

TANDIŞ SICAKLIĞININ SÜREKLİ ÖLÇÜMÜ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM

Manfred Berndt, HERAEUS ELECTRO-NITE INTERNATIONAL N.V. Houthalen, Belgium

Çeviri : Aziz SEZER

Özet

Sürekli tandış sıcaklığı ölçümündeki mevcut güncel teknoloji, bir sensörün çelik-curuf arayüzünden geçerek, tandışteki eriyik çeliğin sıcaklığını ölçmek için, çeliğin içine daldırılmasını kapsar.

Bu makale yeni bir sürekli sıcaklık ölçüm sistemini tarif etmektedir ki, tandış ön-ısıtması sırasında olduğu gibi, bütün döküm prosesi süresince gerçek zamanlı olarak yanlışsız bir sıcaklık verebilmektedir.

Tandış duvarı içinden geçen bir sensör devreye girmiştir ve tandış ön-ısıtmasının başlangıcından dökümün sonuna ve çeliğin katılaşmasına kadar sürekli olarak sıcaklığın elde edilebilmesini garantilemektedir.

Giriş

Sürekli döküm teknolojisi çelik üretiminin ayrılmaz bir parçası olduğundan beri, döküm makinasının verimi, kullanıma hazır olması ve aynı zamanda dökülen slabın kalitesiyle ilgili olarak döküm prosesini geliştirmek için birçok çalışmalar yapılagelmiştir.

Sürekli çelik döküm prosesinde çeliğin katılaşması, prosesin prensibidir. Yüksek kaliteli ürünler için, iyi kontrol edilmiş çelik katılaşması önşarttır. Bu nedenle, dökülen çelik kalitesiyle bağlantılı olarak, tandış sıcaklığı, dökülmekte olan slab kalitesi ve döküm hızı nedeniyle çok önemli bir faktör olarak algılanmaktadır. Sürekli tandış sıcaklığı ölçümündeki mevcut güncel teknoloji, bir sensörün çelik-curuf arayüzünden geçerek, tandışteki eriyik çeliğin sıcaklığını ölçmek için, çeliğin içine daldırılmasını kapsar. Sürekli olmayan sıcaklık ölçümü için bu, genellikle daldırarak ölçmeyle yapılır.

İleriye doğru büyük bir adım, "Contitherm" olarak adlandırılan sürekli sıcaklık ölçme aygıtının geliştirilmesiydi ki, döküm esnasında sürekli sıcaklık ölçülmesini sağlıyordu. Contitherm bir ölçüm sistemidir ve o da sıvı çelik içine curuf ve tandış örtü tozundan geçerek daldırılmaktadır ve daldırmanın başlangıcından probun sıvı çelik içinden çekip alınmasına kadar sürekli sıcaklık ölçümü sağlar ki bu çekip çıkarma genellikle döküm sonundan önce olur. Pota değişimi esnasında tandışte çelik seviyesinin düşürülmesi ölçümü kesintiye uğratar ve sert curuf, probu kırabilir. Sürekli bir sıcaklık ölçümü garanti değildir. Her iki sistemde alınan sıcaklıklar çok doğrudur fakat ölçme pozisyonları asıl enteresan sıcaklık olan çıkış nozuluna yakın yerlerden oldukça uzaktır, ayrıca tekrarlanabilir sıcaklıklar elde edebilmek için dalma ve sensör pozisyonları her zaman aynı değildir.

Çıkış nozulundaki sıcaklıklara doğru yaklaştıkça, çeşitli sistemler mevcuttur.

- Monoblok stopper içinden termokupl
- Tandış içinden sokulan tandış refrakteri içine yerleştirilen termokupl
- Tandış dışından sokulan tandış refrakteri içine yerleştirilen termokupl

Çıkış nozulunda neredeyse eşzamanlı sıcaklık elde edebilmek için, piyasa talebi; daha önce olduğu gibi şimdide çok hızlı tepkime süresidir.

Heraeus Electro-Nite CasTemp Sistemi

Heraeus Electro-Nite, Cas Temp olarak adlandırılan, duvar içine yerleştirilmiş bir sıcaklık ölçme sistemi geliştirdi ki bu, bütün ölçme uygulamaları için esnek olabilen, tandiş duvarı içine yerleştirilmiş bir sensördür, öyleki, **Sekil 1** 'de gösterildiği şekilde, tandiş tabanına yerleştirilebildiği gibi, çıkış nozuluna yakın olabilmek için yan duvarada yerleştirilebilmektedir.



şekil 1: CasTemp yerleştirme pozisyonları

Bu sistem aşağıdaki avantajları sağlar:

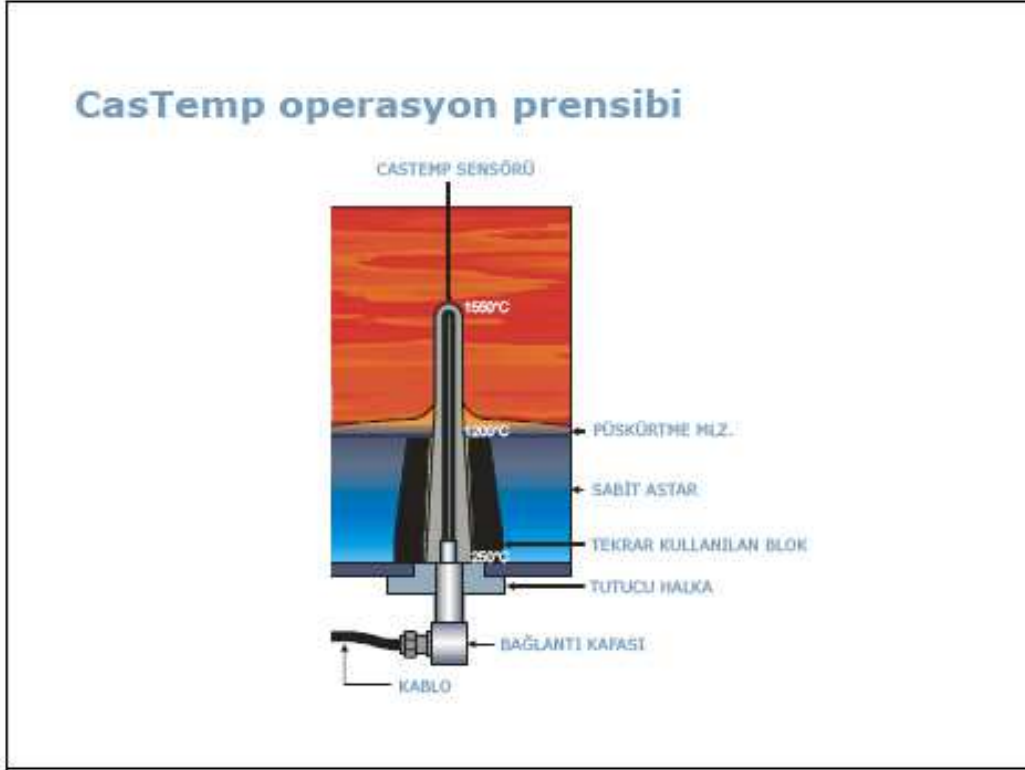
- Sensörün tandiş çıkış nozuluna yakın ölçüm aldığı bir tandiş sıcaklık ölçüm sistemi
- Tandiş ön-ısıtma sıcaklığını ölçebilen bir sensör
- Döküm tesisi operatörünün müdahalesini minimum ölçüde gerektiren bir sıcaklık ölçüm sistemi ve dolayısı ile işgücü tasarrufu ve emniyet garantisi.
- Mevcut tesise minimum miktarda değişim gerektiren fonksiyonel bir ölçüm sistemi
- Potanın açılmasını takiben 90 saniye içinde yanlışsız bir sıcaklık sinyali
- Bağlantı kablolarının serin ve iyi korunmuş bir alanda konumlandığı ve böylece en az hasarı garantileyen ve sonucunda servis ömrünü uzatan bir sıcaklık ölçüm sistemi
- Katılaşma sıcaklığını ölçen ve kendini kalibre eden bir sıcaklık ölçme

CasTemp operasyon prensibi

Cas Temp sistemi, her döküm dizisinde değiştirilen ve tandiş örgüsü içindeki tekrar kullanılabilen bir montaj blok tuğlası içine sabitlenmiş, kullanıldıktan sonra atılan bir sensörden ibarettir.

Sekil 2 , tandiş tabanına monte edilmiş castemp sensörünü göstermektedir, ve aynı zamanda

tipik bir tandiş dizi dökümü sırasında refrakter örgü içinden ölçülen sıcaklıklarda görölmektedir. Konstrüksiyon şekli ve ölçülen sıcaklıklardan, sistemin maksimum derecede emniyet sağladığı çok açıktır.

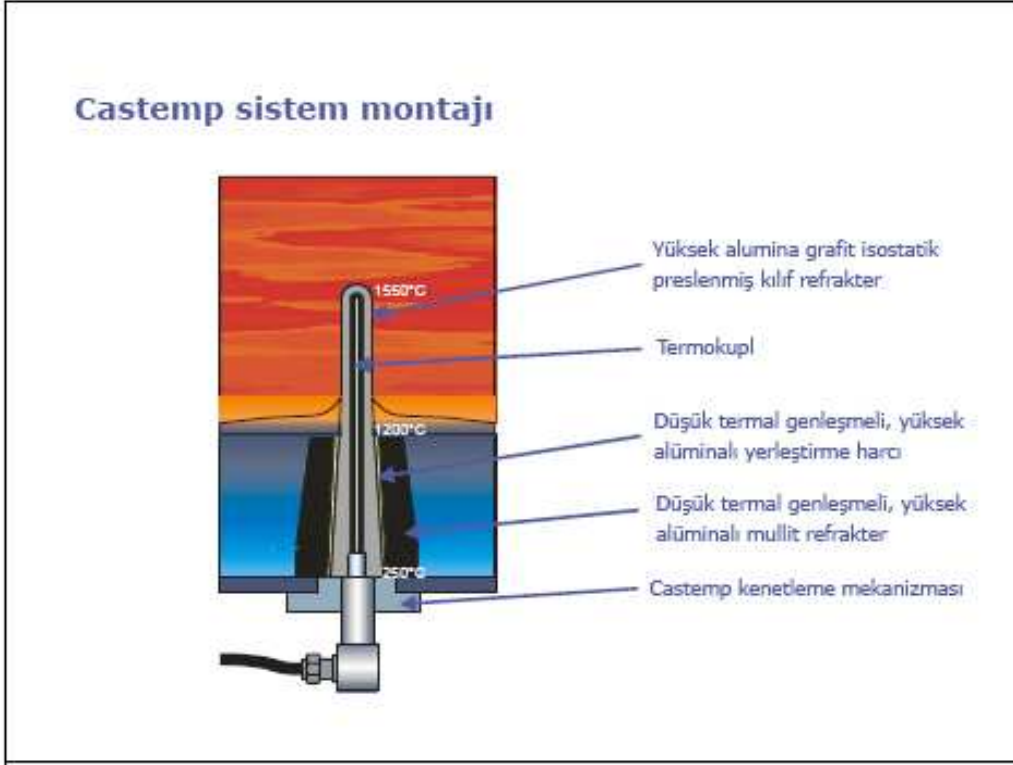


şekil 2: CasTemp operasyon prensibi.

Sensör, refrakter montaj bloku içine yapışmayan bir yerleştirme harcı ile sabitlenir. Böylelikle, sensör ile blok arasındaki birleşim yerinin tam bir bütünlük teşkil etmesi garantilenmiş olur ve aynı zamanda da, montaj bloku zedelenmeden, tandişten çelik skal temizlendikten sonra, sensörün kolayca çıkarılması temin edilmiş olur.

Sensör, refrakter montaj blokuna yerleştirildikten sonra, blok da kalın çelik tutucu halka ile yerine sabitlenir ki bu da çelik tandiş gövde kasası içine veya üzerine kaynatılmış kaide plakasına vidalanarak yapılır.

Durum **şekil 3** 'te göröldüğü gibidir.



Şekil 3: CasTemp sistem montajı

Cas Temp montaj bloku, tandiş kalıcı astarına iyi uyum sağlar ve servis ömrü tandiş kalıcı (sabit) astarı ile çok benzeşir.

CasTemp'in özel yapışmayan yerleştirme harcı, ki 1600 °C'da %2.5'dan az büzülmesi vardır, uygun sızdırmazlığı sağlar ve sensör ile blok arasından çelik sızıntısını önler ve aynı zamanda prob konumlandırılmasının dayanıklı olmasını sağlarken, sensöründe montaj blokuna zarar vermeden yerinden sökülebilmesini sağlar.

Sekil 4

CasTemp sensörü ısı şokuna mukavimdir ve ön-ısıtmasız tandişler içinde kullanılabilir.

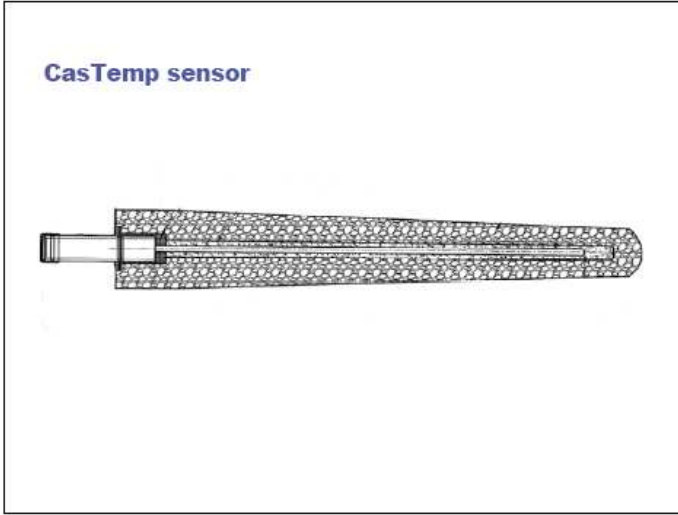


Şekil 4: Kullanılmış bir CasTemp sensörünün boyuna kesiti

CasTemp sistem parametreleri

Bütün CasTemp sensörlerinde, 1554 °C'da $\pm 1,0$ °C hassasiyeti olan özel olarak seçilmiş, Platinyum/Rodyum termokupl teli kullanılır. Çelik, tandiştir içinde katılaştığı zaman, CasTemp hesaplanan likidüs sıcaklığının ± 1 °C tolerans içinde ölçüm yapar ve hassasiyetini doğrulamış olur.

Prob kılıfı isostatik olarak preslenmiştir ve ısı iletimi, refrakterin ısı iletimine ve refrakter kütleyle bağlıdır. Kılıfın duvar kalınlığı termokuplun sıcaklık ölçen bölgesinde daha ince tutulur ve böylece yüksek tepki zamanı sağlanır, ki ön-ısıtılmış bir tandiştirte gerçek çelik sıcaklığını ölçmek sadece 90 saniye alır. **Şekil 5**



Şekil 5: CasTemp sensörleri

CasTemp probu pozisyon olanakları

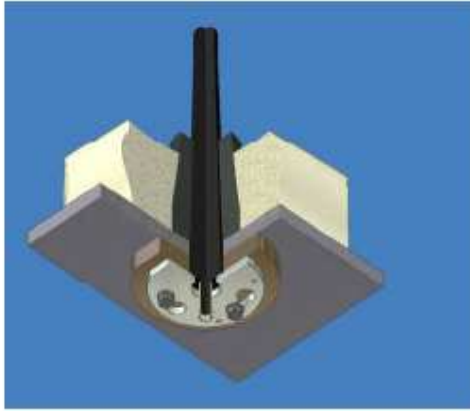
Sensörün ölçüm noktası tandişin çıkış nozuluna mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır, öyle ki, ölçülen sıcaklık, tandişi terketmekte olan çeliğin sıcaklığı ile ilişkilendirilebilmelidir. Sistemin esnekliği nedeniyle, tandiş tasarımı ile uyumlu olarak, tandişteki herhangi bir nokta seçilebilir. Tandişte esas olarak muhtemel iki montaj noktası mevcuttur, biri tandişin yan duvarından geçen **Şekil 6**, ve diğer alternatifte tandiş tabanından geçendir **Şekil 7**.

Yan duvara prob yerleşimi



Şekil 6 : Yan duvara prob yerleştirilmesi

Tabana prob yerleşimi

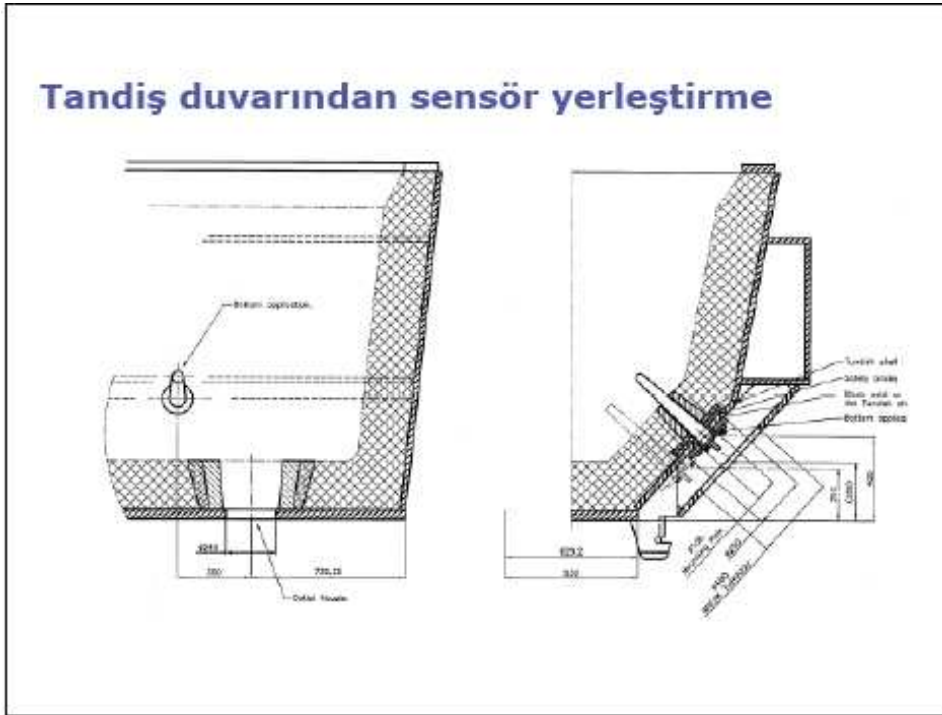


Şekil 7: Tabandan prob yerleştirilmesi

Tandişte castemp probunu konumlandırmanın, hassas ve tekrarlanabilir çelik sıcaklığı alabilmede özel ehemmiyeti vardır. Gerçek zamanlı bir çelik sıcaklığı kaydı için, sensör ölçüm noktasının, tandiştir çıkış nozuluna yakın olması gerekmektedir. Tandiştir tabanında veya tandiştir duvarında olsun, sensör ölçüm noktasının ideal olarak minimum 200 mm mesafede olması gerekmektedir. Bu durum eş zamanlı çelik sıcaklığını garantiler.

Sekil 8 bir slab döküm makinasındaki montaj örneğini göstermektedir, ki burada, castemp sensörü tandiştir yan duvarına yerleştirilmiştir ve, tandiştir çıkış nozulundan tam olarak 350 mm uzaklıktadır (orta eksenden, orta eksene). Bu pozisyon, nozulu terketmekte olan sıvı çeliğin eşzamanlı çelik sıcaklığı ölçümünü garantiler.

Sekil 9 işletmedeki bir CasTemp sistemini göstermektedir. Sol taraftaki fotoğraf, sıcak bölge bağlantı kablosuyla birlikte, dış taraf kenetleme mekanizmasını göstermektedir. Sağ taraftaki fotoğraf, sensörün ölçme yapan parçasını göstermektedir ki, tandiştir refrakter örgüsünden belirgin olarak iç tarafa doğru çıkıntılı ve, püskürtme kaplamasından 200 mm yukarıdadır.



Şekil 8: Tandiştir duvarına sensör konumlandırılması.

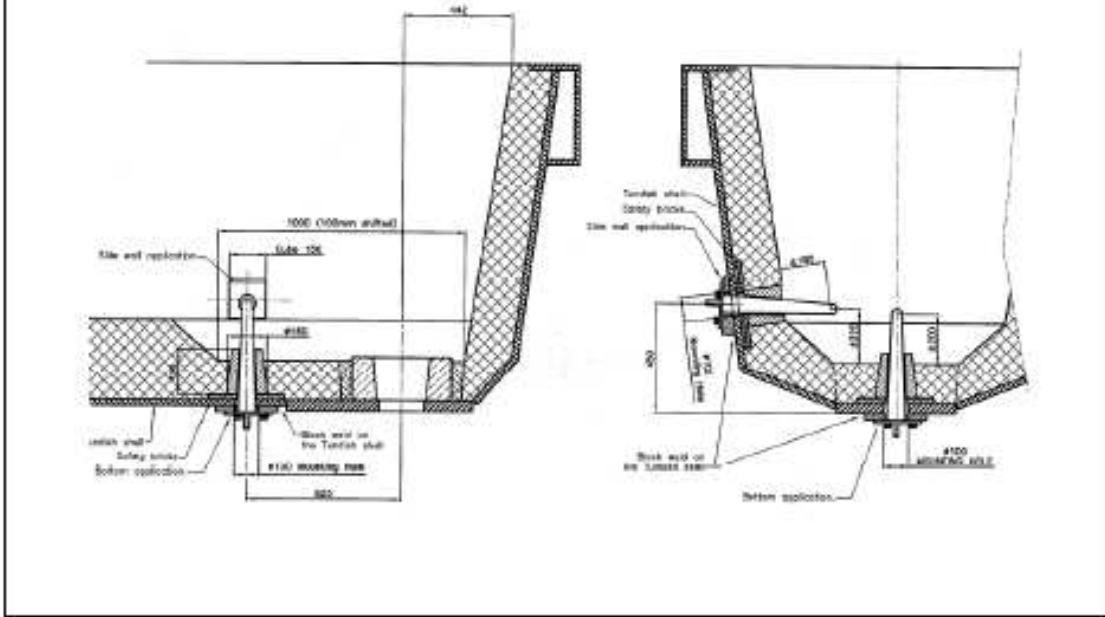
İşletmedeki CasTemp



Şekil 9: İşletmedeki CasTemp.

Şekil 10 tandiş yan duvarından geçen ve alternatifi olarak tabandan yerleştirilen iki sensör pozisyonunu göstermektedir. Tabandaki pozisyon, tandişin ortasında, tandiş tabanına yakın elik akışının sıcaklığını belirlemeyi sağlar. Geçerli bir sinyal alınabilmesi için, sensör kablo bağlantısının civarındaki sıcaklık 250 'dan daha yüksek olmamalıdır. Bu durum yan duvardan prob yerleştirmeyi destekler, çünkü, bir elektrik bağlantısı için daha düşük sıcaklık ve daha emniyetli bir ortam mevcuttur.

Tandış tabanı veya tandış yan duvarına sensör yerleştirilmesi



şekil 10: Tandış tabanından veya tandış yan duvarından sensör yerleştirme.

Sonuçlar ve irdeleme

Sekil 11 standart “üst taraftan” Contitherm ile ve CasTemp sensörü ile ölçümlerin mukayese edildiği tipik iki seriyi göstermektedir. Grafik, CasTemp, standart Contitherm ve Positherm daldırma sensörlerinin tipik bir mukayesesini göstermektedir. Görülebilmektedir ki, normal dolu tandış döküm şartları esnasında her üç sistemde çok benzer çıktılar vermektedir.

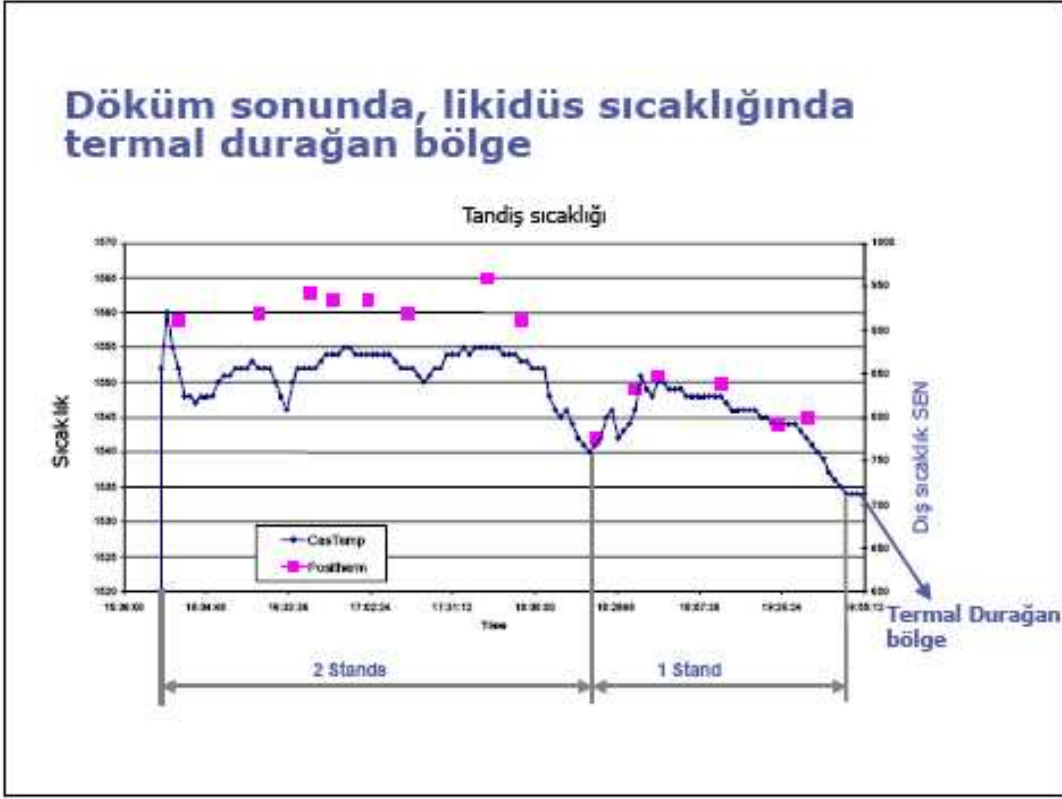
İlk seri esnasında, “düşük tandış ağırlıklı” pota değişiminden sonra, tandışın düşük seviyeli çalıştırıldığında, Contitherm sensörü tandış curufu ile kaplanmış ve çeliğe derin olarak daldırılmamıştır, böylece düşük ölçmesine sebep olmuştur. Mukayese edildiğinde, CasTemp bu şartlardan etkilenmemiştir ve kullanılıp atılan (tek kullanımlık) sensör ile benzer sıcaklıklar ölçmektedir.



Şekil 11: Sıcaklık ölçme sistemlerinin mukayesesi.

CasTemp sensörü, dökümden sonra çelik tandış içinde soğuduğunda, çeliğin likidüs sıcaklığını ölçer.

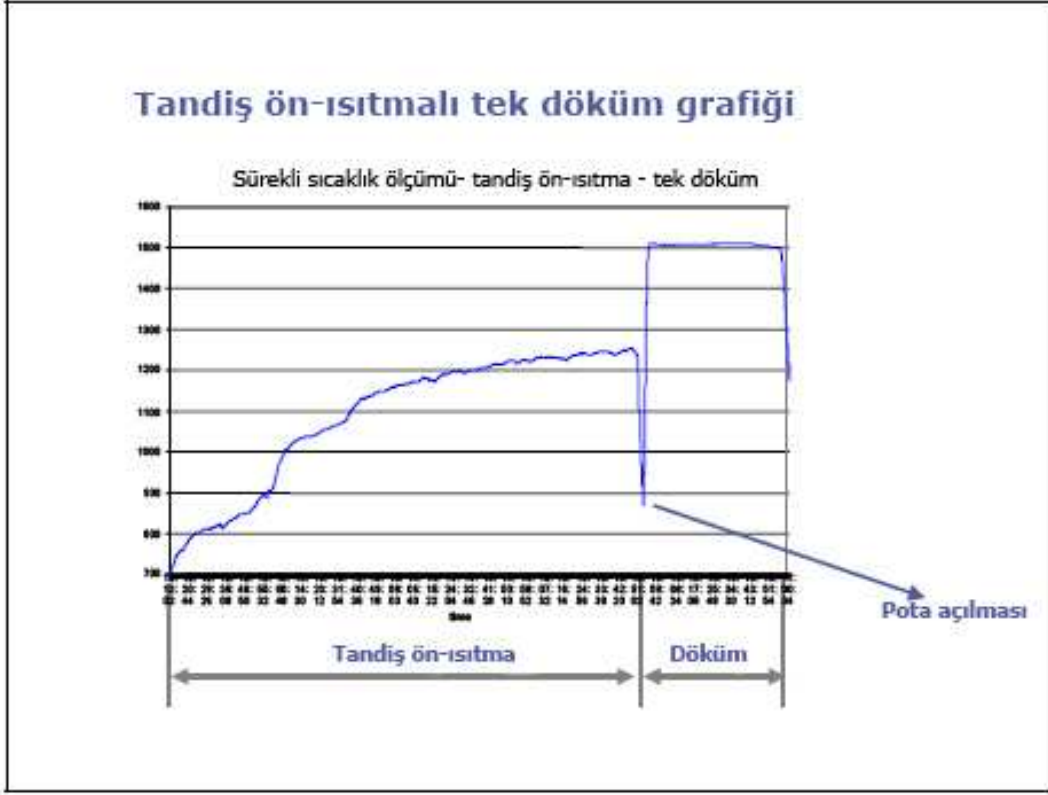
Sekil 12 , CasTemp tarafından ölçülen, çeliğin soğuması sırasındaki termal durağan bölgeyi göstermektedir. Enteresan olan, bunun, hesaplanan likidüs sıcaklığının sadece 1 °C toleransla aynı olmasıdır. CasTemp sensörü, tandışteki pozisyonundan dolayı, Contitherm'den 2 ° ila 6 °C arasında daha düşük ölçer. Düşük üretim tonajlarında, tandışteki çelik sıcaklığı daha homojen bir hal alır ve Contitherm ile CasTemp arasındaki sıcaklık farklılığı azalır.



Şekil 12: Döküm sonunda likidüs sıcaklığındaki termal durağan bölge.

CasTemp sürekli sıcaklık ölçüm sistemi, tandış ön-ısıtmasından çeliğin katılaşmasına kadar, % 100 sıcaklık kontrolünü olanaklı kılar.

Şekil 13 , tandış ön-ısıtmasının başlangıcından dökümün sonuna kadar, bir tek dökümü göstermektedir.

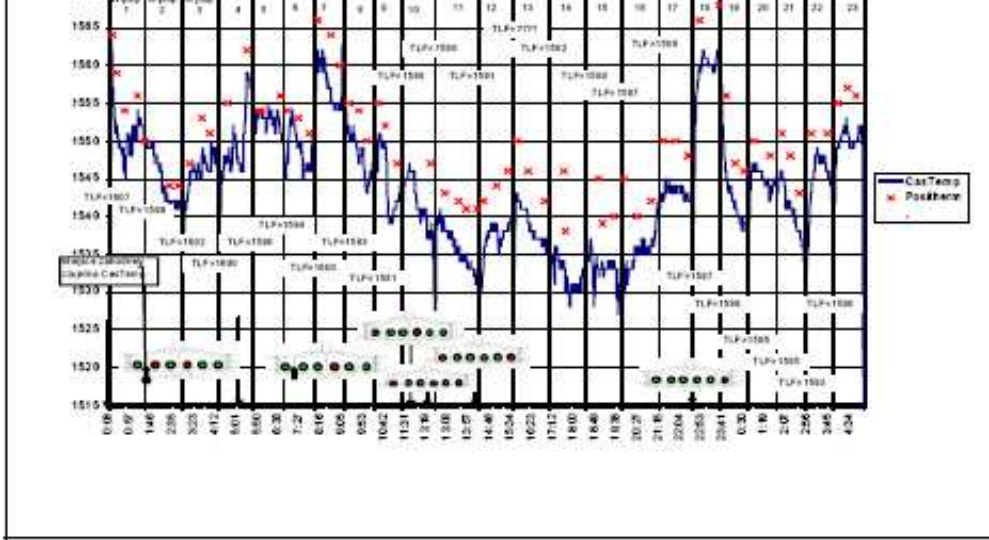


Şekil 13: Tandış ön-ısıtmalı bir tek dökümün grafiği.

CasTemp sensörünün servis ömrü bir bindirme döküm dizisi kadardır, ki bu arada, dökülen çelikteki serbest oksijen seviyesi, sensörün servis ömrünü sınırlar. Şimdiye kadar erişilmiş döküm süresi, bir kütük döküm makinasında yaklaşık 30 saattir ve 23 potaya tekabül eder, ki bu da CasTemp sisteminin iyi performansını teyit eder.

Sekil 14

30 saat döküm süresi olan, 23 potalık bindirme dizisi



Şekil 14: Yaklaşık 30 saat döküm sürelı, 23-potalık bindirme dizisi.

CasTemp'in yararları

CasTemp sistemi kullanıcıya birçok yararlar sağlamaktadır. Tandış çıkış nozuluna yakın bir yerdeki gerçek zamanlı çelik sıcaklığının sürekli olarak sağlanıyor olması, döküm sırasında sıcaklık eğilimleri hakkında kesin bir görüşe sahip olmayı ve bu sayede derhal tepki gösterilebilmesi olanağını sağlar.

Bu sayede:

- Yüksek sıcaklıkların sebep olduğu kanamalar önlenebilir veya en az seviyeye indirilebilir.
- Döküm hızı ayarlanabilir ve sıcaklığa göre optimize edilebilir.
- Sıcaklık ve döküm kalitesiyle bağlantılı olarak, daha yüksek döküm hızı nedeniyle döküm makinasının verimi artırılabilir.
- Dökülen malzemenin yüzey kalitesi ve aynı zamanda çeliğin iç kalitesi artırılabilir.
- Dökülmekte olan malzemenin donması önlenebilir.
- Donan döküm yolu nedeniyle pota geri çevirmeleri en aza indirilebilir, döküm kesme hedeflemesi yapmak mümkün olur.
- Tandış ön-ısıtma zamanı optimize edilebilir.
- Bindirme oranı artırılabilir.
- Daha az insan gücü.
- Döküm sırasında çelik sıçramaları olmaz, emniyet yükselir.
- Döküm başlamadan önce sistemi ayarla, fişe tak ve unut.

İşletmelerin kendilerine göre daha başka yararlar sağlamasında mümkündür.

Enstrümantasyon ve kayıt

Digitemp Contitherm

Digitemp enstrümanları, sürekli CasTemp sinyallerinin verilerini hesaplayabilir ve çevre ekipmanlarına ve işletme bilgisayarına profesyonel bir bağlantı hattı olarak hizmet verebilir. Parlak ışıklı göstergeler ve büyük sinyal lambaları zaten standarttır. **Sekil 15**



Şekil 15: Harici ekipmanlara çıktılar.

Sonuçlar

CasTemp sistemi, döküm prosesini optimize etmek için sayılamamış imkanlar sunmaktadır ve dökülen malzemenin kalitesini geliştirir. Birçok CasTemp sistemi halihazırda başarıyla devreye alınmıştır ve büyük bir piyasa ilgisi CasTemp'in gelişimini teyit etmektedir. CasTemp sensör yerleştirme pozisyonlarındaki çok büyük esneklik ile ve tandiş çıkış nozulunda hassas ve aynı zamanda gerçek zamanlı sıcaklık ölçümü ile CasTemp, sürekli döküm prosesinin gelişiminde ilave bir kilometre taşıdır.

Referanslar: J.L. Lagerberg, W.W. Oldenburg, R.S. Huisman, J. Yardy, M. Kendall **Experience with a novel approach to continuous tundish temperature measurement.** Sonderdruck "Stahl und Eisen" Heft 4, Seite 45-48