



# St37 Çelik Levhanın Türbinli Kumlama Tezgâhında Kumlanması Esnasında İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

*Experimental Study of the Effect of Processing Parameters on Surface Roughness During Blasting Process of St37 Steel Plates in Turbine Sandblasting Stand*

Mutlu Uzun<sup>1\*</sup>, Hasan Gökkaya<sup>2</sup>, Mustafa Refik Metlioğlu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kardemir-Karçel A.Ş, 78170, Karabük,

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük

## Özet

Çelik konstrüksiyon imalatı yapan işletmelerde kaynak prosesinde istenilen kalitenin sağlanmasına engel teşkil eden kir, yağ, pas ve tufal gibi atıkları yüzeyden arındırmak ve imalat sonrasındaki boya işleminde boyanın yüzeyde daha iyi tutunmasını sağlamak için malzeme yüzeyini temizlemek ve pürüzlendirmek gerekmektedir. Bu çalışmada, türbinli kumlama tezgâhında St37 çelik levhanın, farklı yüzey durumlarında (yüzeyi frezelenmiş, normal yüzeyli ve paslandırılmış), iki farklı aşındırıcı bilye (S390 ve S460) ve beş farklı ilerleme değerinde (0.8, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 m/dk.) kumlama yapılması sonucu numuneler üzerinde oluşan ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri değerlendirilmiştir. St37 çelik malzemeler üzerinde yapılan kumlama işlemi sonucunda ilerleme değerinin azaltılması, ortalama yüzey pürüzlülük değerinin artmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kumlama, St37 çelik numune, Aşındırıcı bilye, İlerleme, Ortalama yüzey pürüzlülüğü

## Abstract

At steel construction plants, to ensure required quality; contaminant like dirt, oil, rust and oxide layer should be purified from surface of Material during welding process and to ensure good and adhesion for coating process, the surface Material should be clean and smooth. In this study the average surface roughness values are investigated after sand blasting of S235 type of steel under different circumstances (milled, normal and rusted surface) with two different abrasive balls (S390 and S460) and at five different feed rates (0.8, 1.2, 1.6, 2 and 2.4 m/min) As a result of sand blasting process of St37 steel plates the decreasing of the feed rate help to increase of average surface roughness.

**Keywords:** Sand blasting, St37 steel plates, Abrasive balls, Feedrate, Average surface roughness

## 1. Giriş

Kumlamanın amacı, malzemelerin üzerinde biriken kir, yağ, pas, boya ve tufal gibi atıkları yüzeyden arındırmak ve malzeme yüzeyini arzu edilen formda pürüzlendirmektir. Malzeme yüzeyinin temizlenmesi ve pürüzlendirilmesi, aşındırıcının malzeme yüzeyine belirli bir basınç ve açı ile püskürtülmesi ile gerçekleştirilir. Bir yüzeye boyama veya kaplama yapmadan önce yüzey hazırlığının fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılması gerekmektedir. Bu hazırlık adımları; kumlama, kimyasal temizleme, basınçlı su püskürtme gibi bir takım teknikler ile yapılır. Kumlama yaygın, etkin ve ekonomik olması nedeniyle

en çok kullanılan yüzey temizleme yöntemlerindedir (US Army Corps of Engineers).

Çelik yapıların imalatında, imalatı yapılacak olan malzeme ve talep edilen yüzey kalitesine bağlı olarak; aşındırıcı çeşidi, büyüklüğü, fırlatma basıncı veya hızı, püskürtme açısı, iş parçası ilerleme değeri, kumlama süresi vb. gibi değişkenlerin kumlama esnasında önemli etkileri bulunmaktadır (Çelik Granül Sanayii A.Ş 2012).

Kambham ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada işleme parametrelerinin yüzey kalitesine etkisini belirlemek için aşındırıcı olarak bakır curufu kullanmışlardır.

Çalışmalarında, kumlama işlemlerinde aşındırıcı cufun püskürtme basıncını 80, 100 ve 120 psi, fırlatma miktarını ise 180, 240 ve 360 kg/saat olarak kullanmışlardır. Yapmış oldukları deneyler sonucunda, aşındırıcı püskürtme basıncı ve fırlatma miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmişlerdir (Kambham vd. 2007).

Spur ve arkadaşları, yapmış oldukları kumlama çalışmalarında aşındırıcı olarak kuru buz (katılaştırılmış karbon-dioksit) kullanarak yapmış oldukları deneysel çalışmalarında aşındırıcıların çarpma kuvveti, çapı ve fırlatma hızının malzeme üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Aşındırıcıların çarpma kuvveti ve çapı büyüdükçe yüzey pürüzlülüğünün arttığını fakat birim alana gelen aşındırıcı miktarının azalmasından dolayı istenen yüzey kalitesine ulaşamadığını belirtmişlerdir. Aşındırıcıların fırlatma hızı arttıkça yüzey kalitesinin belirli bir seviyeye kadar arttığı daha sonra ise sabit kaldığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, deneysel çalışmalarında aşındırıcı olarak kullandıkları kuru buzun malzeme üzerindeki istenmeyen maddeleri temizlemek için kullandıkları enerjinin, fırlatmadan elde edilen kinetik ve termal enerjinin yanı sıra süblimleşme enerjisine de dayanmakta olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yüzeye çarpan aşındırıcının süblimleşerek ortadan kaybolduğunu ve bu sayede işlem sonrası temizlik maliyeti ve ekolojik hasarın azaltılabileceğini belirtmişlerdir (Spur vd. 1999).

Momber ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada düşük karbonlu çelik numunelerin, iki farklı yöntem kullanarak yüzey temizliği üzerindeki değişimlerini araştırmışlardır. Birinci yöntemde, su jeti ile yüzeylerin temizlenmesi, ikinci yöntemde ise aşındırıcı olarak silis kumu kullanmak suretiyle yüzeylerin temizleme çalışmaları yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümleri ve görüntüleme cihazları ile yapılan ölçümlerde basınçlı sıvı püskürterek yapılan temizlik işleminde, yüksek bir yüzey pürüzlülüğü ve yüzey kirlenmesi olmadan temiz yüzeyler oluşturulduğu sonucuna varmışlardır. Buna karşılık, aşındırıcı olarak silis kumu kullanılarak yapılan kumlama işleminde ise yüksek yüzey pürüzlülüğü elde etmişlerdir. Ayrıca deney parçası yüzeyinde gömülü kum kalıntılarına rastlamışlardır (Momber vd. 2002).

**Çizelge 1.** St37 deney numunesinin kimyasal bileşimleri (% Ağırlık)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
0,14	0,12	0,65	0.012	0.011	0.25	0.019	0.003

**Çizelge 2.** St37 deney numunesinin mekanik özellikleri (Borçelik A.Ş. 2012)

Numune	Akma Sınırı (N/mm <sup>2</sup> )	Kopma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Kopma Uzaması % (5do)
St 37	235	360	19

Gedeon, yapmış olduğu çalışmasında boya yapılacak yüzeylerin temiz olması gerektiğini belirtmiştir. Malzeme yüzeylerindeki artan pürüzlülük sayesinde boyanın girinti, çıkıntı vb. yerlere girerek daha iyi nüfuziyet sağladığını ve bu sayede boya ömrünün arttığını belirtmiştir (Gedeon 1995).

Bu çalışmada, türbinli kumlama tezgâhında St37 çelik levhanın farklı yüzey durumlarında (yüzeyi frezelenmiş, normal yüzeyli ve paslandırılmış), iki farklı aşındırıcı bilya ve beş farklı ilerleme değerinde kumlama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşleme parametrelerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilerinin tayini amaçlanmıştır.

## 2. Gereç ve Yöntem

### 2.1. Deney Numunesi

Deneysel çalışmalar için 125x125 x15 mm ölçülerinde St37 çelik malzemesinde elde edilen çelik levha numuneler kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan numuneler 3 farklı yüzey formunda hazırlanmıştır. Birinci numune normal yüzeye sahip (piyasadan alındığı gibi), ikinci numune yüzeyi frezeleme işlemine tabi tutulmuş, üçüncü numune ise açık havada paslanması sağlanarak elde edilmiştir. Deney numunesinin kimyasal bileşimi Çizelge 1' de, fiziksel özellikleri ise Çizelge 2' de verilmiştir.

### 2.2. İşleme Parametreleri

Deneylerde kullanılan parametreler tayin edilirken, aşındırıcı bilya üretici firması Tosçelik Granül Sanayi A.Ş.'nin tavsiye ettiği değerlere bağlı kalınmıştır. İki farklı boyut özelliğine sahip bilyalarla (S390, S460), beş farklı ilerleme değerleri (0,8, 1,2, 1,6, 2, 2,4 m/dk.) seçilerek, deneyler gerçekleştirilmiştir.

### 2.3. Aşındırıcı Bilyalar

Kumlama deneyleri için, S390 ve S460 aşındırıcı bilyalar kullanılmıştır. S390 ve S460 aşındırıcı bilya görüntüsü Şekil 1' de verilmiştir. Çizelge 3' de bilyaların boyutsal özellikleri, Çizelge 4' de bilyaların fiziksel özellikleri ve Çizelge 5' de ise boyutsal özelliklerin bilyalara aynı fırlatma hızı ve aynı yoğunlukta kazandırdığı kinetik enerji farklılığı katalog değerleri olarak verilmiştir.

## 2.4. Kumlama Tezgâhı

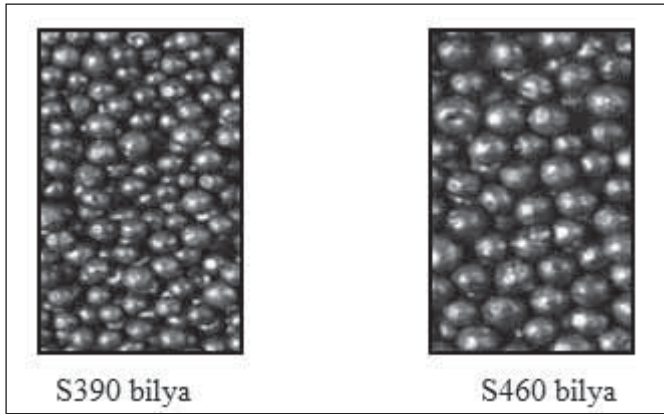
Kumlama deneyleri için, Kardemir-Karçel A.Ş. bünyesinde ki "Heinrich Schlick" türbinli kumlama tezgâhı

**Çizelge 3.** Aşındırıcı çelik bilyaların boyutsal özellikleri (Çelik Granül Sanayii A.Ş.).

Bilya tipi	Bilya yarıçapı (r), mm
S390	0,5
S460	0,59

**Çizelge 4.** S390 ve S460 aşındırıcı çelik bilyaların fiziksel özellikleri (Saykar Metalurji 2012).

Özgül Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	7,5
Sertliği (HRC)	40-52
Kristal Şekli	Martenzitik
Dayanıklılığı	Yüksek
Serbest Akış Özelliği (%)	97 minimum
Aside duyarlılığı	Yoktur
Nem Çekme Özelliği	Nem Çekmez
Magnetiklik Özelliği	Yüksektir
Elektrik İletimi	Yüksektir



**Şekil 1.** S390 ve S460 aşındırıcı bilya görüntüleri.

kullanılmıştır. Deneylerin yapıldığı türbinli tip kumlama tezgâhı görüntüsü Şekil 2' de verilmiştir.

Tezgâh 2600 mm genişliğinde ve 400 mm yüksekliğinde malzemeleri kumlama yapabilme özelliğine sahiptir. Tek seferde 2 ton bilya şarj edilebilmektedir. Saatte bilya sarfiyatı 18 kg' dır.

## 2.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Deneyler sonucunda elde edilen iş parçası yüzey pürüzlülükleri, "Mitutoyo SJ-301" yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülerek, ortalama yüzey pürüzlülüğünün bilya tipi ve ilerlemeye bağlı olarak değişimi değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, yapılan deneyler sonucunda elde edilen numunelerin dört farklı bölgesinden 0,8 mm ölçme uzunluğunda yüzey pürüzlülüğü ölçülüp ortalaması alınmak suretiyle yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük cihazı ile ilgili teknik özellikler, Çizelge 6' da verilmiştir.

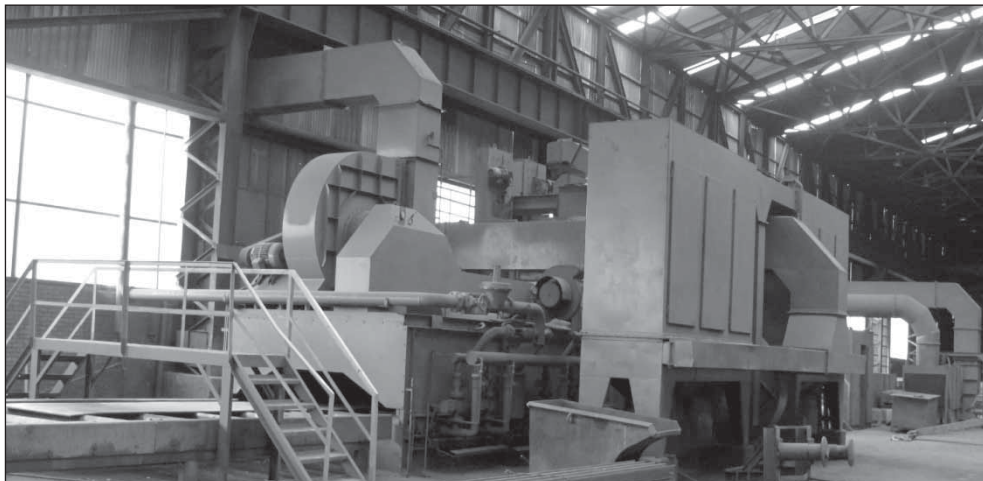
## 3. Bulgular ve Tartışma

Üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 çelik levhalar iki farklı çelik bilya (S390, S460) ile beş farklı ilerleme değerinde kumlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Kumlama işlemi sonrasında her bir deney numunesinin ortalama yüzey pürüzlülük verileri, ilerleme ve bilya çapına bağlı olarak grafiğe aktarılmış ve değerlendirmeye alınmıştır. St37 çelik numunelerin kumlamadan önceki ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 7' de verilmiştir.

### 3.1. S390 ve S460 Bilyanın İlerlemeye Bağlı Ortalama Yüzey Pürüzlülüğündeki Değişim

S390 ve S460 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük Tablo 8' de verilmiştir.

St 37 çelik numune yüzeyi freze edilerek S390 ve S460 çelik bilyalar ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 3' de grafiğe aktarılmıştır.



**Şekil 2.** Deneylerde kullanılan türbinli tip kumlama tezgâhı "Heinrich Schlick" görüntüsü.

**Çizelge 5.** Bilya boyutlarının kinetik enerjiye etkileri (Çelik Granül Sanayii A.Ş. 2002).

Bilya tipi	Yarıçap (mm)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Fırlatma hızı (m/s)	Enerji (J)
S390	0,5	7,5	80	12.5
S460	0,59	7,5	80	20.6

Şekil 3’deki grafikte S460 bilya ile yapılan kumlama işlemi sonucunda yüzey pürüzlülüğü S390 bilya ile yapılan kumlama işlemine göre daha yüksek elde edilmiştir. S460 bilya ile yapılan kumlama işleminde S390 bilyaya göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğü elde edilmesinin nedeni S460 bilyanın ebatlarının S390 bilyaya göre büyük olması ve bu sayede fırlatmadan sağladığı enerjinin daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum literatürle uyumluluk göstermektedir (Spur vd. 1999, The Society for Protective Coatings 2004). Şekil 3’deki grafikte dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise ilerleme arttıkça S460 ve S390 bilyanın yüzeyde yarattığı pürüzlülük etkisi farkının azalmasıdır. Bunun sebebi ilerleme arttıkça yüzeye çarpan bilya sayısı azalmakta ve dolayısı ile aktarılan enerji de azalmaktadır. Bu durumların sonucunda numune yüzeyinde pürüzlülük etkisi daha düşük seviyelerde kalmaktadır.

St37 normal yüzeye sahip numune S390 ve S460 çelik bilyalar ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanmıştır. Elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 4’

**Çizelge 6.** Yüzey pürüzlülük ölçme cihazının teknik özellikleri (Mitutoyo 2012).

Model	SJ-301
Tarama hızı (mm/s)	0.25, 0.5
Tarama kuvveti (mN)	4 ve 0.75
İğne uç yarıçapı (µm)	2, 5
Ölçüm aralıkları (µm)	350 (-200... +150)
Filtre	Gaussian
Örnekleme uzunluğu (mm)	0.25, 0.8, 2.5
Ölçme uzunluğu (mm)	0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8
Ölçülebilen parametreler	Ra, Rz, Rmax
Yaklaşık ağırlığı (kg)	0.2

**Çizelge 8.** St37 çelik numunelerin iki farklı bilya ve beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

Numune İlerleme Değeri (m/dk.)	St 37 Frezelenmiş (µm)		St 37 Normal (µm)		St 37 Paslanmış (µm)	
	S390	S460	S390	S460	S390	S460
0,8	8,35	9,4	8,21	8,56	8,12	8,23
1,1	7,98	8,65	7,95	8,16	7,71	7,89
1,6	7,7	8,31	7,68	7,98	7,44	7,58
2	6,16	6,61	7,06	7,45	6,71	7,29
2,4	2,9	3,21	6,08	6,05	7,12	7,24

de grafik olarak verilmiştir. S460 bilya S390 bilyaya göre daha fazla yüzey pürüzlülüğüne yol açmıştır. 2,4 m/dk. ilerleme değerinde ise kumlama etkisini yitirmeye başlamış ve pürüzlülük kumlama öncesi değerine yaklaşmıştır.

Açık hava şartlarına bırakılarak paslanması sağlanmış olan St37 kalite çelik numunenin beş değişik ilerleme değerinde kumlanması ile ortaya çıkan yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5’ de grafik halinde verilmiştir.

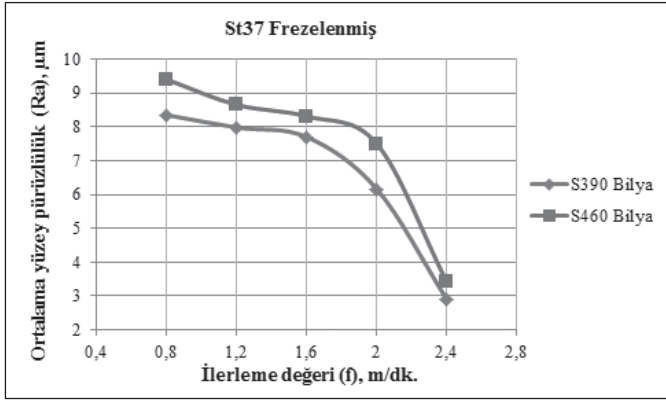
Şekil 5’ deki grafikte 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerleri arasında St37 paslanmış numune kumlandığında yüzeyde bulunan pas tabakasından dolayı yüzey pürüzlülük değerleri diğer numune gruplarına göre daha düşük kalmıştır. S390 bilya ile yapılan kumlama işleminde 2-2,4 m/dk. ilerleme değerlerinde grafikte dalgalanma gözükmemektedir. Bunun sebebi 2 m/dk. hız aralığında kumlamada fırlatılan bilyalar yüzeydeki pas tabakasını tamamen kaldırmak için yeterli olmamış ve sadece pas tabakasının oluşturduğu yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. 2,4 m/dk. ilerleme değerinde ise ilerlemenin artması sonucu yüzeye çarpan bilyaların sayılarında azalma olduğunda kumlama öncesi yüzey pürüzlülük değerine geri dönmüştür.

**Çizelge 7.** Kumlama öncesi deney numunelerinin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).

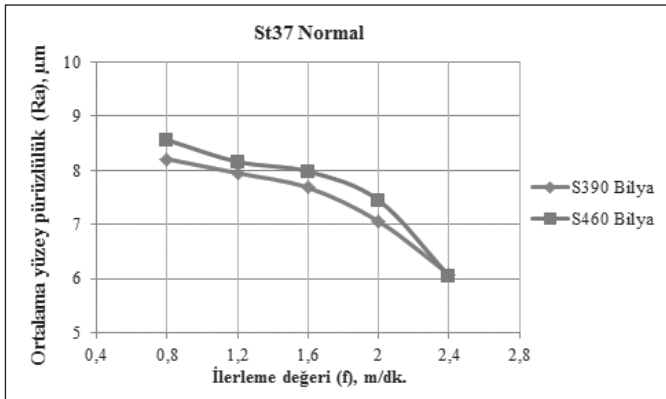
Deney numuneleri	Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), µm
St37 Yüzeyi Frezelenmiş	1,13
St37 Yüzeyi Normal	5,96
St37 Yüzeyi Paslandırılmış	7,16

#### 4. Sonuç ve Öneriler

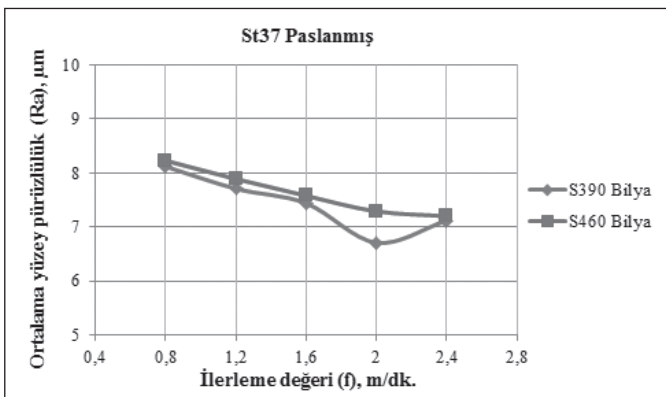
- Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde (9,4  $\mu\text{m}$ ) elde edilmiştir.



Şekil 3. Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.



Şekil 4. Normal yüzeyli St 37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.



Şekil 5. Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

- Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü (1,13  $\mu\text{m}$ ) kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 830'luk bir artış göstermiştir. St37 yüzeyi frezelenmiş numunede diğer yüzey durumlarına sahip numunelere göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.
- Normal yüzeye sahip St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek kalıcı yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 8,56  $\mu\text{m}$  elde edilmiştir. Normal yüzeye sahip St37 çelik numune kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü 5,96  $\mu\text{m}$  olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 143'lük bir artış sağlanmıştır.
- Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 8,23  $\mu\text{m}$  elde edilmiştir. Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunenin kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü 7,16  $\mu\text{m}$  olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 115'lik bir artış sağlanmıştır.
- Kumlama işlemlerinde kullanılan iki farklı çapa sahip aşındırıcılardan büyük çapa olan S460 aşındırıcı ile daha yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

#### 5. Kaynaklar

- US Army Corps of Engineers. 1995. Surface Preparation Painting. *New Construction and Maintenance*, Washington, ABD., 4-15.
- Çelik Granül Sanayii A.Ş. 2002. Etkin temizlik için aşındırıcı seçimi. *Çelik Granül Sanayii A.Ş. Teknik Bülten*, 2: 1-4.
- Kambham, K., Sangameswaran, S., Datar, SR., Kura. B. 2007. Copper slag: Optimization of productivity and consumption for cleaner production in dry abressive blasting. *J. Clean. Prod.*, 15: 465-473.
- Spur, G., Uhlmann, E., Elbing, F. 1999. Dry - ice blasting for cleaning: process optimization and application. *Wear*, 233-235: 402-411.
- Momber, AW., Wong, YC., İj, R., Budidharma, E. 2002. Hydrodynamic profiling and grit blasting of low - carbon steel surfaces. *Tribol. Int.*, 35: 271-281.
- Gedeon, G. 1995. Surface Preparation. *Pre-Coating Surface Preparation*, Course No: T02-003 Credit: 2 PDH, 1-16.
- Borçelik, AŞ. 2012. St37. Çelik Malzemenin Mekanik Özellikleri. <http://www.borcelikweb.com> (2012).
- Borçelik, AŞ. 2012. St52 Çelik Malzemenin Mekanik Özellikleri. <http://www.borcelikweb.com> (2012).
- Saykar Metalurji 2012. Çelik Bilye. <http://www.saykar.net/celik+bilye.html> (2012).
- Mitutoyo, 2012. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı Teknik Özellikler. <http://www2.mitutoyo.de> (2012).
- The Society for Protective Coatings. 2004. Surface preparation specifications. SSPC-SP COM, 1: 2-32.