

CASTEMP TANDIŞ SÜREKLİ SICAKLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ İLE SÜREKLİ DÖKÜM MAKİNESİ PROSES DİZAYNI

PROCESS DESIGN OF CONTINUOUS CASTING MACHINE WITH CASTEMP TUNDISH CONTINUOUS TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM

Emrecan ZORBA¹, Oğuz Han SAKARYA¹, Uğur CENGİZ¹,
Baran DOĞAN², Ziya ÖĞÜTCÜ², İsa KESKİN²

¹Bilecik Demir Çelik San. Tic. A.Ş. Türkiye
²Heraeus Electro-Nite Termoteknik A.Ş. Türkiye

Anahtar Kelimeler: Sürekli döküm makinesi, pota ocağı, enerji verimliliği, sürekli ısı takibi, tandiş, süper ısı

Abstract

In iron and steel plants, which is an energy-intensive sector, it is of great importance to increase sustainable production and optimize the amount of energy use, especially in this period of global raw material and energy crisis. For this reason, temperature control is one of the most important parameters in the tundish, which provides the transfer of liquid steel from the ladle to the molds in the steel production process. The high temperature of the liquid steel in the tundish causes defects in the final product, crack formation and so breakouts during the continuous casting operation increasing the amount of waste product.

In this project with Heraeus Electro-Nite, it is aimed to reduce breakouts during the continuous casting operation by keeping the liquid steel temperature in tundish under control using a continuous measurement system, to increase the efficiency of the casting machine with higher casting speeds, the surface quality of the billet and at the same time the internal quality of the steel.

Özet

Enerji kullanımı yoğun bir sektör olan demir - çelik tesislerinde, özellikle küresel hammadde ve enerji krizinin olduğu şu dönemde, sürdürülebilir üretimi arttırmak ve enerji kullanım miktarını optimize etmek ciddi önem arz etmektedir. Bu nedenle çelik üretim prosesinde sıvı çeliğin döküm potasından kalıplara transferini sağlayan tandişte, sıcaklık kontrolü en önemli parametrelerden biridir. Tandiste sıvı çelik sıcaklığının yüksek olması, nihai ürün kusurlarına, çatlak oluşumuna ve sürekli döküm operasyonu boyunca yol kanamalarına sebebiyet vererek hatalı ürün miktarını arttırmaktadır.

Heraeus Electro-Nite ile bu projede, sürekli döküm operasyonu boyunca tandişte sıvı çelik sıcaklığının sürekli ölçüm sistemi kullanılarak kontrol altında tutulması ile yol patlamalarının azaltılması, daha yüksek döküm hızlarıyla

döküm makinasının veriminin artırılması, kütüğü yüzey kalitesi ve aynı zamanda çeliğin iç kalitesinin artırılması amaçlanmıştır.

1. Giriş

Dünya genelinde çelik üretiminin büyük bir kısmı sürekli döküm prosesi ile gerçekleşmektedir. Tandish içindeki sıvı çelik sıcaklığını kontrol altında tutmak bu proses için en önemli noktalardan biridir.

Ergimiş haldeki sıvı çeliğin kaliteli yarı mamule dönüştürülmesi yeterli süper ısının sağlanması ve tandisten kalıba aktarılan sıvı çeliğin dengeli katılaşması ile mümkün olabilmektedir. Süper ısı kontrolü önemli bir parametre olmakla birlikte tandish içindeki sıvı çeliğin donma riskini en aza indirmektedir.

Bilecik Demir Çelik, CasTemp Sürekli Sıcaklık Ölçer sistemini devreye almadan önce sıcaklık ölçüm ve kontrolünü operatör tarafından kullanılan "termokupl" ile sağlamaktaydı. Bu yöntem ile tandište sıvı çelik sıcaklığının anlık takibi yapılamamakta ayrıca operatör tarafından kullanılması ile işgücü kaybı yaşatmakta ve sarf malzeme israfı olarak değerlendirilebilmektedir. Sistem tarafından üretilen veriler 15 saniyede bir CasTemp cihaz ekranına yansımaktadır.

Yapılan bu proje ile Heraeus Electro-Nite, tandish prosesinde sıvı çelik sıcaklığının sürekli ölçüm sistemi kullanarak sıvı çelik sıcaklığı kontrol altında tutulup yol patlamalarının azaltılmasına, sıcaklık ve döküm hızıyla bağlantılı olarak daha yüksek döküm hızı sebebiyle döküm makinesinin veriminin artırılmasına, dökülen malzemenin yüzey kalitesinin aynı zamanda çeliğin iç kalitesinin artırılması ve pota geliş sıcaklıklarının azaltılması amaçlanmaktadır.

2. SDM Prosesi

İkincil metalürji istasyonu olan pota ocağında sıvı çeliğin kimyasal analizi ve sıcaklık gibi proseslerinin tamamlanmasından sonra pota, SDM de proses dizaynına

göre yarı mamul şekline dönüştürülmektedir. Sürekli Döküm yöntemi yüksek verimliliği, ucuzluğu ve kısa sürede yarı ürünün elde edilmesinden dolayı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilecik Demir Çelik fabrikası 6 tonluk tandiş ve 3 yollu SDM'ye sahiptir. [1]

2.1. Proses sürecini etkileyen olaylar

Kütük yüzey kalitesi haddeleme sonrasında nihai mamul kalitesi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla kütük kalitesi üretim sürecinde kontrol altında tutulmalıdır. Kusurların oluşum mekanizması iyi bilinirse gerekli tedbirler alınarak kusurların oluşumu önenebilir.

Sürekli Döküm Makinesi'nde (1) kalıpta eşit/homojen olmayan birincil soğutma, (2) sıvı çeliğin türbülanslı akışı ve kalıpta menisküs seviyesinin anî değişkenliği (seviye kontrol), (3) homojen olmayan, yetersiz veya çok yoğun ikincil soğutma, (4) kalıp uzunluğu boyunca iletkenlik katsayısı eşit olmayan, kaplama kalınlığı farklı, termal değişkenliği yüksek ve ileri derecede aşınmış kalıp (kalıp deformasyonu), kalıp taperı (koniklik) (v) aşırı yüksek ısıya sahip sıvı çelik dökümü, (5) yüksek döküm hızı ve (6) uygun olmayan özelliklere sahip döküm tozunun kullanılması ve yetersiz yağlama, (7) yüksek miktarda P, S, Pb ve Cu, (8) makina kalibrasyonunun bozulması, (9) Çekme - doğrultma gerilmeleri, (10) düzensiz osilasyon, (11) ferromagnetik basınca karşı yeterince dirençli olmayan kabuğun şişmesi, (12) $3 > Mn/Si$ oranı, gibi durumlar sonucunda yarı mamul de kusurlar görülebilmektedir.

Özellikle enine çatlaklar, osilasyon izleri, gaz boşlukları, makro enklüzyonlar çelik üretim prosesinde sıklıkla karşılaşılabilen olaylardır. Tandiş içindeki sıvı çelik sıcaklığının kontrol altında olmaması bu tarz olaylara sebebiyet verebilmektedir. Yüksek döküm sıcaklığı enine çatlaklara neden olmakla beraber bu olay haddeleme de büyük sorunlara yol açabilmektedir. Çatlak kütükler kusurlu ürün olacağından dolayı ısı kartaya ayrılmaktadır.

Gaz çözünürlükleri sıcaklığın bir fonksiyonudur. Tandiş içindeki sıvı çelik sıcaklığının çok yüksek olması gaz boşluğunu tetiklemektedir. Döküm hızının frekansa uygun olmamasından kaynaklı osilasyon izleri görmek ise kaçınılmazdır. Aslında tüm olayların ana merkezi sıcaklık kontrolünden geçmektedir. Uygun döküm sıcaklığı, döküm hızı-frekans, sıvı çelik sıcaklığı-yeterli soğutma ile homojen katılma sağlamak döküm makinesinde birincil hedeflerden biridir.

3. Teknoloji

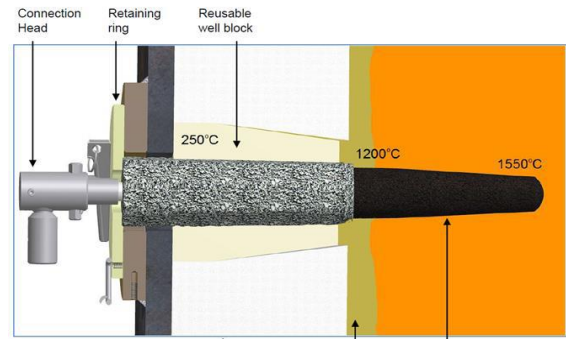
3.1 CasTemp sürekli sıcaklık ölçer sistemi

CasTemp sensöründeki B tipi termokupl, analog bir DC milivolt sinyali üretir. Üretilen bu mV değeri, kablosuz CasTemp cihazı tarafından dijital bir sıcaklık değerine

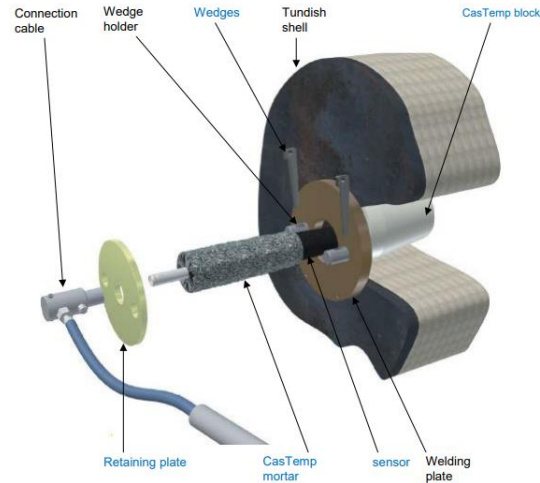
dönüştürülür ve kablosuz olarak bir alıcı istasyonuna iletilir. Alıcı birim, önemli sistem durumu verileriyle birlikte ölçülen sıcaklık değerini görüntüler. Heraeus Electro-Nite Mühendislik ekibinin tasarladığı özel CasTemp sensörü tandiş üzerine monte edilmiştir. [2]



Şekil 1. CasTemp Sisteminin genel görünümü



Şekil 2. CasTemp duvar sıcaklık sensörünün kesit görünümü



Şekil 3. CasTemp sisteminin çeşitli bölümlerinin kesit görünümü

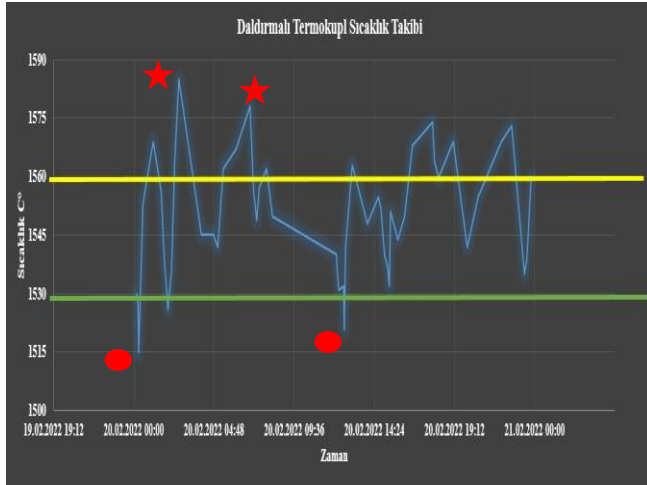
3.2 Sürekli sıcaklık ölçer çıktıları

CasTemp 15 saniyede bir vermiş olduğu sonuçlarla tandişi içi sıcaklığı anlık olarak gösteren bir sistemdir. Bu özellik döküm operatörüne anlık döküm sıcaklığını vererek tandişi - sıvı çelik donmasının ve aşırı sıvı çelik sıcaklığının önüne geçmesini sağlamaktadır. SDM de operatör tarafından manuel olarak sıcaklık ölçmek işgücü kaybına neden olmaktadır. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için ekstra sarf malzemesi harcadığı unutulmamalıdır.

CasTemp sürekli sıcaklık ölçer sistemi ile döküm operatörü anlık çalışma sıcaklığını görerek hızlı aksiyon almasını sağlayabilmektedir. Örneğin herhangi bir potanın sürekli döküm makinesine beklenenden daha soğuk gelmesi sonucu tandişi içindeki sıvı çelik sıcaklığının hızlıca düşmesi ile CasTemp cihazında bu sıcaklık gradyanının eğilimini farkederek operatör kararlılıkla potayı kapatıp tandişi donmasının önüne geçebilmektedir.

Bir başka örnekte ise döküm operatörü pota ocağından gelen dökümün sıcaklığını anlık tandişi sıcaklık durumuna göre istemesi sonucu pota ocağında sıvı çeliğin ısınması için harcanan enerjinin daha az kullanıldığı saptanmıştır.

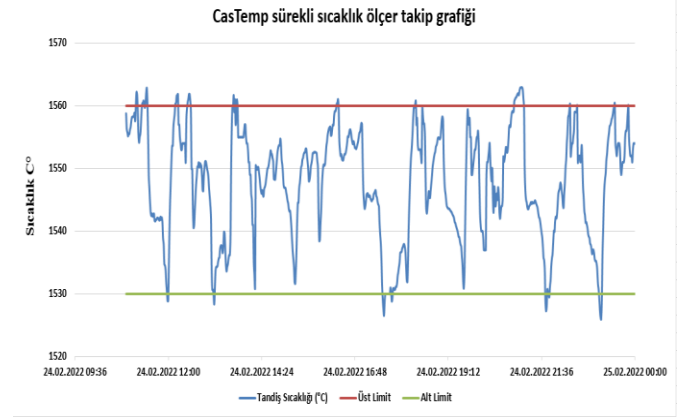
4. Deneysel Çalışmalar



Şekil 4. Bilecik Demir Çelik Skada Takip Sistemi

Bilecik Demir Çelik fabrikasında bulunan skada takip sistemine bağlı tandişi sıcaklık izleme sistemi Şekil 4'de belirtilmiştir. Bu çalışmada daldırma termokupl ile alınan sıcaklıklar bulunmaktadır. Çalışma boyunca operatör belirli aralıklarla sıcaklık ölçüsü almıştır. Üst limit 1560 derece alt limit 1530 derece olarak belirlenmiştir. Grafikten de anlaşıldığı üzere çoğunlukla üst limit çizgisinin üzerindeki sıcaklıklar da çalışılmıştır. Yıldız ile belirtilen kısımlar da yüksek sıcaklıktan dolayı yol patlaması yaşanmıştır. Bu olayın başlıca kaynaklarından biri operatörün tandişi sıvı çelik sıcaklığını anlık olarak takip edememesi ve pota

ocağından gelen dökümün tandişi sıvı çelik sıcaklığı için uygun olmamasından kaynaklanmaktadır. Daire ile belirtilen kısımlar da tandişi sıvı çelik sıcaklığı ani bir düşüş yaşamıştır. Tandişi donmasının önüne geçmek için operatör potayı kapatıp bindirmeye gelen diğer dökümün sıcaklığı ile tandişi donmaktan kurtarmıştır. Bu olay sonucunda 2 yol da ek yapılmış olup, 4 ton yarı ürün mamul geri dönüşüm olarak ayrılmıştır.



Şekil 5. CasTemp Sürekli Sıcaklık Ölçer Sistemi

Bilecik Demir Çelik ve Heraeus Electro-Nite ortaklığında devreye alınan CasTemp Sürekli Sıcaklık Ölçer sistemi kombine trend analizi yapılarak 2 vardiya boyunca takip edilmiştir. Üst limit 1560 derece alt limit 1530 derece olarak belirlenmiş olup döküm sıcaklık aralıkları Şekil 5'de belirtilmiştir.

Bu süre boyunca SDM de herhangi bir yol patlaması yaşanmamıştır. Hazırlanan tüm dökümler zamanında bindirmeye yetiştirilmiştir, yol tapalanmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Şekil 5'de dip noktalar olarak varsaydığımız tandişi sıvı çelik sıcaklığı 1525-1530 derecedeyken yeni bir döküme başlanmıştır bu sırada tandişi sıvı çelik sıcaklığında düşüş yaşanmıştır.

Makine yol hızlarında ortalama %10'luk artış olmuş, bu artışa bağlı olarak çelikhane günlük üretim miktarının da %8'lik bir iyileşme meydana gelmiştir. SDM operatörü manuel olarak sıcaklık alma gereksinimi ortadan kalkmıştır. CasTemp sürekli sıcaklık ölçer sistemi 15 saniye de bir operatöre tandişi içi sıvı çelik sıcaklığı bilgisini vermiştir.

5.Sonuç

SDM de tandişi sıcaklığı en önemli parametrelerden biridir. Yüksek ve düşük sıcaklıkta çalışmak bazı sıkıntıları da beraberinde getirmektedir. Tandişi sıvı çelik sıcaklığı limit aralık değerlerinde olduğu sürece döküm makinesi operatörü tandişi seviyesinde tam kapasiteye ulaşarak makine yol hızlarını da arttırmıştır. Ayrıca tandişi seviyesinin tam

kapasite çalışılması tandiş refrakter aşınmasının da azalttığı saptanmıştır.

Tandiře oksijen müdahalesi istenmeyen bir durum olmakla beraber tandiş sıcaklığı kontrolü ile bu durum kontrol altına alınarak tandişe oksijen verme olayını ortadan kaldırmıştır.

SDM'de tandiş içindeki sıvı çelik sıcaklığını ölçmek için kullanılan ve sarf malzemeler sınıfında yer alan daldırmalı termokupl, CasTemp sürekli sıcaklık ölçer sisteminin devreye girmesinden itibaren kullanımında azalma gerçekleştiğinden dolayı bu sarfiyat engellenmiştir.

Ayrıca CasTemp kombine trend analizi yöntemiyle vardiyalar arasındaki SDM de gerçekleşen olay sıklık analizlerine göre performans kriter değerleri belirlenmiştir. Sürekli döküm operatörü CasTemp sisteminden gelen anlık veriler ile sürece yaptığı müdahalelerin sonuçlarını hızlı görebilmekte ve tandiş içerisindeki sıvı çelik sıcaklığını istenilen hedefte tutabilmektedir.

3 yollu döküm makinesinde toplamda ortalama yol hızı 6,5-7,0 m/dk iken 7-7,5 m/dk seviyelerine çıkmıştır. Bu sonuç ile dinamik sıcaklık takibinin yapılarak dökümlerin daha kısa sürede yarı mamul formuna dönüşmesini ve makine verimliliğinin arttırmasını sağlamıştır.

Tandiřdeki yüksek sıvı çelik sıcaklığına bağılı olarak kalıp içinde meydana gelen yetersiz katılma ile yol patlaması meydana gelmektedir. Kabuk oluşumunun zayıf olması nedeniyle iç basıncın dış basıncı yenerek sıvı çeliğin tamamen boşalması nedeniyle döküme devam edilemez. Kalıptaki seviye aniden düşer ve yol kaybedilir. Bu sistem sayesinde yol patlamalarında %50 oranında azalma meydana gelmiştir.

Dökülen malzemenin yüzey kalitesi ve aynı zamanda çeliğin iç kalitesinin arttırılması sağlanmıştır. Ekli kütük (%5), çatlak kütük (%10), yarı kütük (%25), cürufllu kütük (%20) oranında azalma meydana gelmiştir.

Günümüz teknolojisinde gelişen büyük veri, yapay zeka ve modellerin üretim proseslerine de etkisi artmaktadır. Bu bağlamda CasTemp sistemi kullanılarak veri sıklığı artırılan tandiş döküm sürecine bağılı olarak pota ocağı çıkış sıcaklıklarının da modellenmesi bir sonraki hedef olarak belirlenmiştir.

6. Teşekkür

CasTemp sürekli sıcaklık ölçer sisteminin devreye alınmasında emeği geçen Bilecik Demir Çelik ve Heraeus Electro-Nite çalışanlarına teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] Sürekli Döküm Makinesi (SDM) Eğitim Notları, İzmir Demir Çelik Sanayi A.Ş.
- [2] J. Pischak, A. England ve S.Walker, Process Improvements at a Continuous Caster Using CasTemp SuperHeat, (2-3)