
| Ton başına yakıt tüketimi (Nm^3/h Ton) | 51,7 |
| Ürün çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C$) | 620 |

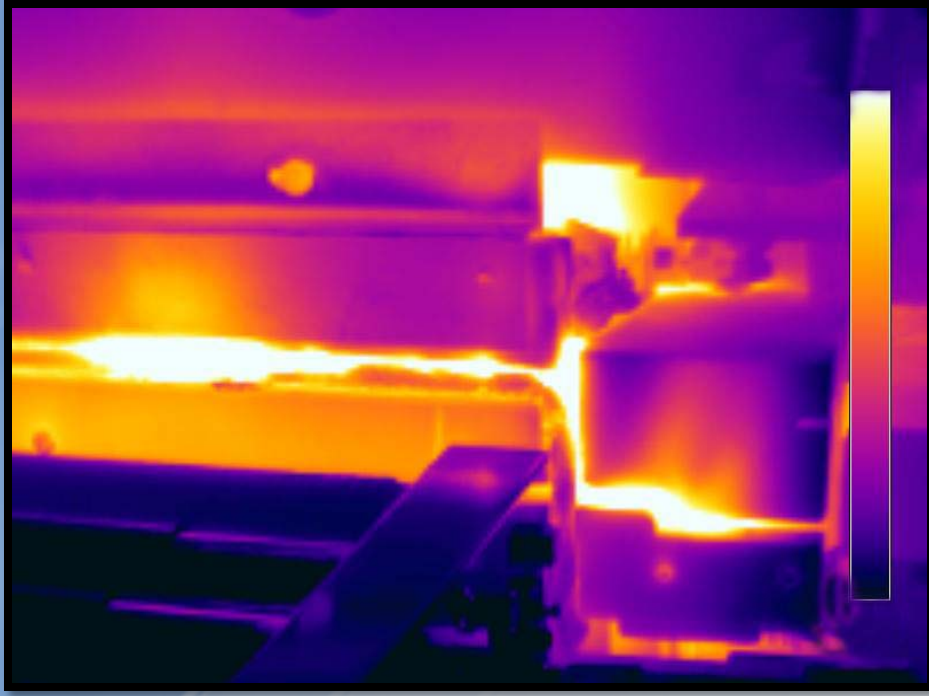
Fırın Yüzey Alanları ve Ortalama Yüzey Sıcaklıkları

| Yüzey | Alan (m^2) | Ortalama yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$) |
|----------------------|----------------|--|
| Sol Yan Yüzey | 17,8 | 56,93 |
| Sağ Yan Yüzey | 17,8 | 68,04 |
| Ön Giriş Yüzeyi | 7,26 | 91,25 |
| Arka Çıkış Yüzeyi | 7,26 | 105,83 |
| Fırın Üst Yüzeyi | 26,7 | 95,12 |
| Sol Yan Yüzey Roller | 3,24 | > 400 |
| Sağ Yan Yüzey Roller | 3,24 | > 400 |

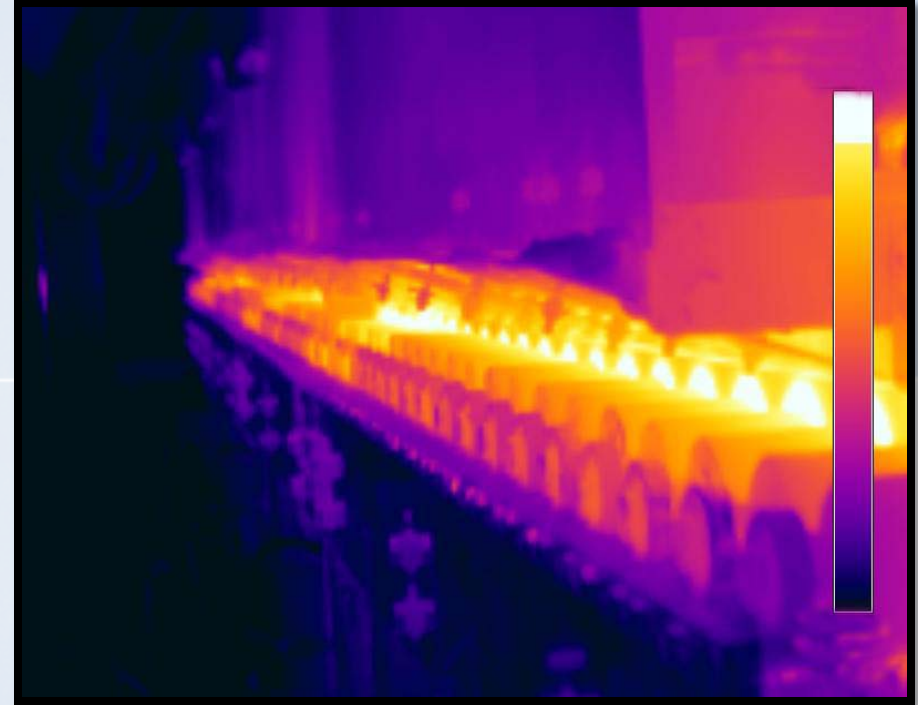
Cam Temperleme Fırını Termal Kamera Görüntüleri



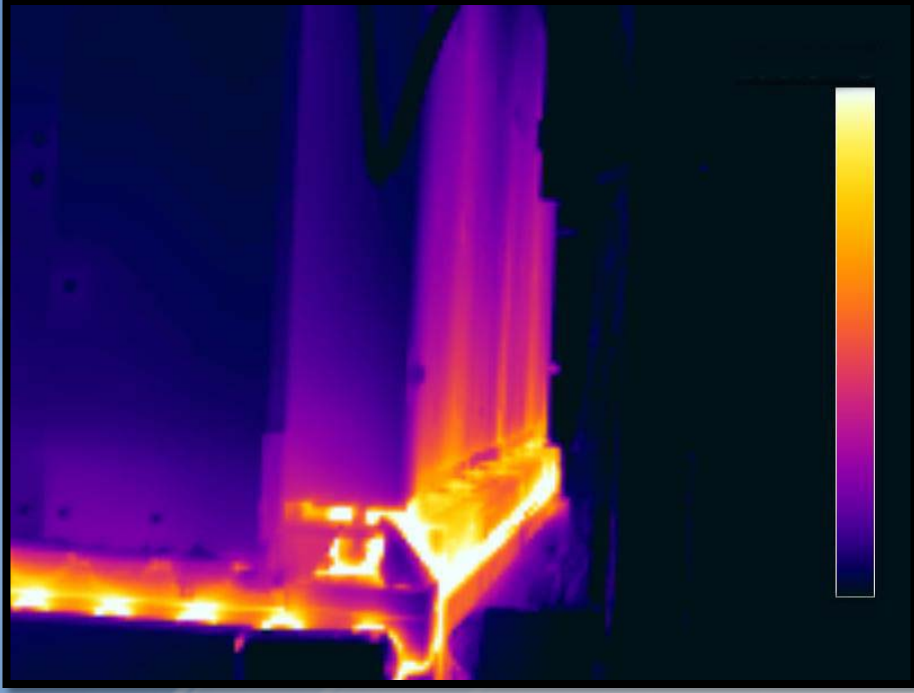
Sızıntı Kayıpları



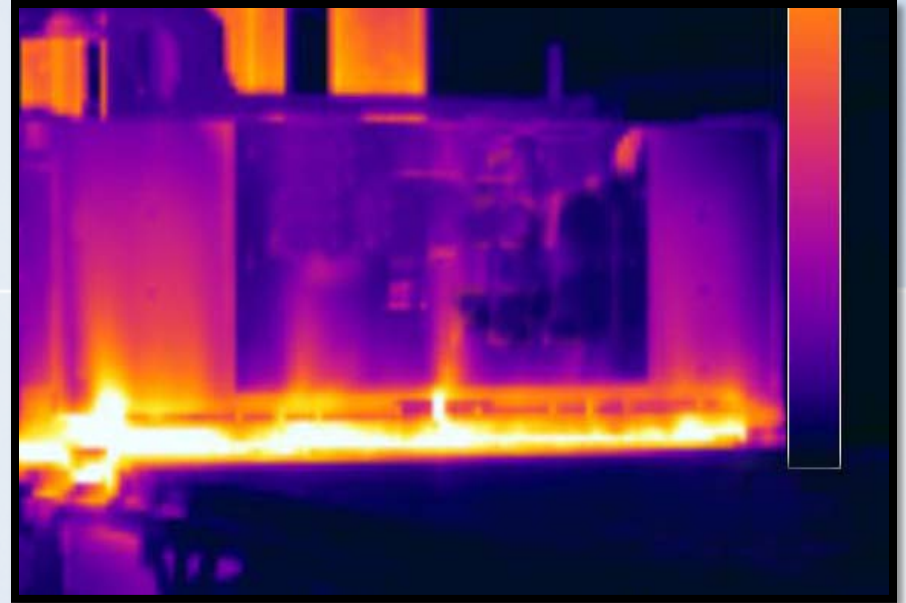
Rol Bölgesi Isı Kayıpları



Fırın Çıkış Açıklığı Kayıpları



Giriş Açıklığı Kayıpları



Cam Temperleme Fırınında ki Enerji Akışları

| Enerji akışı | Miktar(kJ/h) |
|--|--------------|
| Yakıtla Beslenen Enerji | 3.522.570,00 |
| Elektrik Enerjisi Olarak Sisteme Giren Enerji | 151.020,00 |
| Cam'a Aktarılan Enerji | 596.043,30 |
| Fan Yatakları, Soğutma Suyu ile Sistem Dışına Taşınan Enerji | 83.050,00 |
| Baca Gazı Kayıpları | 1.573.554,68 |
| Rol Yüzeylerinden Olan Kayıplar + Yüzey Kayıpları | 679.121,57 |
| Diğer Kayıplar | 741.820,45 |

Cam Temperleme Fırınının verim hesabı aşağıda ki denklem yardımıyla yapılır.

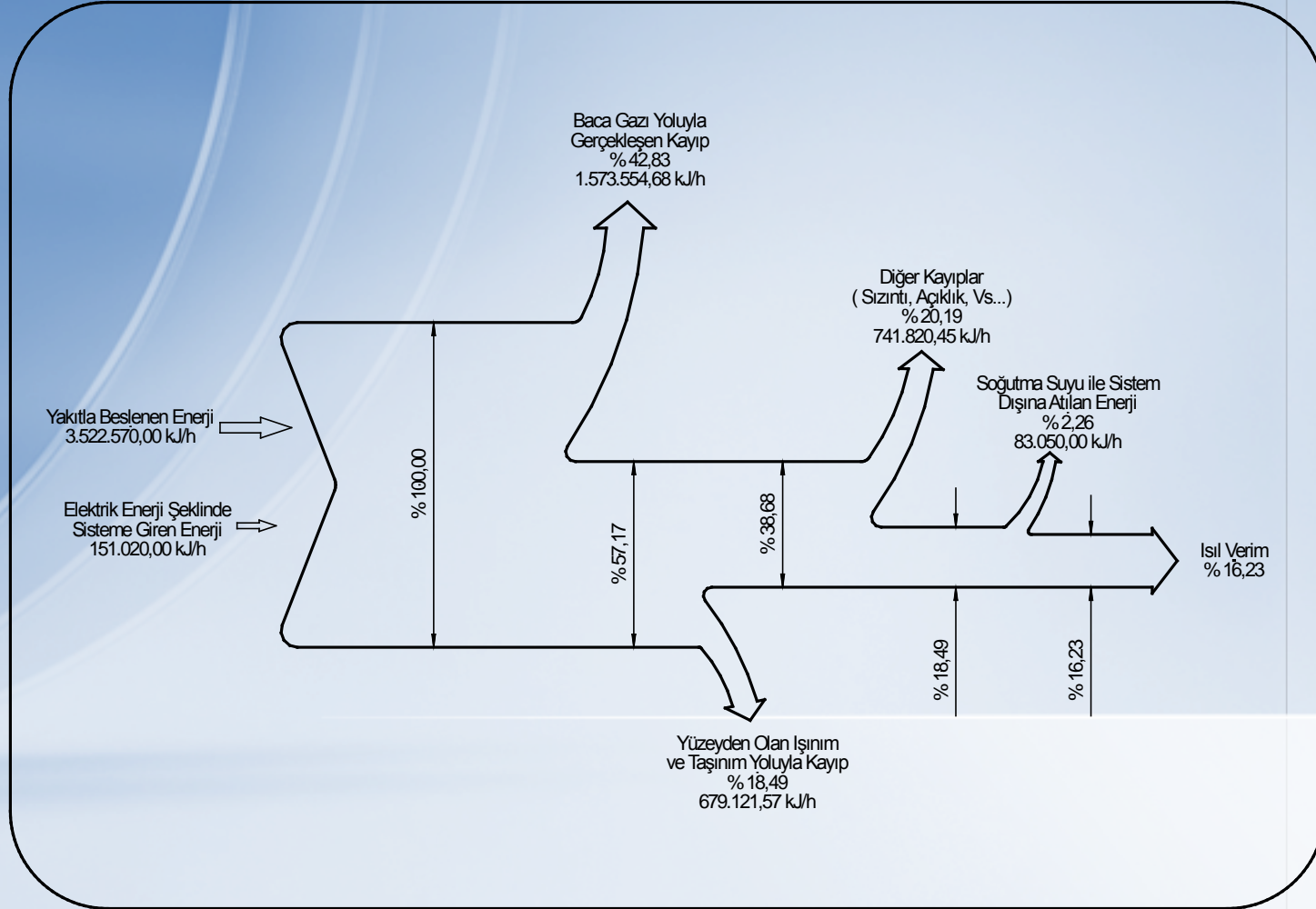
η = Temperleme fırınında malzemeye aktarılan enerji / fırına beslenen enerji

Örnek aldığımız fırının verimi Sankey diyagramında da görülebileceği gibi,

$$\eta = \frac{596.043,30}{3.673.590,00} = \% 16,23$$

Şeklinde elde edilir.

Cam Temperleme Fırınında ki Enerji Akışının Sankey Diyagramında Gösterilmesi



Sonuç ve Tartışmalar

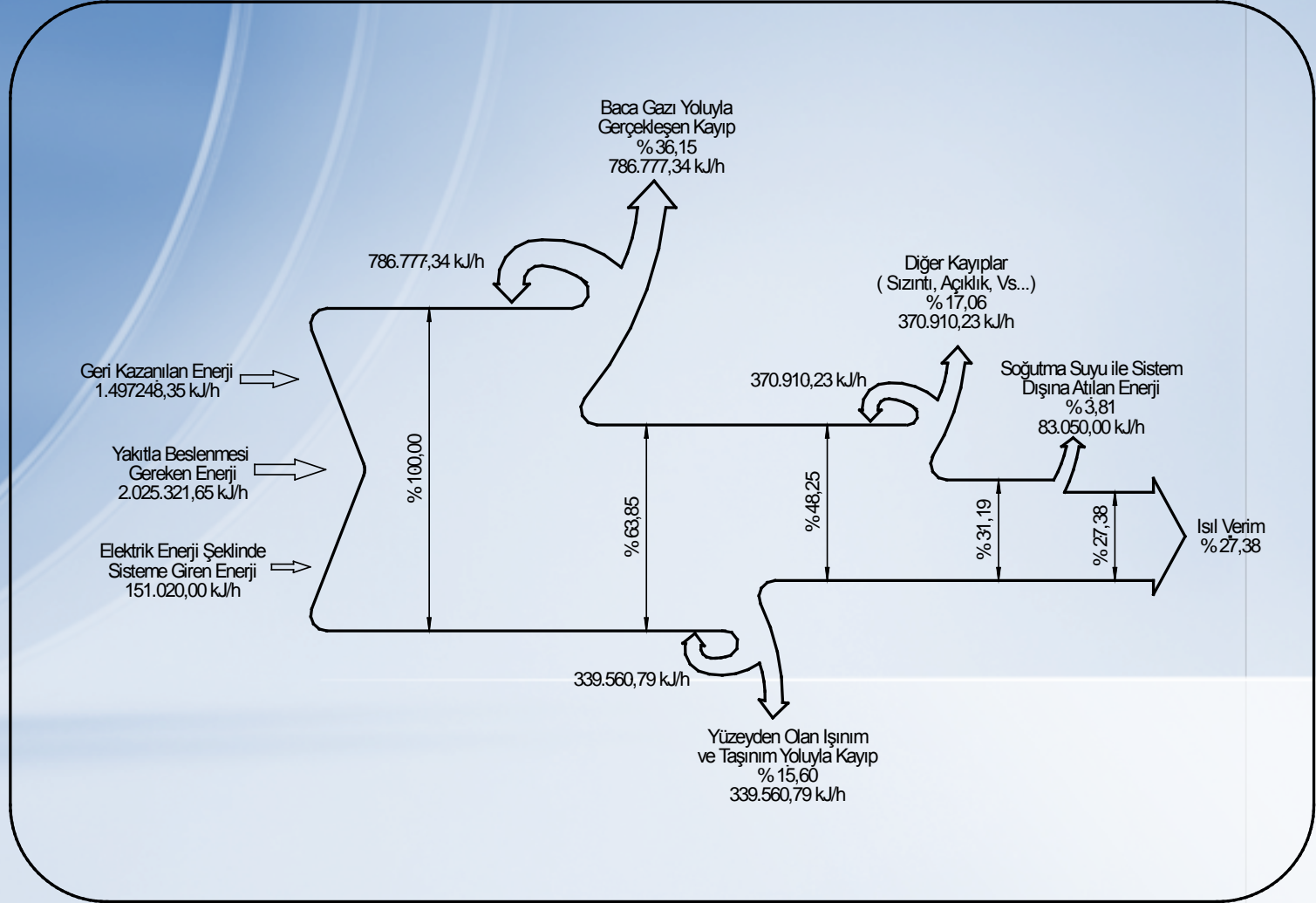
Sankey diyagramından görüleceği gibi baca gazı kayıpları ile fırın yüzey ve sızıntı kayıpları fırının verimini düşüren kayıpların başında gelmektedir. Fırının verimini artırmak için alınacak tedbirlerin başında baca gazı ısısının geri kazanılarak yakma havasının ısıtılması veya fırına beslenen camın ön ısıtılmasını sağlamak olabilir.

Yakma havasının baca gazından kazanılan ısıyla ön ısıtılması brülör sayısının fazla olması ve baca gazı ile ısıtılacak havanın bir ısı değiştirgecinde enerjisi geri kazanılarak kanallarla brülörlerin bulunduğu bölümlere getirilmeleri sistemi daha karmaşık hale getirmesiyle beraber geri kazanılacak ısı miktarının da sınırlamaktadır.

İkinci bir yol ise fırınlarda uygulama alanı bulmuş olan kendinden reküperatörlü yakıcıların kullanılmasıdır. Fırın yüzey sıcaklıklarını daha da düşürmek için fırının yalıtımının gözden geçirilmesi ve yalıtımın zayıf olduğu bölgeler güçlendirilmelidir. Tambur yataklarının olduğu kısımlar ile açıklık kısımları için özel tedbirler düşünülmelidir. Bu kısımlarda ışıma kalkanlı ve özel kanal içine alınmalı ve soğutma gereken kısımlar içinde buraların soğutulması için kullanılan havaya yüklenen enerjinin bir şekli de geri kazanılarak fırına beslenmelidir. Baca gazını ile fırını terk eden ısının yarısının fırına tekrar geri kazanılarak beslendiğini ve fırın yüzeyinden ısı geçişi ile ve sızıntı ile olan kayıpların yarısının önlenebildiği göz önünde bulundurulursa fırının yeni verimi aşağıdaki gibi elde edilir ve yeni durumdaki Sankey diyagramı aşağıda ki şekle dönüşür.

$$\eta = \frac{596.043,30}{\left(3.673.590,00 - \frac{1.573.554,68}{2} - \frac{679.121,57}{2} - \frac{741.820,45}{2} \right)} = \% 27,38$$

Cam Temperleme Fırınında ki İyileştirmeler Sonrasında Enerji Akışının Sankey Diyagramında Gösterilmesi



Sonuç ve Tartışmalar

Bu yöntemlerin dışında fırında kullanılan hava fazlalık sayısının bu fırın için uygun olup olmadığı azaltılma yollarının bulunup bulunmadığı incelenmelidir. Fırınlarda kullanılan hava fazlalık sayısı yakmayı verimli gerçekleştirmenin yanında fırında arzu edilen proses sıcaklığını ayarlamak için kullanılır.

Diğer taraftan fırının cam temperleme kapasitesi ve fırının işletildiği kapasitede de enerji verimliliği açısından önemli parametrelerden biridir. Ayrıca camı temperleme işlemini daha verimli yapabilecek yeni bir fırın tasarımı ile birlikte elektrikli temperleme fırını ile daha verimli temperleme imkanı bulunup bulunmadığı da ayrıca incelenmelidir.

Sonuç ve Tartışmalar

Fırının bu hali ile atık ısılarından faydalanarak fırının verimini artırmak maliyetli ve uygun görülmüyor olabilir. Bu durumda hiç olmazsa baca gazı ısı yardımıyla işletmenin diğeri işlerinde ısıtma, mutfak ve benzeri işlerde kullanılabilir sıcak su üretimi veya yazın absorpsiyonlu soğutma cihazı bu atık ısı ile çalıştırılarak yine işletmenin soğutma için tükettiğı enerjinin önemli bir kısmı tasarruf edilebilir.

Bu yöntemlerin dışında fırında kullanılan hava fazlalık sayısının bu fırın için uygun olup olmadığı azaltılma yollarının bulunup bulunmadığı incelenmelidir. Fırınlarda kullanılan hava fazlalık sayısı yakmayı verimli gerçekleştirmenin yanında fırında arzu edilen proses sıcaklığını ayarlamak için kullanılır. Diğeri taraftan fırının cam temperleme kapasitesi ve fırının işletildiğı kapasitede de enerji verimliliğı açısından önemli parametrelerden biridir.

Sonuç ve Tartışmalar

Temperleme fırınının enerji analizinde fırının veriminin %16,23 değerinde olduğu ve kayıpların önemli bir kısmının fırınının baca gazı ile taşınan enerjisi ile yüzey ve sızıntı kayıplarından olduğu ve bu kayıpların yarısının sisteme geri kazandırılmasıyla fırının veriminin % 27,38 değerine çıktığı görülmektedir.

Bununla beraber fırının verimliliğini artırmak için diğer yöntemlerinde gözden geçirilmesi gerekmektedir. Endüstriyel fırınların enerji verimlerinin iyileştirilmesi ile bu sektördeki sanayicinin rekabet gücünün artacağı, birincil enerji kaynaklarının korunacağı ve iklim değişikliğine olan etkinin azaltılabileceği görülmektedir.



Teşekkürler