



BOF Çelik Üretiminde Sublans (Yardımcı Lans) ile Çevrimiçi Curuf Kontrolu

Anahtar kelimeler: BOF çelik üretimi, Sublans kartuşları (probları), dinamik kontrol, hızlı döküm, curuf ölçümleri, geliştirilmiş fonksiyonlar.

Önsöz

Makalede, Avrupa ve Güney Afrikada kullanılan, eşzamanlı olarak sıcaklık ve çelik ve curufun oksijen aktivitesi, çelik banyo seviyesi ve curuf kalınlığını tespit edebilen yeni nesil sublans sensörleriyle ilgili tecrübeler aktarılmaktadır. Eksper bir modelde oluşturulmuş ilgili hesaplamalar, çok hassas döküm karbonu öngörüsü yapmayı ve direkt olarak döküme geçme-geçmeme kararını da olanaklı kılmaktadır. İlk olarak direkt fosfor öngörüsünde sistemin yeni özelliklerinden biridir. BOF üretim kapasitesinin averaj olarak günde en az bir döküm kadar artırılabilceği öngörüsü yapılabilir. Çevrimiçi BOF curuf kontrolü üfleme pratiğinin geliştirilmesine ve daha uzun refrakter astar ömrüne yol açar.

Sublans sisteminin avantajları

Sublans sistemi, proses modelinin son hedefe tekrar üfleme yapmaksızın ulaşabilmesi için çok kıymetli bilgiler sağlamaktadır.

Günümüzde, bütün dünya üzerinde kurulu 175 sublans sistemi mevcuttur. Modern BOF fırınları, sublans sistemlerini Statik Dinamik proses kontrol Modeli (SDM) ile bağlantılı olarak çalıştırmaktadırlar. Sublans ve SDM birlikteliği, “Dökümden-Döküme” geçen zamanda tatmin edici bir azalma yaratarak daha yüksek üretim nispetlerine olanak sağlamış ve aynı zamanda refrakter maliyetinide azaltmıştır. Sublans sistemleri temincisi olan Danieli Corus, Brezilyada sublans sistemi ile yeni donattıkları bir entegre tesiste BOF döngü süresindeki %17’lik bir azalmayla eş zamanlı olarak üretim kapasitesinde de %25’lik bir yükselmeyi son günlerde rapor etmişlerdir. Aynı zamanda konvertörün astar ömründe de %41’lik

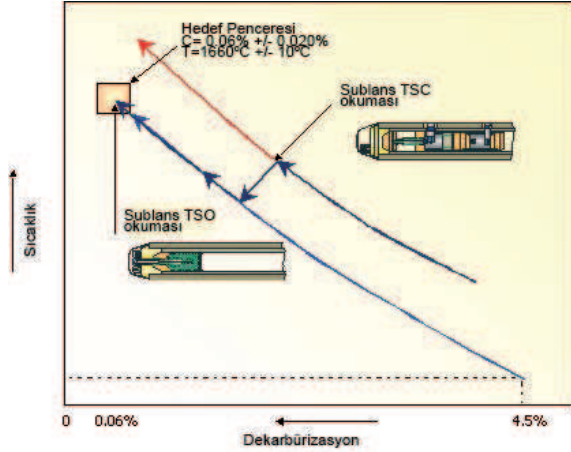
dikkate değer bir artış sağlanmıştır.

Atık gaz kütleli spektrometresi ile kontrol edilen fırından farklı olarak sublans sistemi, oksijen kesmeden yaklaşık 2 dakika önce herhangi bir duruşa sebep olmadan çeliğin sıcaklık ve kimyasını düzeltebilme şansı sağlamaktadır. Birlikte, sublans ve SDM, tekrar üfleme yapmaksızın karbon ve sıcaklıkta çok yüksek hedefi tutturma şansı yaratmaktadırlar.

Klasik yolla sublans operasyonu

Bir BOF tesisi için konvertörde sublans ölçümü kullanımında en tercih edilen yol her döküm başına iki sublans ölçümü almaktır. Konvertörde yapılan ilk ölçüm, üfleme sırasında yapılan ölçüm olarak adlandırılır. Bu ölçüm genel olarak oksijen üflemenin sonlandırılmasından 2 dakika önce alınır. Üfleme sırasında yapılan ölçüm için genellikle “Sıcaklık-Numune-Karbon” tipi prob kullanılır. Üfleme sırasında yapılan ölçüm, üfleme sonunda hedeflenen sıcaklık ve karbon miktarının eşzamanlı olarak tutturulabilmesi için üfleme modelinde bir düzeltmeye yönlendirir.

İkinci sublans ölçümü oksijen üflemenin sonrasında alınır. Bu son nokta ölçümü standart olarak bir TSO probu ile gerçekleştirilir. Bu prob çeliğin sıcaklığını ve çeliğin aktif oksijenini ölçer, ve aynı zamanda çeliğin nihai kompozisyonunu kontrol etmek için bir laboratuvar numuneside sağlar. Oksijen ölçümü, C-a(O) bağlantısına dayanarak, saniyeler içinde çeliğin hakiki karbon değerinde sağlamış olur. Buna ilave olarak, döküm sırasında gerekecek deoksidant (Aluminyum) miktarının ön-hesaplaması da verilebilir. Üfleme esnasındaki numunenin analizi ile birleştirildiğinde, sıcaklık ölçümü ve oksijen/karbon ölçümü hızlı döküme geçme kararına yönlendirebilir.



Şekil 1: Konvertörde dekarbürizasyon prosesi

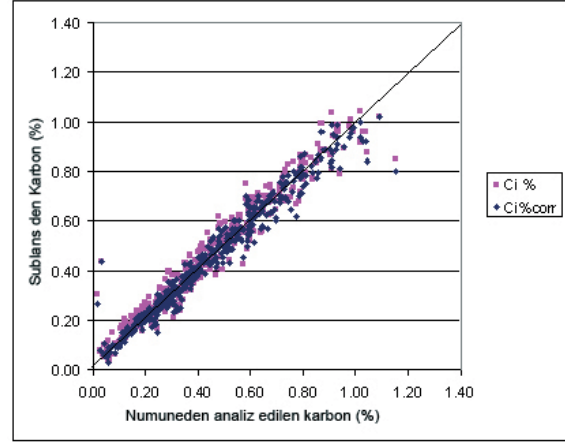
Yeni gelişmeler

Yeni nesil sublans sensörleri, yeni geliştirilmiş enstrümantasyon ile birlikte, eşzamanlı olarak çelik ve curufun sıcaklığını ve oksijen aktivitesini, çeliğin banyo seviyesini ve curuf kalınlığını okuyabilmektedir. Yeni geliştirilmiş enstrümantasyonla birlikte aynı zamanda, üfleme esnasındaki ölçüm ve üfleme sonu nihai ölçümlerdeki karbon tahminleride geliştirilmiştir.

Üfleme esnasındaki karbon tahmininde geliştirme

Üfleme esnasındaki karbon tahmini, çeliğin likidüs sıcaklığının ölçümüne dayanarak yapılır. Bu likidüs sıcaklığı çelikteki karbon miktarı tarafından tayin edilir, ama bununla beraber, çelikte mevcut diğer elementlerde likidüs sıcaklığını aşağı çekebilir. Bu nedenle, likidüs formülü, çelik kalitesine bağlı olarak adapte edilmelidir.

Karbonun daha doğru tespit edilebilmesini sağlayan, yeni bir karbon belirleme sistemi geliştirildi. Şekil 2’de, üfleme-esnasındaki normal karbon hesaplaması ile geliştirilmiş karbon hesaplanması arasındaki fark belirtilmektedir. Koyu renkli noktalar, geliştirilmiş formül ile hesaplanan üfleme-esnasındaki karbonu (Ci%corr) belirtmektedir. Görülebileceği gibi, yeni sonuçlardaki dağılım, normal karbon formülü ile elde edilenlerden daha azdır. Açık renkli noktalar standart formül ile hesaplanmış karbonu (Ci%) belirtmektedir.



Şekil 2. Geliştirilmiş karbon formülü ile standart formülün mukayesesi.

Üfleme sonu ölçümü karbon tayini

Çelikteki oksijen ölçümü kullanılarak, karbon, C-a(O) formülü kullanılarak hesaplanır.

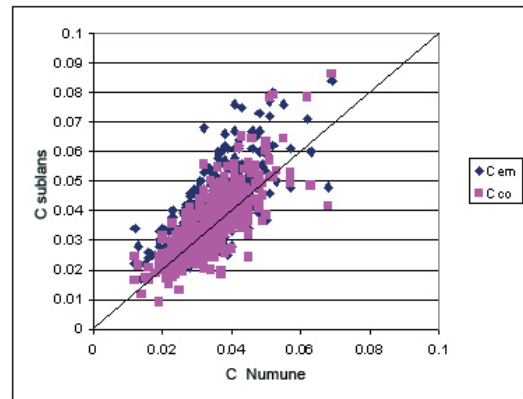
$$\text{Log \%C} = 2.236 - 1303/T - \text{log } a(\text{O})$$

$$T = \text{temp } (^{\circ}\text{C})$$

$$a(\text{O}) = \text{oksijen aktivitesi (ppm)}$$

Bu statik bir formüldür ama bunun yanında konvertör prosesi dinamiktir.

Yeni sistem, konvertördeki gerçek durumu takip edebilmektedir ve bunun sonucu olarak daha doğru sonuca ve karbon tayininde daha düşük standart sapmaya yol açmaktadır. Şekil 3’de açık renklendirilmiş noktalar (Cco), yeni sistemle karbon tayini sonuçlarıdır. Bunlar 45°-açı çizgisini takip etmektedir, bunun yanında standart formül (Cem), özellikle yüksek karbon seviyelerinde, genel olarak daha yüksek bir değer tahmini yapar. Bu sistem ile, doğrudan döküme geçme kararındaki güven artırılmıştır.

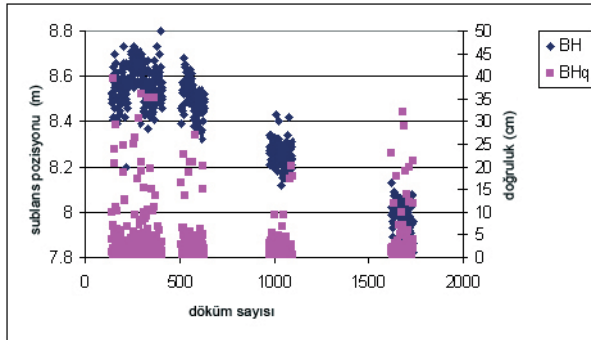


Şekil 3: Üfleme sonu karbon tayininin sabit ve değişken CO sonucu ile yapılması mukayesesi.

Banyo seviyesi tahmini

TSO ölçümü sırasında banyo seviyesi belirleme imkanında vardır. Çelik banyodan çekilip çıkarıldığı zaman, prob, çelik-curuf arayüzünden geçerek çıkar. Bu arayüz, oksijen sinyalinde bir sıçrama ve sıcaklık sinyalinde bir değişim ile karakterize edilir. Her iki olayda banyo seviyesinin belirlenmesinde kullanılabilir. Yeni sistemde üçüncü bir sinyal ekledik, ve bunu curuf oksijen ölçümünde kullanıyoruz. Şimdi banyo seviyesini değerlendirmede daha çok iz mevcuttur. Her iz değişik bir algoritma ile değerlendirilmekte ve bu da bir dizi banyo seviyesi sonucuna yol açmaktadır.

İşte bu diziden banyo seviyesi pozisyonunu hesaplıyoruz ve banyo seviyesi tayininin hassasiyet derecesinde santimetre (cm) olarak veriyoruz. Bu sistem çelik tesisi için daha çok değerli olmaktadır çünkü operasyon kararları, bu hassasiyet faktörüne dayandırılarak, daha büyük güven içinde alınmaktadır.



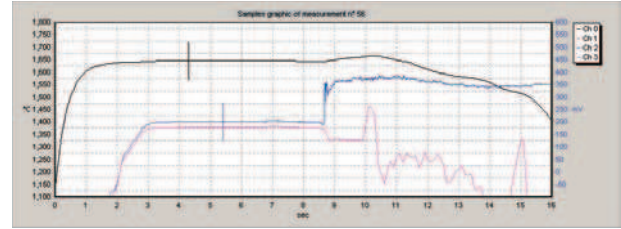
Şekil 4: Geliştirilmiş banyo yüksekliği tayini sonuçlarının, her banyo ölçümünün doğruluk derecesi ile birlikte sunulması.

Şekil 4'te, projenin pilot safhasında bir konvertörden alınan veriler gösterilmektedir. Verilerin toplanması halen devam etmektedir, dolayısı ile bu veri kümesi biraz sınırlıdır. Koyu olarak renklendirilmiş noktalar banyo yüksekliğini (BH) temsil etmektedir, sublans pozisyonu olarak, metre cinsinden, ifade edilmiştir. Açıkça belli olmaktadır ki, banyo yüksekliği konvertörün servis ömrüyle azalmaktadır, fakat bu, banyo yüksekliğini belirlemek kalitesini etkilememelidir. Açık renkli noktalar (BHq) banyo seviyesi belirleme hassasiyetini göstermektedir.

Curuf ölçümü

Yeni yazılım, geliştirilmiş sublans problemleri ile birlikte, şimdi, curuftaki oksijen seviyesinde ölçebilmektedir. Bu ilave ölçümle birlikte, bu sistem curuf kalınlığını saptayabilir. Şekil 5'te

TSO ölçümüyle belirlenen üç ölçüm izi görülmektedir. Sıcaklık eğrisinin iki platosu vardır. Birinci plato çelik sıcaklığıdır, ve ikincisi de curuf sıcaklığıdır. Mavi eğri (çelik EMF), kendisinden çelikteki oksijen seviyesini tayin ettiğimiz, oksijen eğrisidir. Üçüncü eğri (pembe), curuf oksijen aktivitesini ve curuf kalınlığını belirlemede kullanılan eğridir. Görülebileceği gibi, bu EMF eğrisinde, EMF çelik eğrisindeki aynı pozisyonda bir sıçraması mevcuttur. Bununla beraber, çelik EMF si gibi titreşim dalgaları yaratma yerine, sıçramadan sonra, tekrar bir plato bulur. Bu plato, curufun oksijen aktivitesini belirlemek için kullanılır.



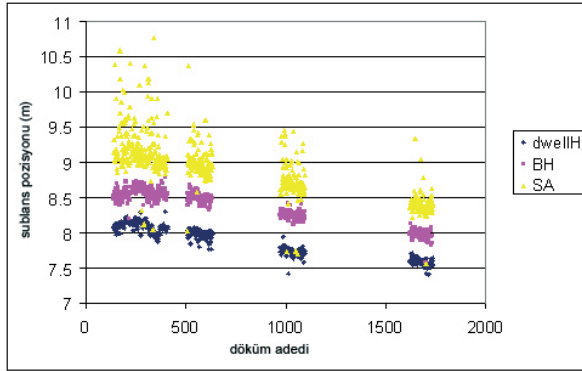
Şekil 5 Sıcaklık, çelik oksijeni ve curuf oksijeni ile bir TSO ölçümünün örneği.

Sensör curuf-hava arayüzünden geçerken, curuf EMF si tekrar belirgin bir sıçrama gösterir. Sublansın hareket hızıyla birleştirilmiş şekilde, bu sıçramanın zamanlamasını temel alarak, curuf tabakası kalınlığı hesaplanır.

Şekil 6, Güney Afrika BOF tesisindeki ölçümleri temel almaktadır. Konvertör ömrü süresince banyo seviyesi düşer ve koyu mavi ile belirtildiği gibi, sublansın bulunduğu pozisyonda bunu çok yakın bir şekilde izler. Sarı noktalar curuf-hava arayüzünü belirtir. Curuf kalınlığını hesaplamak için, çelik-curuf arayüz pozisyonu (banyo seviyesi pembe ile belirtilmiş) curuf-hava arayüz pozisyonundan çıkartılır. Bazı durumlarda curuf kalınlığı sonuçları 2 metre mertebelerinde olabilir. Bu durumda, ölçümün, konvertörün köpüklü curufu varken yapıldığını gösterir. Böylece curuf kalınlığı, köpüklü curuf için



bir indikatör olarak kullanılabilir.



Şekil 6:Sublans durma pozisyonu, çelik-curuf arayüzü ve curuf-hava arayüzü tayini.

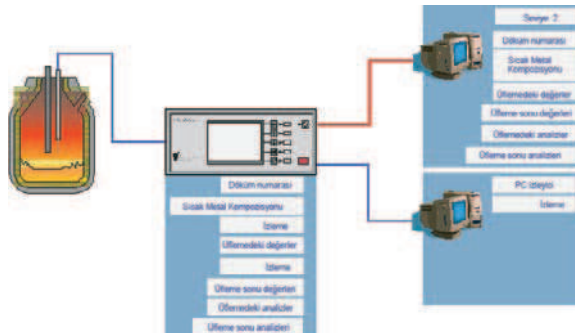
Curuf kalınlığı hakkındaki bilgi, curuf sıcaklığı ve curuftaki oksijen seviye bilgisi ile birleştirildiğinde, oksijen lansı yüksekliğini ayarlama da kullanılabilir ve refrakter aşınması azaltılabilir.

Enstrümantasyon

Yeni geliştirilen fonksiyonların hepsi spesifik enstrümanlar hattıyla aktive edilebilir: **Multi-Lance@function** ile “Multi-Lab III® Multi-Lance” veya DIRC V® sistemi ile birleştirilmiş hali. Her ikisinde en son teknoloji ve iletişim protokolları ile donatılmış 4-kanallı enstrümandır.

Enstrümantasyonun kurulumu Şekil 7’de belirtildiği gibidir.

Geliştirilmiş fonksiyonları elde edebilmek için, enstrümantasyonun, BOF tesisinin seviye 2 sistemi ile çift-yollu iletişime ihtiyacı vardır. Uygulamalar için gerekli olan, Multi-Lab’a numunenin analiz girişi ve ölçme sırasındaki lans pozisyonudur. Ancak bu gereksinimler karşılanırsa geliştirilmiş fonksiyonlar realize edilebilir.



Şekil 7: Curuf ölçümleri için enstrümantasyon ve iletişim planı

Geleceğe bakış

Curuf oksijen ölçümlerine dayanarak, fosfor seviyeleride hesaplanabilir. Sublans ölçümünden fosfor tahmini yapabilecek geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir. Şu anda geliştirilmekte olan sistem döküme geçmek için yol gösterici olacaktır. Gaye; fosfor miktarı belirtilen değerin altında ise yeşil ışık yakan, fosfor miktarı hedef değerin üzerinde ise kırmızı ışık yakan, ve ölçümün arkasındaki algoritmalarla çelişen bir durum varsa ve tahminin doğruluğu zayıf ise sarı ışık yakan bir sistem yaratmaktır. Son bahsedilen durumda, çelikhanenin proses modeli işi devralmalıdır.

Sonuç

Sublans ölçümleri için yeni nesil enstrümantasyon ve sensörler geliştirilmiştir. Bu yeni sistem, aynı zamanda çelik ve curufun sıcaklık ve oksijen aktivitesini, banyo seviyesini ve curuf kalınlığını okuyabilmektedir. Sistemin yeni özellikleri, geliştirilmiş üfleme-esnası karbonu, geliştirilmiş üfleme-sonu karbonu ve geliştirilmiş banyo yüksekliği tayinidir. Curuf oksijen aktivitesi ve curuf kalınlığı ölçümü sublans için yenidir. Halen yapılmakta olan geliştirme çalışması ise, sublans okumasından Fosfor tahminidir.

Referanslar

1. P.D. Hubbeling, G.A. Oostermeijer, “Sublance Control. Sublance and Dynamic Control: The Ultimate Tool in Steelmaking” 2003 Iron and Steel Exposition.
2. W. van der Perre, “Various Designs, Applications and Typical Results of Modern Sublance Probes” 1997 Oxygen Steelmaking Congress, Italy.