

# POTA TABAN ÇALIŞMA ASTARI OLARAK PRECAST TABAN BLOĞU KULLANILMASI

## THE USE OF PRECAST REFRACTORY AS A WORKING LINING BOTTOM OF LADLE

Oğuz Han Sakarya<sup>1</sup>, Berkan Güngör<sup>2</sup>, N.Erol Velgay<sup>2</sup>, Uğur Cengiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bilecik Demir Çelik San.ve Tic. A.Ş.

<sup>2</sup>Metamin Müm. San. ve Tic. A.Ş.

Anahtar Kelimeler: Refrakter, Pota, Alümina, Demir-Çelik, Pota Örüümü

### Abstract

In Bilecik Demir Çelik, ladles are vessels with a refractory braid used to transfer the liquid metal from the main melting unit (induction furnace) to the secondary metallurgical processing unit (LF) and continuous casting machine (CCM), respectively, or directly from the induction furnaces to the CCM. Ladles enable the carrying of liquid metal in the iron and steel industry, as well as alloying, degassing and reheating. Ladle refractories have important duties to carry out these operations safely and smoothly. Since ladle refractories are constantly exposed to liquid steel and slag, wear, system safety, durability and refractoriness should be prioritized. Another point to be considered while designing ladle refractory material is the scope of cost/benefit analysis.

The acidic lined ladles at the BDC are generally dismantled due to bottom wear. This means that the wall lining is dismantled before it can be used at its full performance, as well as experiencing more frequent ladles bottlenecks in operating conditions and causing production losses. Even though in time, certain gains have been achieved in the life of acidic ladles with some improvements made at the BDC, the presence of some low performance points such as decrease in ladle volume, lining costs and long period of the relining process indicates that improvement can continue in acidic ladle bottoms.

In this context, the alumina based ( $Al_2O_3$ ) precasted working ladle working block project, which is unique as a working lining, has been developed with Metamin A.S. As a result of this trial, ~30% reduction in ladle relining time and ~11% increase in ladle volume were successfully achieved. On the other hand, the targeted increase in ladle lifetimes could not be achieved, and the number of trials should be increased.

### Özet

Bilecik Demir Çelik’de potalar, sıvı metali ana ergitme biriminden (*indüksiyon ocağı*) önce ikincil metalürjik

işlem birimine (*LF*) sonra da sürekli döküm makinesine (*SDM*) ya da indüksiyon ocaklarından direkt olarak SDM’ye aktarmak için kullanılan içi refrakter örgülü kaplardır. Potalar, demir-çelik endüstrisinde sıvı metali taşımının yanı sıra alaşımlama, gaz giderme ve yeniden ısıtma işlemlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlarlar. Bu işlemlerin güvenli ve sorunsuz şekilde gerçekleştirilmesi için pota refrakterlerine önemli görevler düşmektedir. Pota refrakterleri, sürekli sıvı çelik ve cürufa maruz kaldıklarından dolayı aşınma, sistem emniyeti, dayanıklılık ve refrakterlik özellikleri öncelikli ön planda tutulmalıdır. Pota refrakter malzemesi tasarımı yapılırken diğer dikkat edilmesi gereken konu ise fayda/maliyet analizi kapsamıdır.

BDC’de kullanılan asidik astarlı döküm potaları, genel olarak taban aşınması kaynaklı söküme ayrılmaktadır. Bu durum, duvar astarının tam performansında kullanılmadan sökülmesi anlamına geldiği gibi işletme şartlarında daha sık pota darboğazı yaşayıp üretim kayıplarına neden olmaktadır. Zaman içerisinde BDC bünyesinde yapılan birtakım iyileştirmelerle asidik potaların ömürlerinde belirli kazanımlar elde edilmiştir. Ancak; pota hacminde azalma, örüm maliyetleri, örüm sürecinin uzunluğu gibi nedenlerin varlığı asidik pota tabanlarında hala geliştirilebilecek noktaların varlığını kanıtlar niteliktedir.

Bu kapsamda, taban çalışma astarı olarak özgün olan alümina bazlı ( $Al_2O_3$ ) prefabrik pota taban çalışma bloğu projesi, pota ömürlerinin arttırılması, pota örüm maliyetlerinin ve örüm süresinin azaltılması amacıyla Metamin A.Ş ile birlikte geliştirilmiştir. Bu çalışma çıktısı olarak 1 adet deneme sonucunda pota örüm süresinde ~%30 azalma ve pota hacminde ~%11 artış başarılı bir şekilde sağlanmıştır. Pota ömürlerinde ise hedeflenen artış yakalanamamış olup, deneme sayısının arttırılması gerekmektedir.

### 1. Giriş

Refrakterler, metalurji endüstrisi tarafından sıvı metalin üretilmesi, bekletilmesi ve taşınması için fırınların,

konvertörlerin ve potaların astarlarında kullanılır. Bu ekipmanların bazıları yüksek basınç altında çalışır ve çalışma sıcaklığı çok düşükten çok yükseğe kadar değişebilir (yaklaşık 400 °C ile 1800 °C arasında). Bu nedenle, refrakter malzemelerin bu sıcaklıklara dayanması ve görevini eksiksiz yerine getirmesi refrakter malzemelerin kilit parametrelerinden en önemlisidir [1].

Refrakterleri fiziksel biçimlerine göre şekilli ve şekilsiz refrakterler olarak sınıflandırabiliriz. İlki yaygın olarak refrakter tuğlalar (şekilli) ve ikincisi monolitik (şekilsiz) refrakterler olarak bilinir [2].

Refrakter malzemeler, refrakter tasarımları ve refrakterlerin bakım ya da yeniden örüm parametreleri, bir çelik üretim tesisinin enerji verimliliğini ve üretim (ergime/ısıtma) hızını olumlu ya da olumsuz etkilemesinin yanı sıra demir-çelik tesislerinde refrakter maliyetleri tipik olarak fırınların ve potaların en büyük maliyet kalemini oluşturmaktadır. Toplam refrakter maliyetleri, refrakter malzemelerin hammaddeleri, örümü, örüm ve söküm süreleri ve sinterlemek için kullanılan enerji gibi parametrelerin hepsi dahil edilerek hesaplanmalıdır. Bu maliyetleri kontrol altında tutmak ve sürdürülebilir boyutlara indirmek amacıyla endüstride refrakter malzeme maliyetlerinin azaltılması için alternatif hammadde arayışları, kurulum maliyetlerinin azaltılması için yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi, kurulum süresinin kısaltılması için precast refrakterlerin yaygınlaştırılması gibi konuların üzerine yoğunlaşmaktadır [3]

Precast refrakterler yüksek sıcaklıklarda yapısını korumaları için tasarlanmaktadır. Precast refrakterler fırınlar, konvertörler ve potalar için astar olarak uygulanır. Precast refrakterlerde yüksek aşınma alanları olması durumunda verimli bir şekilde onarım yapılmasını kolaylaştırmak için tasarlanırlar ve üretilirler. Günümüzde enerji yoğun demir-çelik üretimi her noktada sürdürülebilir ve verimliliği yüksek bir endüstri olmak için sürekli gelişim ve değişim içerisindedir. Bu nedenle enerji maliyetlerini kontrol altında tutmak isteyen demir-çelik işletmeleri, refrakter örüm-söküm ya da değişim işlemlerinde precast refrakterler kullanarak duruş sürelerini yani üretimsiz geçen zamanı minimize etmek için çalışmalar yürütmektedir.

Bu çalışmada BDÇ'de kullanılan asidik potaların mevcut fayda/maliyet göstergesinin, refrakter aşınma davranışının iyileştirilmesi ve pota örüm süresinin düşürülmesi için pota tabanı precast taban bloğu kullanılarak örülmüş performans göstergeleri incelenmiştir.

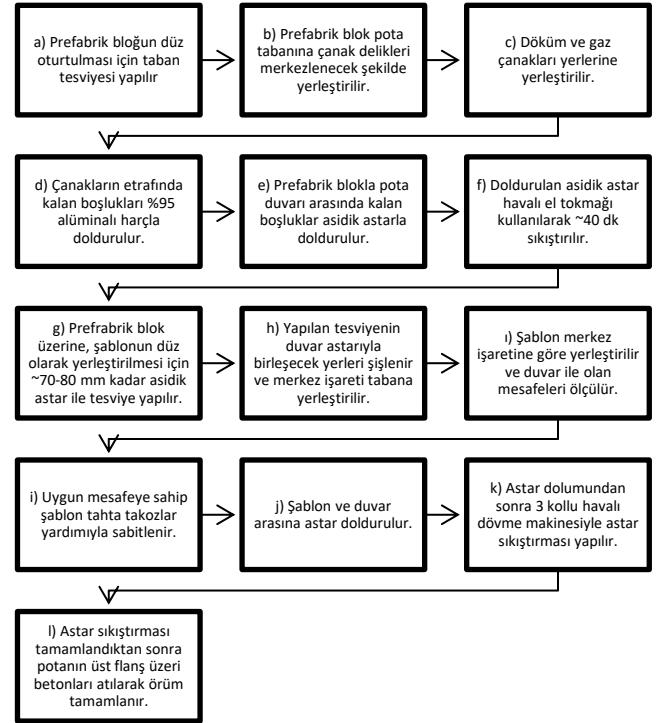
## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Mevcut taban örümü pratiği

BDÇ'de kullanılan asidik potaların tabanları, minimum %85 alüminaya ( $Al_2O_3$ ) sahip tuğlalar kullanılarak örülmektedir. Çalışma tabanının toplam yüksekliği 380 mm'dir ve iki sıra tuğladan oluşmaktadır. Birinci sıra 230 mm ve ikinci sıra 150 mm tuğlalardan örülüp yaklaşık 330 adet (3285 kg) tuğla kullanılmaktadır. Örülen tuğlaların üzerine asidik astarla yaklaşık 50 mm'lik bir tesviye yapılarak şablon merkezlemesi yapılmakta ve şablon etrafına asidik astar doldurulmaktadır. Astar dolumu tamamlandıktan sonra üç pistonlu havalı dövme makinesiyle duvar astarı sıkıştırılmakta ve sonrasında örümü tamamlanan pota ön ısıtmaya alınmaktadır.

### 2.2. Precast taban ile pota örümü

Precast taban ile örülen potanın örüm aşamaları Şekil 1'de adım adım gösterilmiştir.



Şekil 1. Precast taban ile pota örüm adımları

### 2.3. Precast tabanın özellikleri

Metacast-Sol1780/V malzemesi kullanılarak imal edilen precast taban bloğunun görünümü Şekil 2'de

gösterilirken malzeme özellikleri ise *Tablo 1*'de verilmiştir.



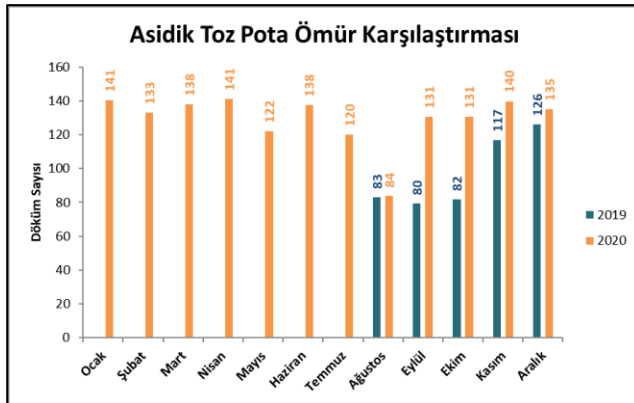
Şekil 2. Prefabrik blok görünümü

Tablo 1. Prefabrik bloğun malzeme özellikleri

Özellik	
Bağ Tipi	Kimyasal
Kimyasal Analiz	%83,0 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %12,2 SiO <sub>2</sub>
Servis Sınırı	1780 °C
Maks. Uygulama Sıcaklığı	1700 °C
Tane Boyutu	0-12 mm
Kahçı Doğrusal Boyut Değişimi (PLC)	-%0,1 (1300 °C'de)

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Bölüm 2.1'de anlatılan örüm pratiği ile örülen potaların taban astar kesiti 380 mm olup precast taban bloğunun kesiti 300 mm'dir. Mevcut örüm yapılan potaların ortalama ömür grafiği *Şekil 3*'te verilmiş olup süreç içerisinde bu potalardan maksimum 161 döküm alınmıştır.



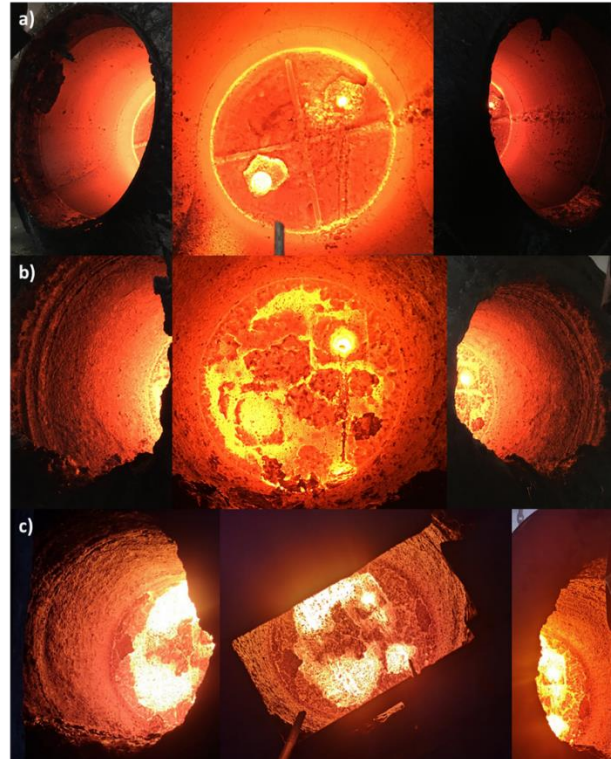
Şekil 3. Asidik pota ömür ortalamaları

*Tablo 2*'de de özetlendiği üzere precast blokla tabanı örülen pota, toplamda **18 gün (431,25 saat) devrede** kalmış ve bu sürenin **yaklaşık 80 saatini çelikle temas** ederek geçirmiştir. Geri kalan sürede pota sirkülasyonu gereği ısıtmalı ya da ısıtmasız olarak döküm almayı beklemiştir. Devrede olduğu süre boyunca **yaklaşık 3073 ton çelik** transfer edilmiş ve SDM'de ortalama 34 dakika dökümde kalmıştır.

Tablo 2. Precast tabanlı potanın üretim sürecindeki verileri

	Tonaj (ton)	Devirme Sıcaklığı (°C)	Tandış Sıcaklığı (°C)	Yol Sayısı	Döküm Süresi (Saat)
<b>Toplam</b>	3.073,0	-	-	-	79,7
<b>Ortalama</b>	28,5	1694	1551	2,9	33,8 dk/döküm
SDM Yol Sayısı	Tandış Sıcaklığı (°C)		SDM Yol Sayısı	Döküm Sayısı (adet)	Ort. Döküm Süresi (dk)
1	-		1	0	-
2	1553		2	7	43,6
3	1551		3	102	33,1

Precast tabanlı pota üretimde olduğu süre zarfında titizlikle kontrol edilmiş olup belirli döküm sayılarında duvar ve taban astar resimleri çekilip aynı zamanda da tabanın yükseklik ölçülerine bakılmıştır. Seçilmiş bazı resimler *Şekil 4*'te verilmiştir.



Şekil 4. a) 1. döküm sonu, b) 47. döküm sonu ve c) 109. döküm sonu pota duvar ve taban görüntüleri

Precast tabanlı döküm sayısına göre tabanın yükseklik ölçüleri ve hesaplanan aşınma miktarı değerleri *Tablo 3*'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Ölçülen pota yüksekliğine bağlı hesaplanan aşınma miktarları

Döküm Sayısı	Ölçülen Yükseklik (mm)	Kalan Taban Astarı (mm)	Aşınma Miktarı (%)
22	2020	280	6,7
47	2080	220	26,7
62	2130	170	43,3
86	2180	120	60,0
105	2200	100	66,7
<b>109</b>	<b>2250</b>	<b>50</b>	<b>76,7</b>

Precast tabanlı pota, *Şekil 4c*'deki resimlerde görülebileceği üzere taban vuruş bölgesindeki zayıflama ve tabanın orta noktasının 2250 mm ölçülmesi nedeniyle 109 döküm sonunda söküm ve inceleme için soğumaya alınmıştır. Asidik potaların sökümüne ayrılmasında kullanılan karar ölçülerimiz; duvar astarı için orta bölgede 2050 mm iken taban için 2250 mm'dir. Söküm sırasında; potanın ağız bölgesindeki, orta bölgesindeki ve taban-duvar birleşim yerinde kalan duvar astar kesitleri ölçülerek not edilmiştir. Duvar astar kesitleri *Şekil 5*'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.** a) Ağız bölgesi, b) orta bölge ve c) taban-duvar birleşim bölgesinde kalan astar kesitleri

Pota duvar astarı çap ölçüleri; ağız bölgesinde 2040 mm, orta bölgesinde 1950 mm ve taban duvar birleşim yerinde 1880 mm ölçülmüştür. Pota duvar astarının kalan kesitlerin kalınlıkları *Tablo 4*'te verilmiştir. Potanın duvar çap ölçülerinde ve duvar kesitlerinde, beklenen dışında bir aşınmaya ve herhangi bir çelik penetrasyonuna rastlanmamış olup yukarıda belirtildiği üzere duvar astarının orta bölgesi söküm karar ölçüsüne gelmemiştir.

**Tablo 4.** Duvar astarının bölgelere göre kesitleri ve aşınma miktarları

Bölge	Yön	Kesit Kalınlığı (mm)	Aşınma Miktarı (%)
Ağız	12	140	6,7 (10 mm)
	3	140	6,7 (10 mm)
	6	120	20,0 (30mm)
	9	130	13,3 (20 mm)
Orta	12	130	39,5 (85 mm)
	3	140	34,9 (75 mm)
	6	140	34,9 (75 mm)
Taban-Duvar Birleşimi	9	140	34,9 (75 mm)
	12	150	46,4 (130 mm)
	3	130	53,6 (150 mm)
	6	120	57,1 (160 mm)
	9	130	53,6 (150 mm)

Duvar astarının sökümü tamamlandıktan sonra precast taban bloğunun sökümüne başlanmıştır. *Şekil 6*'da görülebileceği üzere taban sökümüne, taban vuruş bölgesinin solundan gaz çanağının hemen üzerinden taban emniyet astarını bulmak suretiyle bir oyuk açılarak başlanmıştır. Oyuk açıldıktan sonra açılan bölgeden tabanın kesit ölçüleri alınmıştır.



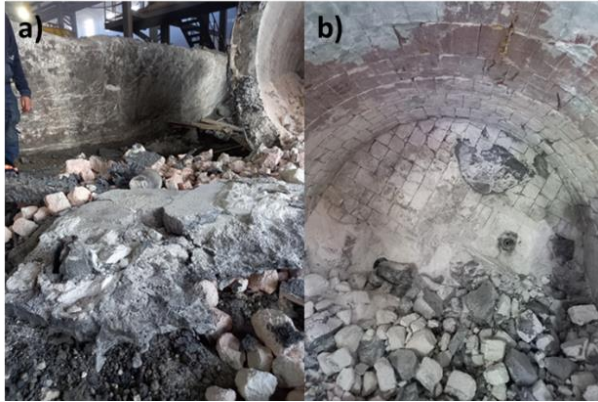
**Şekil 6.** Taban sökümüne başlangıç noktası

Açılan oyuktan çekilen kesit görüntüleri *Şekil 7*'de kesit kalınlıklarıyla birlikte verilmiştir.



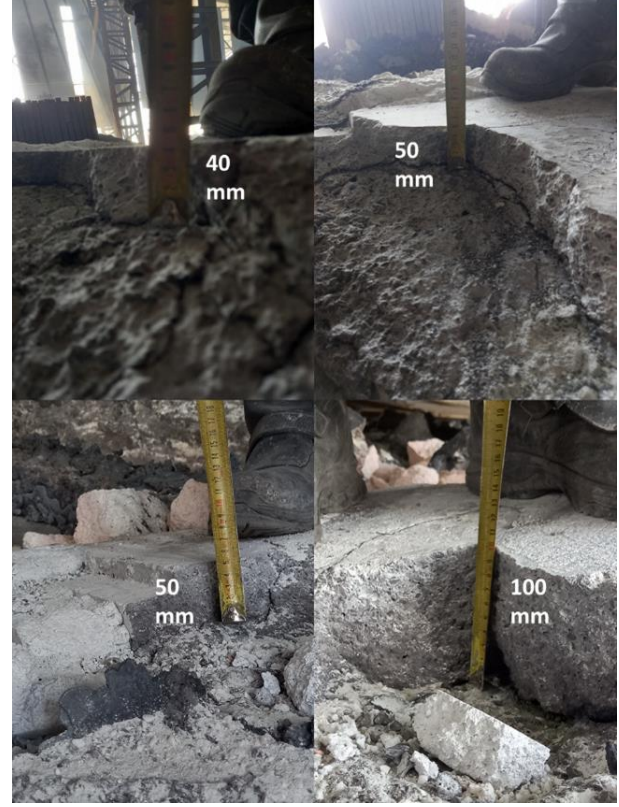
Şekil 7. a) Vuruş bölgesinin solu ve b) gaz çanağı üzeri taban kesitleri

Şekil 7'de görüldüğü üzere vuruş bölgesi ve taban ortasında çelik kalıntısı mevcuttur. Bu kalıntı çıkarıldığında tabanın orta bölgesiyle birlikte bütün olarak dışarıya çıkarılmıştır (Şekil 8). Şekil 8b'de görüldüğü gibi taban bloğu alındıktan sonra emniyet astar tuğla üzerinde çelik penetrasyonu görülmüştür.



Şekil 8. a) Çelikli orta bölge tabanı ve b) bloğun alınması sonra taban emniyet astarı

Çıkarılan taban bloğunun kesit ölçüleri Şekil 9'da gösterilmiştir. Orta bölgeden çıkarılan bloğun kalan en düşük kalınlığı 40 mm iken en yüksek kalınlığı ise 100 mm olarak ölçülmüştür. En düşük kalınlığı baz aldığımızda taban blok kalınlığına göre %86,7'lik bir aşınma görülmektedir. Taban bloğunu vuruş ve orta bölgesindeki aşınma miktarlarının %66,7 ile %86,7 arasında olduğu hesaplanmıştır. Duvar astarının altında kalan taban bloğunun kalınlıkları ise 140 mm civarında seyretmektedir.



Şekil 9. Vuruş ve orta bölgeden çıkarılan taban bloğunun kesit görüntüleri

#### 4. Sonuç

Tablo 3'te görüleceği üzere 22. dökümden (taban 2020 mm ve kalan taban 280 mm) itibaren belirli periyotlarla taban ölçüleri alınmış ve precast tabanlı pota, 109. döküm sonunda 2250 mm taban yüksekliği ölçülerek 50 mm taban kaldığı gerekçesiyle soğumaya alınmıştır.

Precast tabanın aşınması, çeliğin ilk çarptığı vuruş bölgesi, bu bölgenin altında kalan orta bölge ve döküm çanağı etrafında yoğunlaşmış olup en ince nokta 40 mm olarak ölçülmüştür. Tabanın aşınma miktarı, en kalın yerden en inceye doğru %53,3 ile %86,7 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Precast taban bloğunun maliyeti taban tuğla maliyetiyle aynı tutulmuş olmasına rağmen precast tabanlı pota, ortalama 130 döküm alan tuğla tabanlı potalara göre yaklaşık %16 daha az döküm almıştır. Bu noktada fayda/maliyet parametresi bakımından mevcutun altında kalmaktadır. Ancak tek bir deneme malzemenin davranışını anlayıp performansını tam anlamıyla ortaya çıkarmak için yeterli değildir bu nedenle post-mortem analizlerin sonucuna göre geliştirmeler yapılarak deneme sayısı artırılacaktır. Potanın iç hacminin 35,1 ton'dan (4,5 m<sup>3</sup>) %10,7 artışla 38,8 ton'a (4,98 m<sup>3</sup>) çıktığı hesaplanırken pota örüm süresinde ise ~%30 düşüş

yakalanmıştır.

## **Referanslar**

- [1] D.H. Hubble, Steel Plant Refractories, Chief Refractory Engineer, U.S. Steel Corp. (Retired)
- [2] Bhatia PDH Course M158, Overview of Refractory Materials. 2011
- [3] K. Cynthia, Business analysis of total refractory costs, Fayetteville, USA