

**MARTENZİTİK VE BEYNİTİK PÜSKÜRTMELİ
AŞINDIRICILARIN DAYANIM VE AŞINDIRMA
ETKİSİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMASI**

Ars. Gerv. Harun Mindivan
Tez Formatına Uygundur

707776

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Behçet Servet TURHAN

506970164011

101176

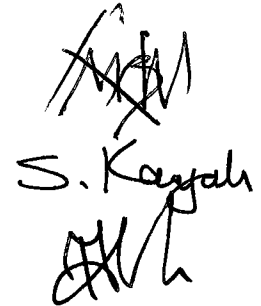
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 02 Haziran 2000

Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Haziran 2000

Tez Danışmanı : Doç.Dr. M. Kelami ŞEŞEN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. E. Sabri KAYALI (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Tuncer ERCİYES (İ.T.Ü.)



HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

2000’li yıllara girdiğimiz şu günlerde, Türkiye’de bütün üretim alanlarında olduğu gibi, döküm sektöründeki gelişmeleri de hayretler içinde izliyoruz. Artan tüketimle birlikte korkunç bir ivme kazanan, yüksek üretim artış hızı, kapasite artışlarını da beraberinde getirmiştir. Kapasite artışlarına duyulan ihtiyaç, varolan kapasitenin etkin kullanımını zorunlu kılmıştır. Her ne kadar ekonomik krizlerden ve doğal felaketlerden etkilense de, hepimiz döküm sektörünün eski ivmesini kazanacağı umudu ve inancını içimizde taşımaktayız.

Bu tez konusunun seçilmesine, kapasitenin etkin kullanımının, uygun malzeme seçimiyle mümkün olabileceği düşüncesinden hareketle karar verilmiştir

Geriye dönüp baktığımda üniversite hayatımı sığdırdığım yedi yıl öylesine küçük görünüyor ki gözlerime. Oysa yaşarken öylesine uzundu ki... Bu koskoca yedi yılı geçirirken ellerimden tutan, bana iyi ve doğruyu gösteren insanları hep yanı başımda buldum. Gün geldi fikirlerimi en az benim kadar savundular, gün geldi dostane bir şekilde eleştirdiler beni. Hepsinin ortak bir yanı vardı. Bir yerde ve bir şekilde benim iyiliğim için uğraştılar.

Yanıbaşımdaya olan bu insanlar içinde öyleleri var ki teşekkür etmeden geçemeyeceğim. Başta her zaman bana destekleriyle sonsuz bir güç katan, sahip olmakla her zaman gururlandığım anneme ve babama, bana bir anne ve baba gibi davranan çok şeyler borçlu olduğum amcama ve canım yengeme, her zaman gözlerime tebessüm yükleyen, bana sonsuz bir mutluluk ve yaşama sevinci veren C. Lale GÜRAKANUS’a, ihmalkarlıklarına sonsuz bir sabır gösteren ve bana her konuda yardımcı olan hocalarım sayın Prof. Dr. E. Sabri KAYALI’ya, sayın Doç. Dr. Kelami ŞEŞEN’e, Sayın Doç. Dr. Onuralp YÜCEL’e, yeri geldiğinde ekmeğimizi bölüşüp yediğimiz, dert ortaklarım, sonsuz bir sevgi duyduğum arkadaşlarım, Ayfer TOPYANAK, Bülent NİLÜFER, Filiz KARAKAYA, Mehtap KAPOT ve Turusan GÜNAL’a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. PÜSKÜRTMELİ AŞINDIRICILAR	3
2.1. Püskürtmeli Aşındırıcıların Sınıflandırılması	3
2.2. Püskürtmeli Aşındırıcıların Üretimi	4
2.3. Püskürtmeli Aşındırıcıların Kullanım Alanları	5
2.4.1. Kuru Aşındırıcı Üfleyerek Yüzey Temizleme	6
2.4.2. Yaş Aşındırıcı Üfleyerek Yüzey Temizleme	6
3. PÜSKÜRTMELİ AŞINDIRICILARIN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ	11
3.1. Bilye Dayanım Ölçüm Metotları	11
3.1.1. Elek Analizi	11
3.1.2. Metalografik Muayene	11
3.1.3. Vickers Sertlik Testi	12
3.1.4. Kimyasal Analiz	12
3.1.5. Yoğunluk Tespiti ve Fiziksel Hatalar	12
3.1.6. Ervin Ömür Testi	13
3.1.7. Aşındırıcı Etkinliği Tespit Deneyi	13
3.2. Temizlik Ölçüm Metotları	15
3.2.1. Kimyasal Metotlar	17
3.2.2. Fotometrik Metotlar	17
3.2.3. Basıncılı Ölçüm Metotları	19
3.2.4. Karşılaştırmalı Ölçüm Metodu	21
3.2.5. Görsel Ölçüm Metotları	23
3.2.6. Batıcı Uç Yardımı İle Ölçüm Metodu	24
4. DAHA ÖNCE YAPILAN ÖRNEK ÇALIŞMALAR	28
4.1. Wheelabrator Firması Tarafından Yapılan Yüzey Temizleme Deneyi	28
4.2. Schubert Ve Salzer Firması Tarafından Yapılan Yüzey Temizleme Deneyi	28
4.3. Bünsa A.Ş. Tarafından Yapılan Temizleme İşlemi Gider Yüzdesi Tespiti	28
4.4. Paint Research Station Tarafından Yapılan Fotometri Ölçüm	29
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	31
5.1. Kullanılan Bilyeler	31
5.2. Kullanılan Cihazlar	31
5.3. Deneylerin Yapılışı	31
6. SONUÇLAR VE İRDELEME	32

6.1. Elek Analizi	32
6.1.1. S460 İçin Elek Analizi Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması	32
6.1.2. S550 İçin Elek Analizi Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması	33
6.2. Sertlik Analizi	35
6.2.1. S460 İçin Sertlik Analizleri	35
6.2.2. S550 İçin Sertlik Analizleri	36
6.3. Kimyasal Analiz	37
6.3.1. Yüksek Karbonlu Bilyelerin Kimyasal Analizleri	37
6.3.2. Düşük Karbonlu Bilyeleri Kimyasal Analizleri	37
6.4. Fiziksel Hatalar ve Yoğunluk Tespiti	38
6.4.1. Yüksek Karbonlu Bilyeler İçin Fiziksel Hatalar ve Yoğunluk Tesp.	38
6.4.2. Düşük Karbonlu Bilyeler İçin Fiziksel Hatalar ve Yoğunluk Tespiti	39
6.5. Ervin Dayanım Testi	40
6.5.1. S460 İçin Ervin Dayanım Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması	40
6.5.2. S550 İçin Ervin Dayanım Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması	42
6.6. Martenzitik ve Beynitik Malzemelerin Aşındırma Etkinlikleri	44
7. GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	48
KAYNAKLAR	49
EKLER	52
ÖZGEÇMİŞ	58

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Metalik Aşındırıcıların Sınıflandırılması.....	3
Tablo 3.1. Görsel Pürüzlülük Ölçüm metotlarının kıyaslanması.....	22
Tablo 3.2. Görsel Pürüzlülük Ölçüm Plakalarının Kıyaslanması.....	22
Tablo 3.3. Bilyeyle Temizlenmiş Çelik Yüzeylerinin Sınıflandırılması.....	26
Tablo 3.4. Granülle Temizlenmiş Çelik Yüzeyin Temizlik Durumu.....	26
Tablo 3.5. Yüzey Kalitelerinin Karşılaştırılması.....	27
Tablo 3.6. Püskürtme İle Temizlenmiş Çelik Yüzeylerin Kalitesi.....	27
Tablo 4.1. P. R. Station Tarafından Yapılan Fotometrik Ölçüm.....	30
Tablo 6.1. Yüksek Karbonlu S460 İçin Elek Analizi.....	32
Tablo 6.2. Düşük Karbonlu S460 İçin Elek Analizi.....	33
Tablo 6.3. Yüksek Karbonlu S550 İçin Elek Analizi.....	33
Tablo 6.4. Düşük Karbonlu S550 İçin Elek Analizi.....	34
Tablo 6.5. S460 İçin Vickers Sertlik Analizi.....	35
Tablo 6.6. S550 İçin Vickers Sertlik Analizi.....	36
Tablo 6.7. Yüksek Karbonlu S460 ve S550 İçin Kimyasal Analiz.....	37
Tablo 6.8. Düşük Karbonlu S460 ve S550 İçin Kimyasal Analiz.....	37
Tablo 6.9. Y. C'lu S460 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti.....	38
Tablo 6.10. Y. C'lu S550 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti.....	38
Tablo 6.11. D. C'lu S460 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti.....	39
Tablo 6.12. D. C'lu S550 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti.....	39
Tablo 6.13. S460 İçin Ervin Dayanım Testi Sonuçlarının Kıyaslanması.....	40
Tablo 6.14. Düşük Karbonlu S460 İçin Ervin Testi.....	41
Tablo 6.15. Yüksek Karbonlu S550 İçin Ervin Testi.....	42
Tablo 6.16. Düşük Karbonlu S550 İçin Ervin Testi.....	43
Tablo 6.17. Martenzitik S280'le ulaşılan Pürüzlülük x Süre.....	45
Tablo 6.18. Beynitik S280'le ulaşılan Pürüzlülük x Süre	45

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Amacına Göre Püskürtme Çeşitleri.....	5
Şekil 3.1 : Püskürtme Deneyi İçin Hazırlanan Düzenek (Şematik).....	14
Şekil 3.2 : Reflektometre metodu ile yüzey pürüzlülüğü tespiti.....	18
Şekil 3.3 : B.I.S.R.A. Fotometrik Sonuç Yüzey Ölçüm Cihazı.....	19
Şekil 3.4 : Basınçlı Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı.....	20
Şekil 3.5 : Basınçlı hava ölçer kafası.....	20
Şekil 3.6 : Basınçlı Pürüzlülük Ölçme Cihazının Genel Görünüşü.....	21
Şekil 3.7 : Bir Kıyaslanabilir Ölçüm Plakası.....	23
Şekil 3.8 : “The Mecnin Mk II” Pürüzlülük Ölçer.....	25
Şekil 4.1 : Altı Temel Harcamanın Temizleme Maliyetindeki Payı.....	29
Şekil 4.2 : Deney Sonuçlarının Grafiği.....	30
Şekil 6.1 : Martenzitik S460 İçin Ervin Testi.....	40
Şekil 6.2 : Beynitik S460 İçin Ervin Testi.....	41
Şekil 6.3 : Martenzitik S550 İçin Ervin Testi.....	42
Şekil 6.4 : Beynitik S550 İçin Ervin Testi.....	43
Şekil 6.5 : Mart. ve Beyn. Bilyeyle Ulaşılan Ra’ların Karşılaştırılması.....	46
Şekil 6.6 : Mart. ve Beyn. Bilyeyle Ulaşılan Rz’lerin Karşılaştırılması.....	46

ÖZET

Döküm sonrası ve/veya kaplama öncesi metal yüzeyini iyileştirmek için, yüzeye aşındırıcı parçacıkları püskürtülür. En çok kullanılan püskürtme malzemeleri martenzitik ve beynitik aşındırıcı bilyelerdir. Yüksek aşındırma etkinlikleri ve yüksek dayanımları, bu grup malzemeleri en çok kullanılan malzemeler haline getirmiştir.

Bu çalışmada, martenzitik ve beynitik aşındırıcı bilyelerin ekonomikliği incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken, iki kriter göz önüne alınmıştır. Birincisi bilyenin dayanımı. İkincisi bilyenin yüzey üzerinde meydana getirdiği şekil değişikliğidir. Martenzitik ve beynitik malzemelerin arasındaki en büyük fark sertlikleridir. Martenzitik malzeme daha sert olup çabuk deforme olurken; sertliğinden kaynaklanan üstün bir aşındırma etkisine sahiptir. Ancak beynitik malzemeler daha yumuşak olup daha geç tükenmektedir. Toplam temizleme maliyetinde bilye tüketiminin %13'lük payı göz önüne alındığında, farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Martenzitik malzemelerle yapılan temizlemelerde her ne kadar fazla bilye kullanılsa da zamandan tasarruf sağlandığı için daha ekonomik sonuçlar elde edilmektedir.

Bu amaçla beynitik ve martenzitik aşındırma bilyelerine iki grup deney uygulanmıştır. İlk olarak malzemelerin dayanım özelliklerini ölçen dayanım deneyleri ki; bunlar sertlik tespiti, boyut ve boyut dağılımı tespiti, kimyasal bileşim tespiti, yoğunlukların saptanması, fiziksel hataların tespiti ve Ervin dayanım testidir. Ervin dayanım testi bize bütüm dayanım özelliklerinin toplam bir sonucunu vermektedir. Yani bir sonuç deneyidir. Daha sonra yüzey üzerindeki aşındırma etkisini inceleyen aşındırma deneyi uygulanmıştır. Aşındırma deneyinde belirli bir uzaklıktan numune plakası üzerine çelik bilye püskürtülmüş ve yüzey üzerinde zamana bağlı olarak pürüzlülük değişimi gözlenmiş ve malzemelerin aşındırma kabiliyetleri hakkında bir sonuca ulaşılmıştır.

ABSTRACT

After casting or/and before coating abrasive particles are blasted to the surface. The most used abrasives are high carbon cast steel shoots (martensitic steel shoots) and low carbon cast steel shoots (bainitic steel shoots)

In this thesis, economical behavior of martensitic and bainitic steel shoot was inspected. Two main subject is considered. First subject is fatigue of steel and the other is deformation characteristics of steel shoot on the surface of base material. While the martensitic material was deformed quickly due to its hardness, bainitic material showed a longer service life. In the concept of steel shoot consumption a different situation is viewed, although cleaning practice which are done with martensitic materials, consume higher rates of steel shoots, they reduce the operation time and also provide economical benefits.

Two groups of tests were done. First fatigue of steel with Ervin Test instrument. The other group is inspecting deformation characteristic on the base material's surface.

For this reason, two groups of experiment were done. First is about the fatigue of steel shoots (hardness, particle size and distribution, chemical composition, density, physical defects and Ervin fatigue test). Second group test is deformation characteristics of abrasive steel shoots on the surface of base material.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endüstride üretilen metalik parçaların, özellikle döküm yoluyla üretilen parçaların yüzey temizliğini sağlamak için kaçınılmaz olmuştur.

Tel fırça ile elde temizlemeden sürekli olarak asitle veya ultrasonik temizleme işlemlerine kadar çok geniş bir spektrumda değişen temizleme işlemleri ya uzun zamanda gerçekleşmekte ve üretimi yavaşlatmakta veya ek yatırım ve işletme maliyetleri getirmektedir. Bazen değişik kirler için bir temizleme prosesi yeterli olmamakta ve birden fazla temizleme prosesinin ardı ardına uygulanması gerekmektedir. Mevcut temizleme prosesleri içerisinde kirli yüzeylerden en hızlı, en çabuk, en etkili ve en ekonomik bir şekilde temiz metal yüzeyine (beyaz metale) kadar temizleme yüzeye aşındırıcı püskürtme metodu ile yapılabilir.[1]

Aşındırıcı püskürterek temizleme, metaller, plastikler ve diğer malzemelerin yüzeylerinin aşındırıcı taneler püskürtülerek temizlenmesidir. İnsanların ilk rüzgârla gelen kum tanelerinin camları aşındırarak saydamlığını bozabildiğini gözlemlemesi ile keşfedilen küçük ve sert tanelerin aşındırma etkisi, 1870 de B. C. Tilgham'ın kum püskürtme makinesinin patentini alması ile sanayide kesme, aşındırma ve temizleme amacıyla kullanılmaya başlamıştır [2]. Daha sonra gerek püskürtücü cihazlar, gerekse püskürtülen malzemedeki gelişmelerle, aşındırıcı püskürterek temizleme, temizleme işlemleri içerisinde bu günkü yerini almıştır.

Ülkemizde endüstrinin gelişmesine paralel olarak hammadde ve bu hammaddenin işlenmesi amacı ile kullanılan malzeme ihtiyacında büyük artışlar gözlenmiştir. Otomotiv alanında yapılan yatırımlar bu artışa daha büyük bir ivme kazandırmıştır.

Döküm parçalarını işlemek amacı ile kullanılan malzemeler arasında yüzey aşındırıcıları önemli bir yer tutmaktadır. Yüksek hızdaki parçacığın yüzeye buluşturulması esasına dayanan bu proseste değişik nitelikte malzemeler kullanılmaktadır. En çok kullanılan malzeme türü ise yüksek karbonlu çelik bilyeler

ile düşük karbonlu çelik bilyelerdir. Bu malzemeler yüksek aşındırma etkisinin yanı sıra uzun dayanım ömürleri ile de dikkat çekmektedirler.

Ülkemizdeki tüketimleri 6-7 bin ton civarındadır. Bu malzemelere olan talebin artışıyla birlikte. İthal ürünlerin yanı sıra yerli üretim bilyelerde pazara girmiştir.

Yüksek karbonlu çelik bilyeler martenzitik yapıda, düşük karbonlu çelik bilyeler beynitik yapıda üretilmektedir. Martenzitik bilyeler sert, aşındırma etkisi oldukça yüksek; buna mukabil kırılabilirler. Yani dayanım ömürleri daha kısadır. Beynitik malzemeler ise; daha yumuşak, yumuşaklığına bağlı olarak daha uzun ömürlüdürler ancak; aşındırma etkinlikleri sertlikleri ile paralel olarak biraz daha düşüktür. Hangisinin ekonomik olduğu bu ürünü üreten ve kullanan firmalar arasında tartışmalara sebep olmaktadır. Bu tezin hazırlanmasına işte bu tartışmalardan hareketle karar verilmiştir.

Bu çalışmalarda yüksek karbonlu çelik bilye olarak Bünsa Sanayi A.Ş. tarafından üretilen martenzitik bilyeler, düşük karbonlu çelik bilye olarak da Çelik Granül Sanayi A.Ş. tarafından üretilen beynitik bilyeler kullanılarak çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla bölümde farklı ebatlardaki malzemelerin dayanımları Ervin testi ile ölçülmüş, yüzde olarak hangi malzemenin ne kadar daha fazla uzun ömürlü olduğu saptanmıştır. Ayrıca uygulaması yapılarak farklı bilyelerle gerekli temizlik derecesine ne kadarlık bir sürede ulaşıldığı saptanmıştır.

2. PÜSKÜRTMELİ AŞINDIRICILAR

2.1. Püskürtmeli Aşındırıcıların Sınıflandırılması

Tablo 2.1. Metalik Aşındırıcıların Sınıflandırılması[3].

TÜR			KISALTMA	PARTİKÜL ŞEKLİ
Metalik Olmayan Püskürtmeli Aşındırıcılar	Doğal	Silis Kumu	N / SI	G
		Olivine Kumu	N / OL	G
		Staurolite	N / ST	S
		Granit	N / GA	G
	Yapay	Fe Fırını Cürufu	N / FE	G
		Cu Rafineri Cürufu	N / CU	G
		Ni Rafineri Cürufu	N / NI	G
		kömür Fırını Cürufu	N / CS	G
		Toz Alümina	N / FA	G
Püskürtmeli Metalik Aşındırıcılar	Dökme Demir	Çillendirilmiş	M / CI	G
	Çelik Döküm	Yüksek Karbonlu	M / HCS	S / G
		Düşük Karbonlu	M / LCS	S
	Kesme Çelik Tel		M / CW	C

Yukarıdaki tabloda püskürtmeli aşındırıcılar sınıflandırılmıştır. Tablo incelendiğinde aşındırıcıların metalik olup olmamasına göre iki ana gruba ayrıldığı görülür. Bu

tabloda bizi ilgilendiren sınıf metalik olan aşındırıcıların içinde yer alan çelik döküm aşındırıcılardır. Yüksek karbonlu ve düşük karbonlu aşındırıcılar dayanım ve aşındırma etkinliklerine göre incelenmiştir.

Burada belirtilen S ve G harfleri İngilizce Bilye ve Grit anlamına gelen Shoot ve Grit'ten gelmektedir. Buradaki bilye tanımı büyük ölçüde küresel olan katı şekildir. Grit ise kırılmış küreden oluşan keskin kenarlara, yarı küresel şekle sahip bilyelerdir[4].

2.2. Püskürtmeli Aşındırıcıların Üretimi

Bu malzemeler genelde ani soğuma sağlayan bir gaz yada sıvı ile akış halinde temas ettirilerek atomizasyon metodu ile ya da kırıcılarda parçalanarak üretilir. Bu soğuma esnasında malzeme özelliklerine göre ya küresel ya da kırılmış ve köşeli bir şekle sahip olarak elde edilir.

Bu tezde işlenen çelik bilyelerin üretiminde soğutucu olarak su kullanılır. Ergimiş, bileşimi ayarlanmış çelik bir tandiş ve bu tandişin tabanına monte edilmiş memeler vasıtasıyla belirli bir hızla akıtılır. Akan bu metale dik açıda optimize edilmiş halde su püskürtülür. Suyla çarpışan metal tanecikleri üretim havuzunun dibinde birikmektedir. Bu işlem sonunda metal üzerine çarpan suyun yardımıyla katılaşır. Katılaşma dıştan içe doğrudur ve minimum yüzey enerjisine sahip küre şeklindedir. Ve metal içinde bu katılaşma sonucunda bir boşluk meydana gelmektedir. Her ne kadar bu teori ideal görünse de metalin şekli tamamen küre olmayabilir.

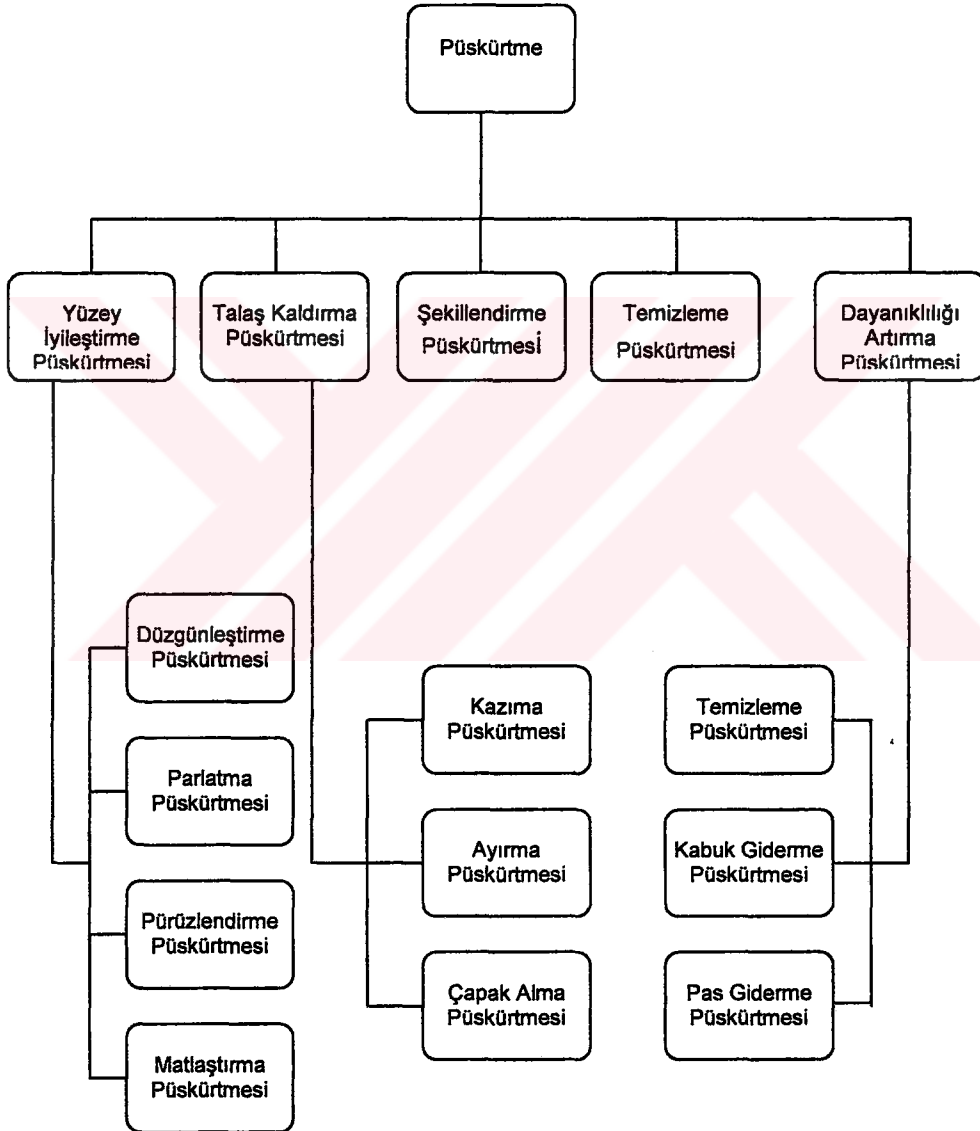
Döküm işlemi malzeme şekli ve kalitesini önemli derecede etkileyen bir işlemdir. Metalin sıcaklığı, püskürtme suyu sıcaklığı, püskürtme suyu hızı, püskürtme suyu bileşimi, üretim havuzu sıcaklığı gibi değişkenler nihai malzemenin boyut dağılımını, çatlak oluşumunu, yoğunluğunu (iç boşlukla alakalı olarak) ve en önemlisi şeklini önemli derecede etkilemektedir.

Ergitme ve döküm işlemlerinden sonra çelik bilyenin nihai sertliğini ve dolayısıyla dayanım ve aşındırma özelliklerini belirleyecek olan bir ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Bu ısıtma işlemi sonucunda yüksek karbonlu çelik bilyelerde martenzitik ve düşük karbonlu çelik bilyelerde beynitik iç yapının oluşması sağlanmaktadır.

Daha sonra malzeme standartlara göre elenip, paketlenerek kullanıma hazır hale getirilir.

2.3. Kullanım Alanları

Püskürtme işlemi değişik amaçlara yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Aşağıdaki şekilde püskürtme işlemi amaçlarına göre sınıflandırılmıştır



Şekil 2.1. Amacına Göre Püskürtme Çeşitleri [5]

2.4. Aşındırıcı Püskürtme Teknikleri

Yüzey temizleme işlemleri ile ilgili ISO 8504-1 standardında aşındırıcı püskürtürerek yüzey temizleme, elle veya yardımcı aletlerle yüzey temizleme olmak üzere iki bölüm halinde sınıflandırılmıştır.

Mekanik yüzey temizleme metotları arasında en etkilisi " Aşındırıcı üfleyerek yüzey temizleme metodu" dur. Bu metodun avantajları aşağıda sıralanmıştır[6].

- İşlem yüksek üretim hızına sahiptir,
- Cihazlar portatif ve de kolay taşınabilir cinsten olup temizlenecek yüzeyin üzerine adapte edilebilir,
- Birçok çeşit formda çelik yüzeylerine uygulanabilen bir metottur.
- Birçok farklı yüzey kaliteleri, (farklı yüzey hazırlama dereceleri ve farklı yüzey profilleri) elde edilebilir,
- Değişik etkiler (Örneğin temizleme, gerilim giderme, pürüzsüzleştirme, pürüzlendirme vb. etkiler) yaratılabilir.
- Zarar görmüş kaplamalarda zarar görmemiş kısımlara dokunmadan arızalı kısımların sökülme işlemi başarıyla yapılabilmektedir.

Boya ve bağlayıcılarla çelik yüzeyini kaplamadan önce kullanılan; aşındırıcı üfleyerek yüzey hazırlama metotları ISO 8504-2 standardında tamamlanmıştır.

2.4.1. Kuru Aşındırıcı Üfleyerek Yüzey Temizleme

Santrifüj Metoduyla Aşındırıcı Püskürtürerek Yüzey Temizleme

Bu metot adından da anlaşılacağı üzere santrifüj kuvvetiyle temizlenecek yüzey üzerine kuru aşındırıcıların yüksek hızla püskürtülmesi esasına dayanmaktadır. Bu metotla basınçlı hava kullanılmaz. Kuru bilyeler 2300-3000 devir/dakika hızla dönen bir türbin içerisine beslenir ve türbin tarafından hızla parçaya fırlatılır. Proses yüksek yoğunlukları nedeni ile türbin çıkışında yüksek hız ve moment kazanan çelik aşındırıcıların kullanımı ile sınırlıdır. Bunun yanında aşındırıcının en kolay ve etkili

şekilde temizlenecek parçaya yönlendirildiği sistemdir. Sürekli sistemlerde ulaşılabilir yüzeylere (örneğin döküm parçalarına, hadde ürünlerine, saclara) uygulanabilmektedir. Bu metot pas derecesi ISO 8501-1 veya ISO 8501-2 standartlarında tanımlanan bütün pas derecelerine sahip çeliklere uygulandığında yüzey kalitesi olarak SA 3 temizleme derecesine ulaşabilmektedir. Santrifüj metoduyla yüzey temizleme işlemi yaparken gerek sürekli üretimde gerek süresiz olan üretimde ekipmanların montajı çok dikkatli yapılmalıdır. Aksi takdirde üretim hacmini azaltan işlem tekrarına gerek duyulur.[1,3].

Basınçlı Hava İle Aşındırıcı Püskürterek Yüzey Temizleme

Hava akımı etkisini kullanarak, hava- aşındırıcı karışımını bir nozul ucundan temizlenecek olan metal yüzeyine yüksek hızla gönderilmesi esasına dayanan bir temizleme metodudur. Aşındırıcı, hava akımı içine toz içeren bir silodan enjekte edildiği gibi, bir silodan hava akımı tarafından emilebilir.

Bu metot her türden imalat parçasının temizlenmesine uygun bir metottur. Aynı zamanda farklı pas dereceleri içeren parçalarda da iyi sonuçlar vermektedir. santrifüjle temizlemenin uygun olmadığı koşullarda da kullanılabilir. Bu metot kabin içi bir sistem olarak (sabit) kullanıldığı gibi portatif olarak gereken yerde de uygulanabilmektedir. Bu metot ISO 8501-1 ve 8501-2 standartlarında tanımlanan her tür kaplanmış çelik yüzeyinde Sa 3 derecesinde yüzey temizliği sağlayan başarılı bir metottur. Bu metot serbest dolaşan toz miktarını artırırken bazı pisliklerin temizlenmesinde müsaade edilebilir kirlilik derecesine ulaşamayabilmektedir. Genellikle kimyasal pislikler çelik yüzeyinden kompresörle tamamen uzaklaştırılamamaktadırlar. Eğer yüzeyde yapılan temizlikle bütün kimyasalların uzaklaştırılması düşünülüyorsa ek işlemlerin uygulanması gerekmektedir [3].

Vakumla Veya Emici Başlıkla Aşındırıcı Püskürterek Yüzey Temizleme

Bu metot kompresörlü sisteme çok benzemektedir. Bu sistemi kompresörlü sistemden ayıran nokta metal yüzeyine monte edilmek üzere emici bir kafa içermesi ve buna bağlı bir nozul sisteminin oluşmasıdır. Emici kafa harcanan aşındırıcıyı ve yüzeyden kopan pislikleri toplama görevini üstlenmektedir. Ayrıca hava-aşındırıcı akışı kafa tarafından emilmektedir. Bu metot özellikle sınırlı yüzeylerin temizlenmesinde püskürtmeli temizleme sistemlerinde oluşan toz ve kalıntıların

istenmediği durumlarda kullanılan bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Vakumla yapılan temizlemede yüzeydeki ince tozlarında kullanılmasından dolayı Sa 2 1/2' luk bir yüzey kalite derecesine ulaşılır. Temizleme periyodu uzun tutulursa temizleme derecesi Sa 3 elde edilebilir. Bu metodun uygulanması diğer püskürtmeli metotlarda daha uzun zaman almaktadır. Ağır derecede aşınmış çeliklere ve düzensiz şekilli parçalara (kafa montajı gerektiğinden dolayı) uygulanamamaktadır [3].

Nem Enjeksiyonlu Hava İle Aşındırıcı Püskürterek Yüzey Temizleme

Bu metotta aynen kompresörlü sistem gibi çalışmaktadır. Tek farkı nozuldan önce aşındırıcı -hava karışımına nem enjekte edilmesidir. Kullanılan parçacık tane boyutu 50 mikrondan daha küçük olmalıdır. Su tüketimi kontrol edilebilir ve saat başına 15 ile 25 litre arasında değişmektedir.

Bu metot her türden parçanın temizliğinde kullanılabilir. Sıvı ekleme miktarının ayarlanabilir olması, yüzeyde oluşan pasın oluşma hızını karşılayabilmek açısından oldukça önemlidir. Bu özellik farklı paslanma derecelerine sahip yüzeylere uygulanabilmesini sağlar. Yüksek toz seviyesi ve büyük miktarda sudan kaçınılması gereken durumlarda kullanılabilir.

Tozlaşmaya engel olan sıvı nozuldan sadece olağanüstü durumlarda damlayacak şekilde ayarlanmıştır. Her aşındırıcı tanecik ince bir sıvı film tabakası ile kaplanmıştır; bu tanecikler parçalandıklarında yüzeyde bu tabaka sayesinde toz oluşturamazlar. Çok yönlü olarak kullanılan bu metot, her tür pas derecesine sahip çeliklere uygulanabilir ve işlem sonucunda Sa3 yüzey kalite derecesine ulaşılabilir.

Bu metotla ulaşılan yüzey kalitesi, kompresörle aşındırıcı püskürtülerek gerçekleştirilen yüzey kalitesinden, hazırlanan yüzeyin önceden nemlendirilmiş olmasından ötürü farklı olmaktadır. Çevre koşullarına bağlı olan süreçte, nem birkaç dakikada yok olur ve sertleşmiş yüzeyin çıkıntılarında ihmal edilebilir (önemsiz) pas kalıntılarına sebep olabilir. Ani paslanmanın olduğu her yerde mutlaka uygun kaplama sistemleri gerekir. Paslanmayı önleyici bir malzeme kullanılacaksa mutlaka bir sonraki kaplama malzemesiyle uyumlu olmalıdır[3].

2.4.2. Yaş Aşındırıcı Üfleyerek Yüzey Temizleme

Basıncılı Hava İle Yaş Aşındırıcı Üfleyerek Yüzey Temizleme

Bu metot basınlı hava ile yaş aşındırıcı üfleyerek yüzey temizleme metoduna benzer. Buradaki fark püskürtülen karışımda hava ve aşındırıcıya ek olarak su kullanımındır. Suya uygun pas önleyici ilaveler yapılırsa bu metot her çeşit temizleme işleminde kullanılabilir. Farklı paslanma derecelerine sahip, yerel oyuklar içeren, yüzeyinde kimyasal artıklar bulunan malzemelere de uygulanabilmektedir. Hem sürekli hem de süreksiz işlemlerde, özellikle temizlenmiş yüzeylerin düşük seviyede çözünebilir artık tuza sahip olması gerektiğinde kullanılabilir [3].

Bakım sırasında yüzey hazırlanırken basıncın ve karışımdaki hava, su ve aşındırıcının oranlarının ayarlanmasıyla kaplamanın kısmen ya da istenildiği gibi kaldırılması olanağı vardır. Özellikle çözünebilir tuz miktarının azaltılmasında ve temizlenmesinde üretilen toz miktarının en aza indirilmesinde bu metot çok elverişli bir metottur. Bu metotla yapılan işlem sonucunda ISO 8501-1 ve ISO 8501-2 standartlarında tanımlanan Sa3 yüzey temizlik derecesine ulaşılır. Nozuldan sonra eklenen su ile yapılan işlem sonucunda kimyasalların temizlenmesi işlemi daha etkisiz olmaktadır. Aşındırıcı ile temizlenmiş yüzey, bir katman tarafından kaplanmıştır. Bu tabakanın kuru üflemeyle veya su püskürtülerek çıkarılması gerekmektedir. Yüzey boya işleminden önce kurutulmalıdır, ayrıca yüzeydeki yaşlık ani paslanmaya sebebiyet verebilir. Bu demir oksit tabakasının, bir sonraki kaplama için zararlı olabileceği göz önüne alınırsa yüzeyden sökülmesi gerekir[3].

Yaş aşındırıcı ile temizleme suyun zararlı olabileceği durumlarda kullanılmamalıdır. Kullanılan aşındırıcılar harcanabilen demir dışı malzemelerle sınırlıdır. Pas önleyici madde kullanıldığında bir sonraki kaplama maddesine uygun olmasına dikkat edilmelidir[3].

Sulu Çamur Üfleyerek Yüzey Temizleme

Su ya da başka sıvıda yayılmış ince bir aşındırıcı basınçlı hava ile veya havasız temizlenecek malzemenin üzerine gönderilir. Bu metot küçük veya ikinci profile gereksinimi olmayan, iki yüzeyli profile sahip yüzeylerin üretiminde kullanılır. Bu metot özellikle iyi yüzey yapısını gerçekleştirir ve çözünebilir tuz miktarını azaltmada uygundur [3].

Basınçlı Sıvı Üfleyerek Yüzey Temizleme

Aşındırıcı sıvı akımına verilir ve yaş aşındırıcı, bir nozul yardımı ile parçanın üzerine yönlendirilir. Akıntıda basınç altında kalmış sıvı oranı yüksektir ve eklenen katı aşındırıcılar basınçlı hava ile yaş aşındırıcı üfleyerek temizleme metodunda normalde daha azdır.

Aşındırıcı hem kuru hem de yaş çamur olarak sıvı içine ilave edilebilir. Bu yöntemin kullanımı esnasında korozyonu önlemek açısından su içerisine paslanmayı engelleyici maddeler ilave edilebilir.[3].

Bu metot ISO 8501-1 ve ISO 8501-2 standartlarında tanımlanmış olan pas derecesi A ve B de temizleme derecesi Sa 3' ü paslanma derecesi D olan veya önceden kaplanmış çeliklerde temizleme derecesi Sa 2½'ü sağlar Özellikle çözünebilir tuz miktarının azaltılmasında uygundur; ama basınçlı hava ile yaş aşındırıcı üfleyerek yüzey temizleme işlemi kadar başarılı olamamaktadır. Çözünebilir tuzların kontrolü daha zordur ve yüksek su basıncı yeterli derecede tehlike teşkil etmektedir.[3].

3. PÜSKÜRTMELİ AŞINDIRICILARIN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ

3.1. Bilye Dayanım ve Aşındırma Etkinliği Ölçüm Metotları

Numune almak için dikişsiz çelikten yapılmış, iç çapı yaklaşık 25 mm, uzunluğu 800 mm'lik bir tüp kullanılır. Bu tüp, malzeme yığınları içine daldırılarak rast gele numune alınır[7]. Numune alma işlemi bu standartlara uygun olarak yapılmıştır.

3.1.1. Elek Analizi

Malzemeye, tane iriliğinin ve bu iriliğin dağılımının tespiti için uygulanır. Bilyelerin ortalama boyutu göz önüne alınarak değişik büyüklükte elekler kullanılır. Malzemenin boyutunun iri olması, tane boyutunun kullanım esnasında toz boyutuna inmesini geciktirirken, yüzeydeki pürüz giderme etkisini azaltmakta ve ince aralıklara girebilme özelliğini zayıflatmaktadır[8]. Yani S280 (ince malzeme) ile elde edilen yüzey pürüzsüzlüğü S780 (iri malzeme) ile elde edilememektedir. Bu nedenle malzeme ne kolay toz haline gelebilecek kadar küçük boyutlu, ne de temizleme etkisini azaltacak kadar kalın taneli olmalıdır. Malzemeler için optimum noktalara sahip bir standardın uygulanması kaçınılmazdır[9].

3.1.2. Metalografik Muayene

Bilyeler reçine içine kalıplanarak yüzeyi parlatılır. Mikroskop altında iç yapı ve yapı hataları incelenir. Martenzitik ya da beynitik yapının oluşumu ve dağılımı gözlemlenir. Yapı hataları, çatlaklar ve iç boşluklar saptanır. Bu işlem sonucunda malzemenin dayanım ve aşındırma özelliklerini pozitif ve negatif yönde etkileyen dıştan gözle görülmeyen faktörler saptanarak, bunlar optimize edilir. Böylece malzeme özellikleri geliştirilir.

3.1.3. Vickers Sertlik Testi

Yüzey işlemleri esnasında yumuşak bir malzeme kullanıldığında etkili bir temizleme gerçekleştirilememekte temizleme süresi ve buna bağlı olarak sabit harcamalar da artmaktadır. Gereğinden sert bir malzeme kullanıldığında ise aşındırıcı çok kolay parçalanmakta ve bu defada bilye tüketimi artmaktadır[8]. Bu amaçla bilye numuneleri önce bir bakalit kalıp içinde sabitlenir. Daha sonra Vickers sertlik cihazında belirli yük altında yüzeylerinde meydana gelen izden hareketle sertliği Vickers cinsinden saptanır. Bu amaçla her malzeme için 10 adet sertlik değeri saptanıp bu değerlerin ortalaması alınmıştır[10].

3.1.4. Kimyasal Analiz

Kimyasal bileşim, sertlik, mikroyapı, yapı hataları, yoğunluk gibi özellikleri etkilemekte, dolayısıyla malzemenin dayanım özelliğini ve enerji iletim etkinliğini değiştirebilmektedir[8]. Bu amaçla malzemeden spektral analiz numunesi alınır bu numune taşlanır ve parlatılır. Daha sonra malzemeye spektral analiz uygulanır. Sonuç olarak malzeme özelliklerini önemli derecede etkileyen kimyasal bileşim hakkında önemli bilgilere ulaşılır[11].

3.1.5. Yoğunluk Tespiti ve Fiziksel Hatalar

Püskürtme ile yapılan temizleme işlemi parçacığın yüzeye çarparak aşındırma yapması esasına dayandığından, bu parçacığın kinetik enerjisi büyük önem kazanmaktadır. Kinetik enerji ise kütle ile orantılı olduğundan parçacığın kütlesi belirtilen boyut aralıkları içinde maksimum olmalıdır. Bu ise yoğunlukla belirlenebilir. Yani yoğunluk ne kadar yüksekse malzemenin temizleme etkisi de o derece yüksektir[8]. Malzeme yığınının alınan numunenin yoğunluğu piknometre yöntemi ile belirlenir. Bu amaçla her standart kendi alt limitini koymuştur bu alt limit SAE J 827 ve ISO 11125-4'te tanımlandığı üzere $7,00 \text{ gr/cm}^3$ [11,12] yada bu tezde deney numunesi olarak seçilen Bünsa A.Ş. ve Çelik Granül A.Ş. firmalarının kendi koyduğu standarttaki gibi $7,20 \text{ gr/cm}^3$ 'tür.

Ayrıca boşluk, çatlak içeren ve çekmiş, uzamış taneler dayanım için bir handikap içermektedir ve mümkün olduğunca az olması istenir. Bu bölümde, bunların miktarları ile ilgili saptamalar da bulunmaktadır. Bu kusurlar yapı hataları olarak adlandırılmaktadır.

3.1.6. Ervin Ömür Testi

Bu deneyde dönen bir tambur içinde, malzeme, dayanım testine tabii tutulur. Test cihazı içinde bir temizleme makinesi ortamı yaratılmaktadır. Aynı bu makinelerdeki gibi haznedeki malzemenin bitmesi belenmez. Ara ara test cihazına malzeme ilavesi yapılır. Başlangıçta makineye 100 gr bilye doldurulur. Daha sonra makine belli bir tur sayısı kadar (500 tur gibi) çalıştırılır. Daha sonra durdurulup toz boyutuna inen malzeme makineden çıkartılıp tartılır. Eksilen miktar kadar bilye ilave edilip (100 grama tamamlanıp) makine tekrar çalıştırılır. Bu işlem tekrarlanır. Her 500 turda aynı işlem yinelenir. Ta ki toplam toz miktarı 100 grama eşitlenene kadar. Eğer son turda 100 gr geçilmişse son turda orantı yöntemiyle 100 grama ulaşmak için gerekli tur miktarı saptanır. Toplam tur sayısı bize malzememizin "Ervin Dayanımını" verir. Bu test bir sonuç testidir. Bize sertlik, yoğunluk, kimyasal analiz, elek analizi testlerinin sonucunu verir.

3.1.7. Aşındırma Etkinliği Tespit Deneyi

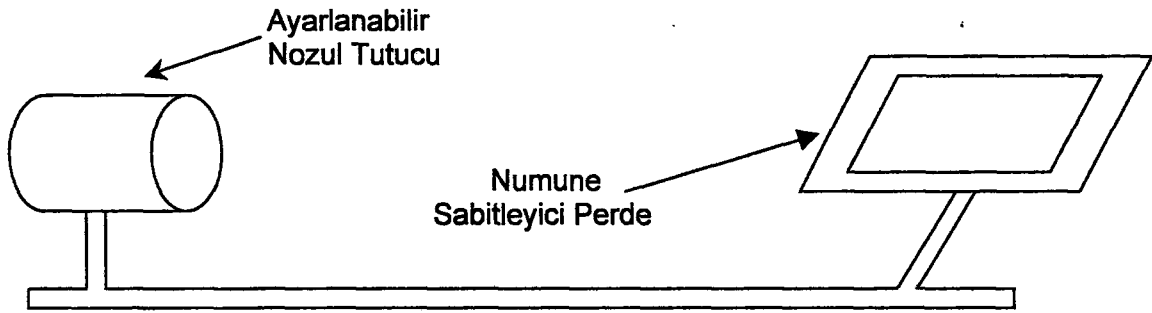
Gritle sağlanan pürüzlülüğün, ve bilyeyle sağlanan pürüzsüzlüğün değerlendirilmesi bu standartlar vasıtasıyla sağlanır. Bu standartlar da sonuçlar mikron cinsinden verilir. İsviçre ve Fransız standartları bir rakam veya bir harf ve onu takip eden bir rakamdan meydana gelir. Fransız Standartlarında 9'dan 19'a kadar rakamlar, İsviçre Standartlarında ise N harfi ve bunu takip eden 1'den 11'e kadar rakamlar kullanılır[2].

İngiliz standartları BS 1134:1961 ve Amerikan Standartları ASA B46.1.1955, her ikisi de mikro inch cinsinden değerlerle ifade edilir. Ölçümler yüzeyde gezinen bir iğne ve bu iğnenin izin derinliğine göre hareketinin kaydedilmesi esasına dayanır[13]. Bu işleme profilometre metodu denir. Bu tezde yapılan deneylerin sonuçları saptanırken de profilometre metodundan faydalanılmıştır.

Bu amaçla bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Bu düzenek üç ana üniteden oluşmaktadır.

- Bilyenin depolandığı bir hazne
- Bilyeye hız kazandıran bir kompresör
- Püskürtme işleminin gerçekleştirildiği bir nozul
- Numuneyi ve nozulu sabitleyen açısı ayarlanabilir bir tabla
- Etrafa saçılan bilyeleri tutan bir muhafaza

Nozul tutucu numunenin üzerini doğrultulmuştur ve sağa, sola, aşağı, yukarı hareketlidir. Numune, nozula karşı açılı olarak yerleştirilmiştir. Nozul açısını ayarlamak için başlangıçta numuneler kullanılmıştır. Etkin temizleme açısı bu yolla bulunmuştur. Nozulla numune arasındaki mesafe, nozuldan çıktıktan sonra malzemenin etkin bir şekilde dağılması amacı ile, 45 cm olarak tespit edilmiştir. Bu deneyde en çok dikkat edilen husus, deney şartlarının her numunede aynı olacak şekilde sabitlenmiş olmasıdır. Aksi taktirde, yapılan deneylerin sonuçlarının karşılaştırılması esnasında, gerçek dışı sapmalar gözlenebilir.



Şekil 3.1. Püskürtme Deneyi İçin Hazırlanan Düzenek (Şematik)

Daha önce bahsedilen çalışmada, pik döküm numuneler kullanılarak yüzey temizleme malzemelerinin etkinliği incelenmişti. Bu tezdeki çalışmada ise döküm sonrası yüzeyler yerine, paslanmış yüzeyler ve bu yüzeylerde bilyelerin aşındırma etkisi incelenmiştir. Paslı yüzeylerin incelenmesi, düzeneğin ayarlanması ve bilyenin yüzey üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla 20 adet paslı numune kullanılmıştır.

Numuneler 8x16 cm boyutlarında, açık havada pasa maruz bırakılmış, GG25 pik döküm soba parçasından kesilmiştir.

Malzemeye 15, 30, 45 ve 60 saniye süreyle bilye püskürtülmüştür. Sonuçta başlangıç ve sonuç ürünler arasındaki farklılık gözlenmiştir.

Bu deney için minimum 4.5, maksimum 8 atü basınç verebilen bir kompresör ve onun ucuna bağlı bir bilye fırlatma düzeneği kullanılmıştır

Bu amaçla malzeme üzerine martenzitik ve beynitik S280 püskürtülmüştür. Bu işlem için S280'nin seçilmesinin nedeni; pası temizleyecek kadar ince, kolayca yok olmayacak kadar iri olmasıdır.

3.2. Temizleme Ölçüm Metotları

Yüzey pürüzlülüğünün ve temizliğinin tespiti için bir dizi kontrol yöntemi uygulanabilir. Bu tespit için kullanılacak metodun seçiminde şu kriterler önemli rol oynar:

- Metodun uygulanabilirliği.
- Metodun ekonomikliği.
- Test sonucunun reel sonuca olan yakınlığı.

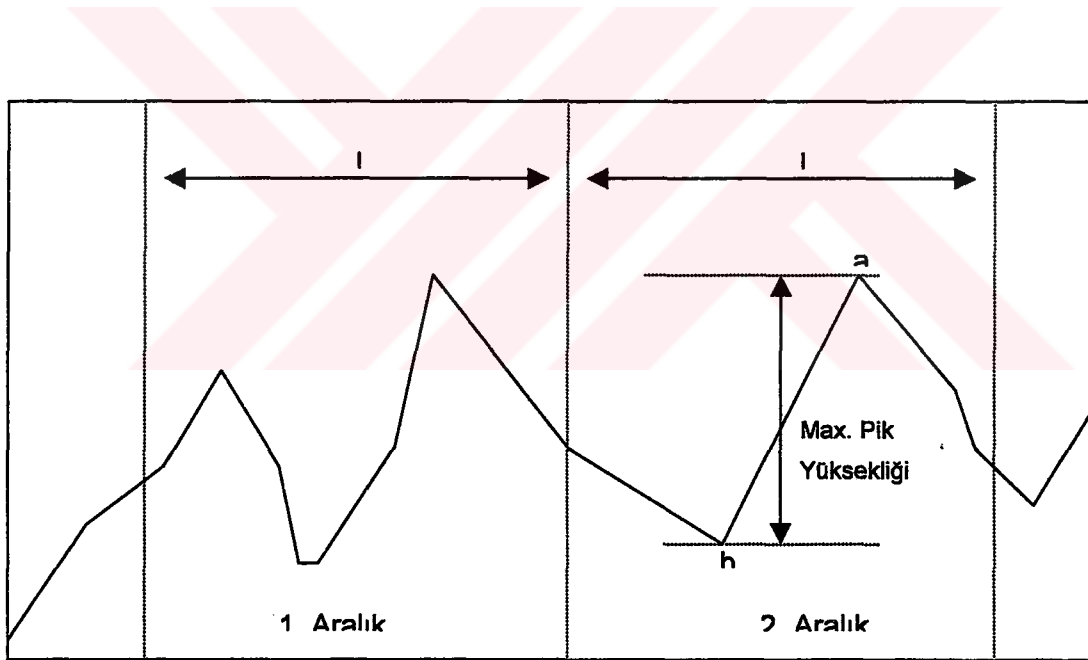
Burada yüzey pürüzlülüğü ile ilgili bir takım kavramların tanımlanmasında fayda vardır[14].

Maksimum Pik Yüksekliği (R_z): Profilometre ile yapılan bir ölçümde elde edilen piklerin değerlendirilmesinde ölçüm aralığındaki piklerin en büyüğü ile en altta kalan oyuk arasındaki yükseklik farkına maksimum pik yüksekliği denir[15].

Ortalama Pik Yüksekliği (R_a): Birbirini takip eden uzunluklar aralıklarında yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum piklerin matematiksel ortalaması alınarak tespit edilir[15].

Ortalama almak için yapılan ölçüm sayısı mikroskopla incelemede yirmiden az olmazken profilometre ile yapılan ölçümlerde beş ölçüm yeterlidir.

Aşağıdaki şekil incelendiğinde a ile gösterilen tepe 2. Aralık içindeki en yüksek tepedir. b ise en düşük çukurdur. İkisinin arasındaki mesafe ise 2. Aralıktaki en yüksek (maksimum) piktir.



Şekil 3.2. Püskürtme İle Temizlenmiş Bir Yüzey Profili (Şematik)

Yapılan testler, numunenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinden faydalanarak bir sonuç verir. Bu özelliklerden faydalanarak yüzey pürüzlülüğü ve temizliğini ölçen yöntemler şu ana başlıklar altında sıralanabilir:

3.2.1. Kimyasal Metotlar

Kimyasal metotlar kullanılarak yapılan temizleme işlemi yüzeye bir kimyasal ya da kimyasallar uygulanarak yüzey temizliğinin yada kirliliğinin saptanması esasına dayanır.

Bu metoda örnek olarak bakır sülfat testini verebiliriz. Bu yöntem püskürtme sonrası yüzeyde kalan tufalin sökülmesi esasına dayanır. Bu işlem metal yüzeyine temizleme sonrası mümkün olduğunca çabuk uygulanır. Bu işlemden önce yüzeyin yumuşak bir fırça ile temizlenmesi ve böylece yüzeyde bulunan ince tanelerin, tozun ve serbest tufalin uzaklaştırılması sağlanır. %4 bakır sülfat ve %1 sülfürik asitle yapılan işlem en iyi sonucu verir. Bunların yanı sıra işlem esnasında küçük miktarda Teepol (Shell Kimya sanayinin ürettiği bir malzeme) ıslatıcı ajan olarak kullanımı işlemin etkinliği açısından faydalı olmaktadır[2].

Bu işlem uygulandıktan 5-7 sn sonra malzeme yüzeyindeki tufalli bölgeler karanlık bir görüntü oluşturur.

İşlem sonuçları tamamen görseldir. Görseelliği artırmak amacıyla mercek kullanılması faydalıdır. Görsel olduğu için çok hassas bir metot değildir, bu metotla tufal tabakasının tamamen tespiti mümkün olamamaktadır; ancak uygulama kolaylığı ve ekonomikliğı işlemi cazip kılan noktalardır.

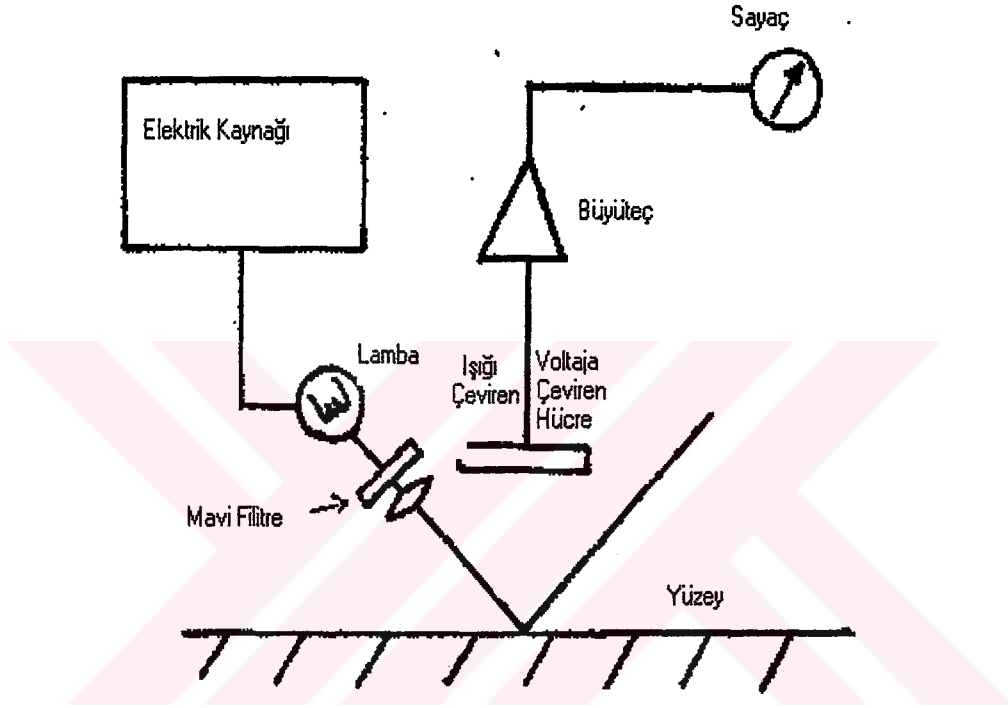
3.2.2. Fotometrik Metotlar

Püskürtme işlemi neticesinde temizlenen metal yüzeyi, parlak, ışığı yansıtan bir özellik kazanır. Temizleme işleminin derecesi arttıkça açığa çıkan metal yüzeyi miktarı da artmakta ve yüzeyin yansıtıcı özelliğı genişlemektedir. İşte bu metot bu özellikten faydalanılarak geliştirilmiştir.

Reflektometre ile yapılan ölçüm bu metoda en iyi örnektir. Aşağıda bu metot anlatılmış ve şematik olarak gösterilmiştir.

Püskürtme işlemi neticesinde temizlenen metal yüzeyi, parlak, ışığı yansıtan bir özellik kazanır. Temizleme işleminin derecesi arttıkça açığa çıkan metal yüzeyi miktarı da artmakta ve yüzeyin yansıtıcı özelliğı genişlemektedir. Reflektometre

metodu işlemin bu özelliğinden istifade ederek yüzey temizliğini ölçer. Bir ışık kaynağı vasıtasıyla yüzeye sabit ve yoğunlaştırılmış bir ışık gönderilir. Işık yüzeye çarptığında yüzey temizliğine ve geliş açısına bağlı olarak yansır. Yansıyan bu ışın, ışığın gücünü ölçen bir cihaz tarafından ölçülür. Yansıyan ışığın gücüne bağlı olarak yüzeyin ne kadar temiz olduğu konusunda fikir sahibi olunabilir. Bu mekanizma ütüye benzeyen, yüzeyde gezdirilebilen komple bir düzenek haline getirilmiştir[2].



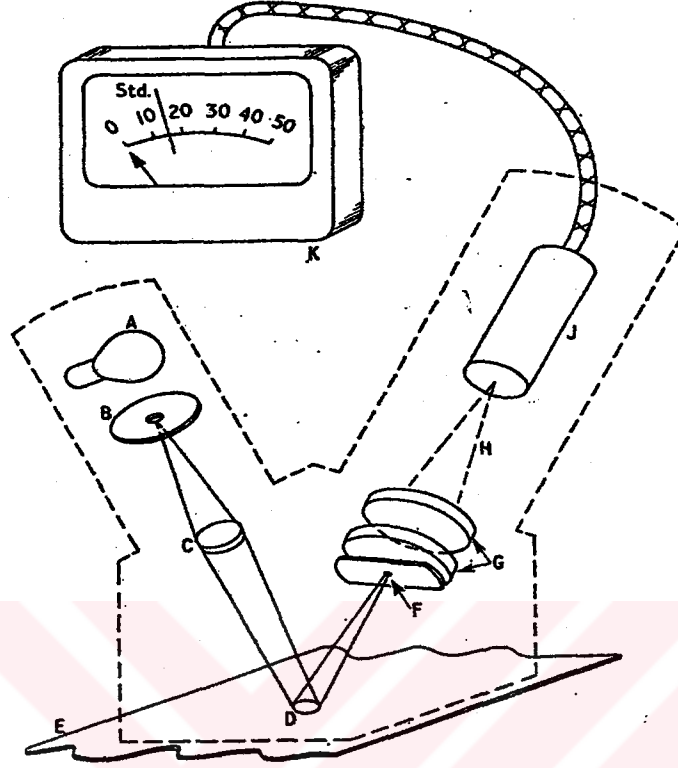
Şekil 3.2. Reflektometre metodu ile yüzey pürüzlülüğü tespiti[2].

Bu cihazla üç ayrı bölgeden, üç ayrı değer alınır. Bu değerler bir araya getirilerek ortalamaları tespit edilir. Bu ortalama değer malzemenin, yüzey pürüzlülüğü ifade eder.

Bir diğer fotometrik ölçüm metodu da B.I.S.R.A. yüzey sonuç yüzey ölçümüdür.

Bu metot fotometrik esaslara dayanır. Yüzeye gönderilen ışığın yansıması ve bu yansıyan ışığın ölçülmesi esasına dayanır. Işık üreten bir lamba, bu ışığı yoğunlaştırıcı bir mercek, yansıyan ışığı toplayan diğer bir mercek , bu gelen ışığı

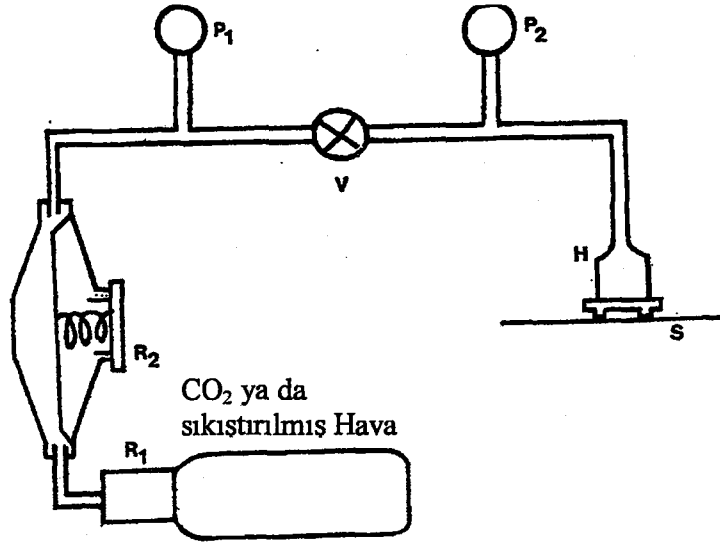
derecelendiren bir sensor ve bu sensore bağı bir sayaçtan meydana gelmiştir. Bütün bu birimler komple bir set halinde tek parça bir cihaz haline getirilmiştir.



Şekil 3.3. B.I.S.R.A. Fotometrik Sonuç Yüzey Ölçüm Cihazı[2].

3.2.3. Basıncılı Ölçüm Metotları

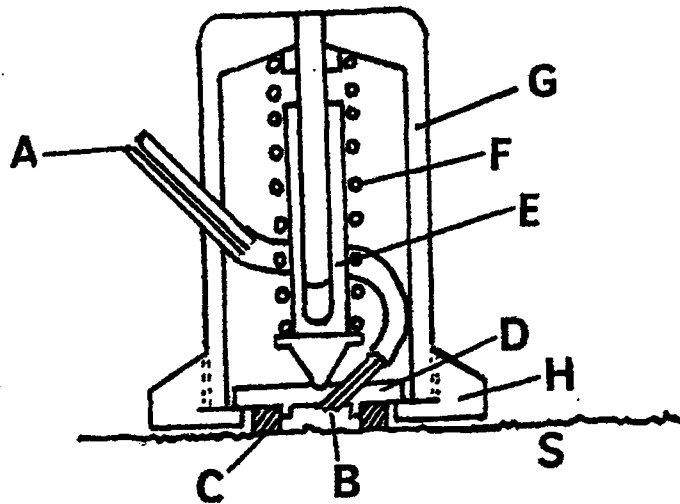
Bu işlem yüzeye gönderilen basınçlı gaz esasına dayanır. Bu düzenek bir gaz tüpü, basınç düşüşünü ölçmek için kullanılan basınç ölçerler ve bu cihazlara bağı ucu açık bir kafadan meydana gelmektedir. Yüzeye gönderilen gazda bir basınç düşüşü meydana gelecektir. Yüzeydeki pürüzlülük eğer fazlaysa, basınç düşüşü de buna bağı olarak fazla olacaktır. Bu işlemde CO₂ yada sıkıştırılmış hava kullanılmaktadır[2].



- R₁ : CO₂ veya Sıkıştırılmış hava kaynağı
 R₂ : Dedantör
 P₁ : Birinci hal basıncı ölçer
 V : Valf
 P₂ : İkinci hal basınç ölçer
 H : Uygulama kafası
 S : Temizlenmiş yüzey

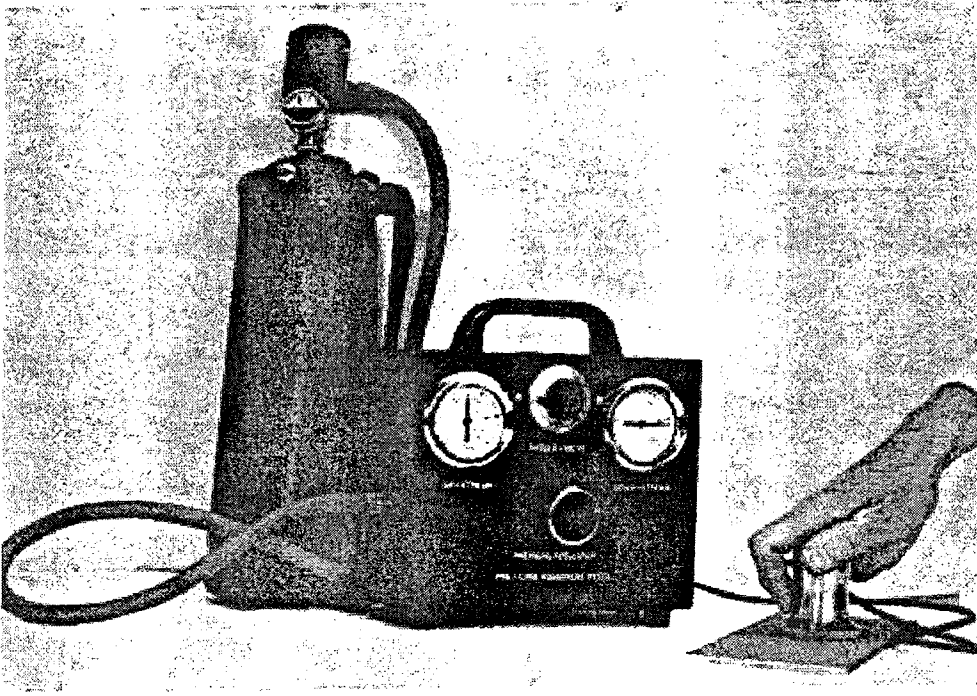
Şekil 3.4. Basıncı Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı[2]

Bu cihaz, bu teoriden hareketle "The Research Association of British Paint Colour and Varnish Manufacturers" tarafından üretilmiştir.



- G : Gövde
 H : Sabitleyici Halka
 S : Püskürtme ile Temizlenmiş Metal Yüzeyi

Şekil 3.5. Basıncı hava ölçer kafası[2].



Şekil 3.6. Basınçlı Pürüzlülük Ölçme Cihazının Genel Görünüşü[2].

3.2.4. Karşılaştırmalı Ölçüm Metodu

Pürüzlülük karşılaştırma testi bu metoda en iyi örnektir

İsviçrede Pierre Roch ve Central Armaments Laboratory of France'den Fisher A. G. Tarafından geliştirilmiştir[2].

Sistem standart plakalarla sonuç yüzeyin karşılaştırılması esasına dayanır. Bu sistemin toleransı Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Danimarka ve diğer Avrupa ülkeleri tarafından kabul edilmiştir

İsviçre ve Fransız grubu belirgin aralıklara sahip, sayılarla veya bir harf ve onu takip eden sayılarla ifade edilen sınıflandırmayı kabul eder. İsveç standartlarına göre (VSM10321) N hafiyle başlayan ve onu takip eden 1'den 11'e kadar rakamlardan oluşan ifadeler kabul edilmiştir[2].

Fransız standartları bu sınıflandırmayı 9'dan 19'a kadar yapmıştır. Ve bunları gritle ve bilyeyle yaratılmış yüzeyler olmak üzere iki gruba ayırmıştır

Tablo 3.1. Görsel Pürüzlülük Ölçüm metotlarının kıyaslanması[2].

	Değer ve Toleranslar					
Fransız Stand. No.	19	18	17	16	15	14
İsviçre Stand. No	N11	N10	N9	N8	N7	N6
CLA (mikron)	1000	500	250	125	63	32
AA, Ra (Mikron	25	12,5	6,3	3,2	1,3	0,8

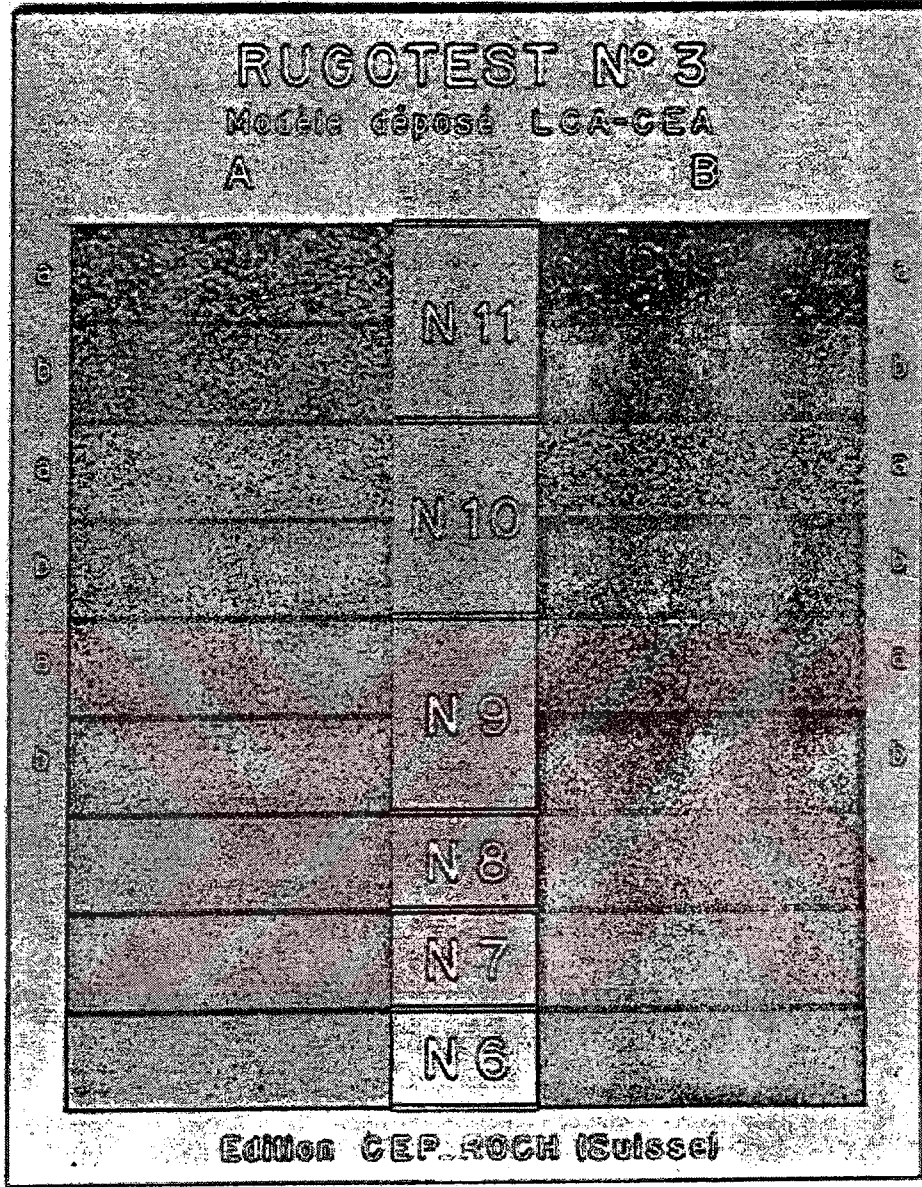
Rupert yüzey ölçeği (karşılaştırma plakaları) bu metoda diğer bir örnektir

Bu test için nikel alaşımlarından üretilmiş, aşınma direnci yüksek, metalik karşılaştırma plakaları kullanılır. BSS 1134:1961 standartlarına uygun olarak üretilmektedirler[2].

Plakalar grit püskürtme için, altı, granül püskürtme için, 6 değişik sınıfta üretilmiştir

Tablo 3.2. Görsel Pürüzlülük Ölçüm Plakalarının Kıyaslanması[2].

Ref. No.	Yüzey Durumu	Renk	Numune Sayısı	Aralık (mikro inch)
129 A	Grit Püskürtülmüş	Gri	6	32 – 1000
129 B	Bilye Püskürtülmüş	Gri	6	32 – 1000



Şekil 3.7. Bir Kıyaslımal   l  m Plakası[2].

3.2.5. Görsel  l  m Metotları

Yüzeyin durumu çıplak gözle ya da bir geliştirici vasıtasıyla incelenerek tespit edilir. Tufal  l  m  bu metoda örnek olarak gösterilebilir.

Bu metot yüzeyde kalmış tufalin yüzeyden sökülmesi ve bu sökülen malzemenin miktarının tespitine dayanır. Bu amaçla püskürtme işleminden sonra, malzeme üzerine, 1x2 inch (25,4x50,8 mm)'lik bir alana, yapışma özelliği oldukça iyi olan bir

bant yapıştırılır. Bu işlemi kolaylaştırmak için yaklaşık iki dakika süreyle ekstra bir solüsyon uygulanmaktadır. Hidroklorik asit bu amaçla en çok kullanılan malzemedir. Bu şeffaf bantla sökülen tufal görsel olarak bazı aygıtlar yardımıyla incelenir. Bu işlem için tamamıyla temiz bir yüzeyin ölçüsü 1000 olarak seçilmiştir. Temizleme derecesinin düşüklüğüne göre bu değer küçülmektedir. Mesela yarı yarıya temizlenmiş bir yüzeyin temizlik derecesi 500 civarlarında çıkmaktadır[2].

Diğer bir metot epoksi uygulamasıdır. Püskürtme işleminden hemen sonra yüzeye beyaz epoksi uygulanarak yüzeyin boyuna profil kesiti alınır. Bu kesit standart metalurjik tekniklerle parlatılır ve incelenir. Ve böylece yükseltir ve çukurluklar saptanır. Böylece malzemenin maksimum ve minimum pikleri bulunur. Bu ölçüm belirli aralıklarla tekrarlanarak malzemenin temizlenme sonrası ortalama piki yani Ra'sı saptanır. Bu işlem üzerinde ölçek bulunan bir mikroskop vasıtasıyla gerçekleştirilir. Ancak görsel bir metot olması nedeniyle yapılan ölçümlerin ortalaması alınırken, mümkün olduğunca fazla pik ölçümü yapmak gerekmektedir. Genelde bu sayı 10 seri ölçüm olarak seçilir[2]

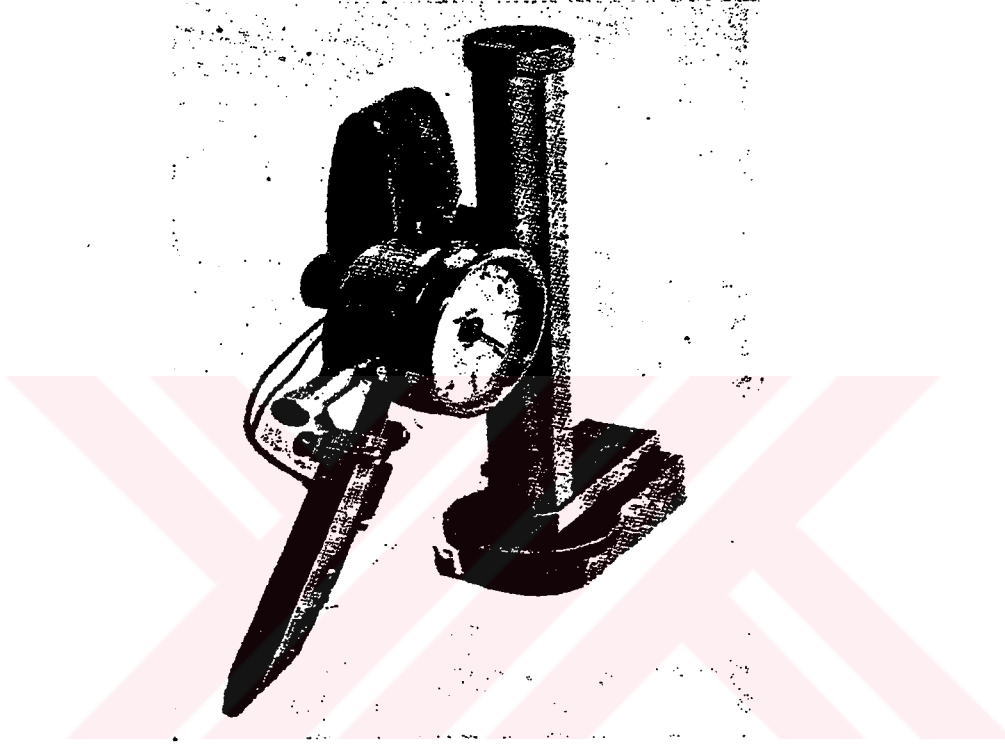
Bu mantığa dayanan daha başka bir çok metot vardır. Bu metotlarda da yüzeye bir malzeme dökülerek katılaşması beklenir. Ve katılaştıktan malzeme yüzeyden sökülerek profil kesilir. Bu profil, aynen yukarıdaki metotta belirtildiği gibi, görsel olarak incelenir.

3.2.6. Batıcı Uç Yardımıyla Ölçüm Metodu

Bu işlem, prensipte yüzeye bir ucun teması ve bu uçtaki temastan doğan titreşimlerin okunup kaydedilmesi esasına dayanan bir metottur. Batıcı uç ve bu ucun titreşimlerini ölçme metodu farklı olabilmektedir. Bu farklılıklar değişik ölçüm metotlarını doğurmuştur

“Talysurf” Ölçüm Cihazı: Adını tasarımcısı Rank Taylor’dan almıştır. İnce bir ucun yüzeyde boyuna hareket etmesi ve bu hareketin neticesinde yüzey profilinin çıkarılması esasına dayanmaktadır. Batıcı ucun çapı 0,001 inch (0,025 mm)’tir. Bu ucun yaptığı dikey hareketler, elektriksel olarak bir sayaca aktarılır. Ve bu sayacın bağlı olduğu bir ploter yardımıyla yüzey profili grafikleştirilir. Dakikada 12 inch’lik bir ölçüm yapılabilir. Büyütme işlemi ise 100,000’e kadar çıkabilmektedir[2].

“The Mecrin Mk II” Pürüzlülük Ölçer: Rupert ve Co. Limited of Chadel tarafından üretilmiş,direk okumaya dayanan bir metottur. 0,02 mm kalınlığında metalik bir bıçağın açılı olarak yüzeye sürtülmesi ve bu esnada meydana gelen değerlerin mekanik bir sayaçtan okunması esasına dayanır[2].



Şekil 3.8. “The Mecrin Mk II” Pürüzlülük Ölçer[2].

Profilometre: Bu tez içinde yapılan deneylerde, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi amacı ile profilometre kullanılmıştır. Bu cihaz yüzeyde gezdirilen bir iğne ve onun ucundaki bir sensörden oluşmaktadır. Bu sensör vasıtasıyla malzemenin yüzey pürüzlülüğü piksel bir grafik şeklinde tespit edilir. Bu grafik belirli aralıklara bölünür. Her bölüm içindeki piklerin en üstteki ucu ile en alttaki ucu arasındaki fark maksimum pikleri gösterir. Bu pikler toplanıp ortalaması alındığında ortalama pik yüksekliği bulunur. Bu önemli bir değerdir. ISO 8503-1’de bu ortalama pik kavramından hareketle yüzey temizliği derecesinin tespiti şu şekilde yapılmaktadır:

Öncelikle mikron cinsinden ölçülen ortalama pik yüksekliği aşağıdaki tabloda yerine konur. Ve hangi bölüme girdiği saptanır

Tablo 3.3 Bilyeyle Temizlenmiş Çelik Yüzeylerinin Sınıflandırılması[15].

BÖLÜM	ORT. PİK YÜKSEKLİĞİ (MİKRON)	TOLERANS (MİKRON)
1	25	3
2	60	10
3	100	15
4	150	20

Malzemenin hangi gruba girdiği yada hangi gruplar arasında olduğu saptandıktan sonra, aşağıdaki tabloda yerine konarak yüzey temizlik durumu tespit edilir.

Tablo 3.4. Granülle Temizlenmiş Çelik Yüzeyinin Temizlenme Durumu[15].

SINIFLAR	KAPSADIĞI BÖLÜMLER
İNCE	1-2 Böl. Arası (1 dahil, 2 Hariç)
ORTA	2-3 Böl. Arası (2 dahil, 3 Hariç)
KALIN	3-4 Böl. Arası (3 dahil, 4 Hariç)

Bu metot yüzeye değen 60⁰ açılı, konik, 0,0005 inch (0,013 mm) apında bir ucun yüzeye teması esasına dayanır. Bu temas neticesinde iğnenin diğer ucundaki tel sargı hareket eder ve manyetik alan değişiminin saptanması yardımıyla, yüzey pürüzlülüğü tespiti yapılmış olur.

Bu metot modern anlamda en çok kullanılan metottur

Tablo 3.5. Yüzey Kalitelerinin Karşılaştırılması [16].

BS	SSPC	SIS 05 59 00
1. Kalite	Beyaz Metal	SA 3
2. Kalite	Beyaza Yakın Metal	SA 2 ½
3. Kalite	Ticari	SA 2

Tablo 3.6. Püskürtme İle Temizlenmiş elik Yüzeylerin Kalitesi[16].

SONUÇ YÜZEY KALİTESİ	I. KALİTE	II. KALİTE	III. KALİTE
elik Türü	Yapı eliklerinden BS 15, BS 986 ve BS 2762'ye kadar olanları kapsayan bütün elikler		
Genel Görünüm	Bütün yüzey, püskürtme ile temizleme paternlerini gösterir		
Sonuç Yüzey Görünümü ıplak elik Kalıntı Sınırı	Tüm Yüzey %0	Yüzeyin %95'i Kenarı 25 mm'lik karede %10'dan az	Yüzeyin %80'i Kenarı 25 mm'lik karede %40'dan az
Kalıntı Miktarı Tufal Pas Boya, Kaplama	%0 %0 %0	Sıkı bağlanmış kalıntılar %0	Sıkı bağlanmış kalıntılar %0
Yüzey Pürüzlülüğü	Maksimum genlik boyama sistemleri ile alâkalıdır (tercihen 0-10 mm)		

4. DAHA ÖNCE YAPILAN ÖRNEK ÇALIŞMALAR

Bu tezde deneysel çalışmalara ışık tutabilecek bazı örnek araştırmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar aşağıda verilmiştir.

4.1. Wheelabrator Firması Tarafından Yapılan Temizleme Deneyi

Wheelabrator firmasında çalışan Detlef König ve Axel Schmitz yaptıkları çalışmalar sonucunda yüksek karbonlu bilye ile yapılan temizleme işlemi neticesinde, metalik yüzeyi tamamen ortaya çıkarabilmek için geçecek süreden %30 luk bir tasarruf sağlamışlardır. Ancak bu çalışmaların sonuçlarının endüstriyel şartlarda %100 doğru çıkmayabileceği varsayılarak çalışmalara devam edilmiştir[2].

4.2. Schubert ve Salzer Firması Tarafından Yapılan Temizleme Deneyi

Schubert ve Salzer firması bu neticelere dayanarak işletme şartlarında test çalışmalarının tatbikine karar vermiştir. Dört ay süren çalışmalar sonucunda şu neticelere ulaşılmıştır.

Kompresör gövdelerinin temizleme süresi 15 dakikaya indirilmiş ve düşük karbonlu bilyelerle ulaşılan temizleme süresinden %25 düzeyinde bir tasarruf sağlanmıştır[2].

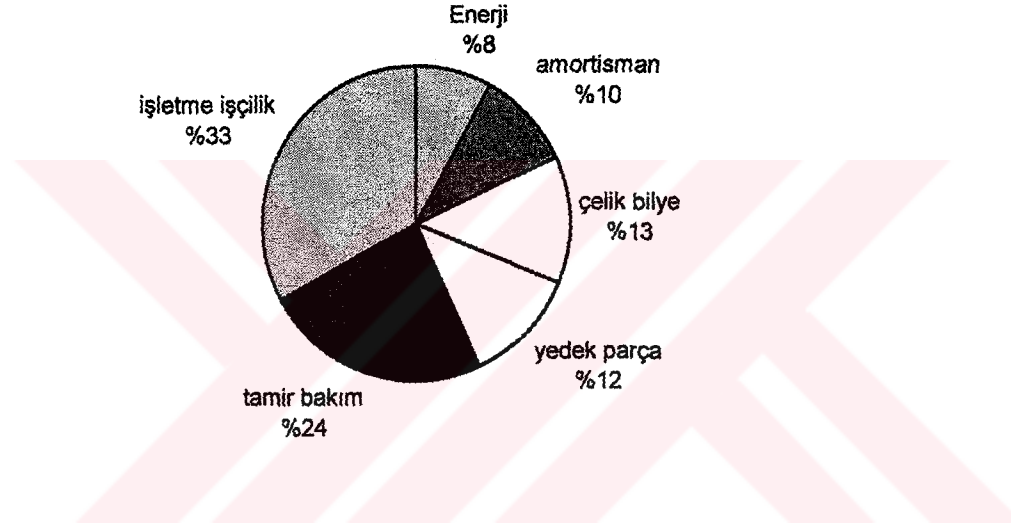
Krank millerinin temizleme süresi 13 dakikaya indirilmiş, düşük karbonlu bilyeye göre %24'lük bir tasarruf sağlanmıştır[2].

4.3. Bünsa A.Ş Tarafından Yapılan Harcama Yüzdeleri Tespiti

Temizleme maliyeti incelenecek olursa, karşımıza çok ilginç bir tablo çıkmaktadır. Temizleme maliyeti sadece bilye tüketiminin bir ürünü değildir. Maliyet hesabı yapılırken işçilik, amortisman, enerji, yedek parça, tamir bakım gibi

harcamalarda oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde maliyeti oluşturan birimlerin toplam maliyet içindeki yüzdeleri saptanıp aşağıdaki gibi grafikleştirilmiştir[17].

Bu grafik incelendiğinde 100 Liralık bir temizleme işinin 13 lirasını bilyeye geri kalan 87 lirasını diğer giderlere harcamaktayız. Sürenin kısaltılması ile diğer giderlerin süre kısalma yüzdesi kadar azaltılacağı bilinmektedir.



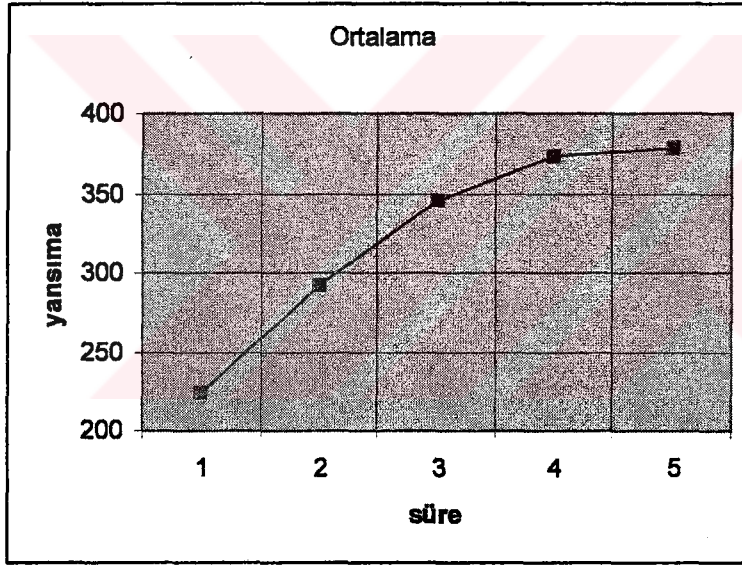
Şekil 4.1. Altı Temel Harcamanın Temizleme Maliyetindeki Payı[17]

4.4. Paint Research Station Tarafından Yapılan Fotometrik Ölçüm

Paint Research Station'ın yaptığı araştırmalarda enteresan neticelere ulaşılmıştır. Bu işlem için yüzeye G17 çillendirilmiş dökme demir grit püskürtülmüştür. Test alanı 18x36 inch'lik bir alan olarak seçilmiştir[2]

Tablo 4.1. P. R. Station Tarafından Yapılan Fotometrik Ölçüm[2].

süre	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	Ortalama
15	280	220	220	180	220	224
30	310	300	270	280	300	292
60	350	350	340	340	350	346
90	370	370	370	380	380	374
180	380	390	350	390	380	378



Şekil 4.2. Deney Sonuçlarının Grafiği

Tablodan da anlaşıldığı üzere, temizleme süresi arttıkça (yani yüzey temizlendikçe malzemenin, ışık yansıtma özelliği de artmaktadır. Sonuç değerler grafikleştirildiğinde karşımıza yukarıdaki gibi artan bir parabol elde çıkmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Kullanılan Bilyeler

Yüksek karbonlu bilyelerin özelliklerinin saptanmasında Bünsa Sanayi A.Ş. tarafından üretilen değişik boylardaki martenzitik bilyeler, düşük karbonlu bilye özelliklerinin saptanması amacı ile de Çelik Granül Sanayi A.Ş. tarafından üretilen beynitik yapıdaki çelik bilyeler kullanılmıştır. Dayanım ve aşındırma deneyleri için toplam 250 kg civarında bilye harcanmıştır.

Numune kalıplama için şeffaf epoksi reçine kullanılmıştır.

5.2. Kullanılan Cihazlar

Malzeme özelliklerinin saptanması amacı ile bazı cihazlar kullanılmıştır. Bu cihazlar sertlik cihazı, spektrometre, piknometre, ervin cihazı, püskürtme düzeneği, elek ve numune alma düzeneğidir.

5.3. Deneylerin Yapılışı

Bu tezde yapılan deneyler iki ana grup altında toplanabilir.

- Bilye dayanımıyla ilgili deneyler
- Bilyelerin aşındırma davranışlarıyla ilgili deneyler

Dayanımla ilgili deneyler, elek analizi, sertlik, kimyasal bileşim, yoğunluk gibi bilyenin aşınma davranışını etkileyecek deneyler ve bu ölçümlerin neticesini gösteren Ervin testinden oluşmaktadır. Böylece malzeme dayanımının bu değerlerdeki herhangi bir sapmadan dolayı değişip değişmediği saptanmıştır.

Daha sonra martenzitik ve beynitik bilyeler, aynı boydaki, yüzeyi pürüzlü ve paslı deney numuneleri üzerine püskürtülmüş ve yüzeydeki pürüzlülüğün süreye bağlı olarak ne kadar giderildiği saptanmıştır. Böylece iki ayrı grup malzemenin aşındırma etkinliği karşılaştırılmıştır.

6. SONUÇLAR VE İRDELEME

6.1. Elek Analizi

Yapılan çalışmada S460 ve S550 malzemelerine elek analizi uygulanmış ve deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Yapılan deneyler neticesinde martenzitik malzeme standartlara uygunken, beynitik malzeme standartlardan daha iri çıkmıştır. Bu iri malzeme doğal olarak beynitik bilyelerin dayanımlarının bir miktar artış sağlayacak. Ancak aşındırma etkisini menfi yönde etkileyecektir.

6.1.1 S460 İçin Elek Analizi Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması

Tablo 6.1. Yüksek Karbonlu S460 İçin Elek Analizi

ELEK ÇAPI (mm)	ELEK NO	% ELEK DAĞ.	STANDART % ELEK DAĞILIMI[18].
2,00	10	0,2	1 (Max.)
1,70	12	19,0	5 (Max.)
1,18	16	95,0	85 (Min.)
1,00	18	99,0	96 (Min)

Tablo 6.2. Düşük Karbonlu S460 İçin Elek Analizi

ELEK ÇAPI (mm)	ELEK NO	% ELEK DAĞ.	STANDART % ELEK DAĞILIMI[19].
2,00	10	0,2	1 (Max.)
1,70	12	18,0	5 (Max.)
1,18	16	94,5	85 (Min.)
1,00	18	99,0	96 (Min)

6.1.2. S550 İçin Elek Analizi Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması

Tablo 6.3. Yüksek Karbonlu S550 İçin Elek Analizi

ELEK ÇAPI (mm)	ELEK NO	% ELEK DAĞ.	STANDART % ELEK DAĞILIMI[18].
2,00	10	----	1 (Max.)
1,40	14	86	85 (Min.)
1,18	16	99	97 (Min.)

Tablo 6.4. Düşük Karbonlu S550 İçin Elek Analizi

ELEK ÇAPI (mm)	ELEK NO	% ELEK DAĞ.	STANDART % ELEK DAĞILIMI[19].
2,00	10	----	1 (Max.)
1,40	14	85	85 (Min.)
1,18	16	99	97 (Min.)

S550 için yapılan elek analizlerinde standarttan herhangi bir sapma gözlenmemiş iki malzemenin de standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir

6.2.1. S460 İçin Sertlik Analizi

Tablo 6.5. S460 İçin Vickers Sertlik Analizi

	Beynitik Malzeme için Sertlik Değerleri (Vickers)	Martenzitik Malzeme için Sertlik Değerleri (Vickers)
1. Ölçüm	293	431
2. Ölçüm	436	405
3. Ölçüm	435	424
4. Ölçüm	383	450
5. Ölçüm	321	439
6. Ölçüm	322	398
7. Ölçüm	348	417
8. Ölçüm	383	460
9. Ölçüm	350	458
10. Ölçüm	336	451
Max Sertlik	436	460
Min Sertlik	293	398
Ort. Sertlik	361	431

Yapılan sertlik deneylerinde martenzitik S460 sertliği beynitik S460'dan 70 Vickers; yani yaklaşık olarak %19,4 daha yüksek çıkmıştır.

6.2.2. S550 İçin Vickers Sertlik Analizi

Tablo 6.6. S550 İçin Vickers Sertlik Analizi

	Beynitik Malzeme için Sertlik Değerleri (Vickers)	Martenzitik Malzeme için Sertlik Değerleri (Vickers)
1. Ölçüm	329	464
2. Ölçüm	405	472
3. Ölçüm	410	425
4. Ölçüm	390	433
5. Ölçüm	350	320
6. Ölçüm	359	483
7. Ölçüm	376	410
8. Ölçüm	391	456
9. Ölçüm	401	460
10. Ölçüm	309	447
Max Sertlik	410	483
Min Sertlik	329	320
Ort. Sertlik	380	441

Martenzitik S550'nin sertliği, beynitik S550 den 61 Vickers yani; yaklaşık %19 daha fazladır. Yapılan sertlik testlerinin neticesine bakıldığında, beynitik malzemenin daha uzun dayanacağı; fakat martenzitik malzemenin temizleme işlemini daha kısa sürede tamamlayacağı tahmin edilmektedir

6.3. Kimyasal Analiz

6.3.1. Yüksek Karbonlu Bilyelerin (S460 ve S550) Kimyasal Analizleri

Tablo 6.7. Yüksek Karbonlu S460 ve S550 İçin Kimyasal Analiz

Element	%
Karbon	1,020
Mangan	1,000
Silisyum	0,990
Kükürt	0,037
Fosfor	0,050

6.3.2. Düşük Karbonlu Bilyelerin (S460 ve S550) Kimyasal Analizleri

Tablo 6.8. Düşük Karbonlu S460 ve S550 İçin Kimyasal Analiz

Element	%
Karbon	0,110
Mangan	1,400
Silisyum	0,200
Kükürt	0,020
Fosfor	0,020

6.4. Fiziksel Hata ve Yoğunluk Tespiti

6.4.1. Yüksek Karbonlu Bilyeler İçin Hata ve Yoğunluk Tespitleri

Tablo 6.9. Yüksek Karbonlu S460 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti

Özellik	Standart Sınır[20]	Ölçülen
Boşluk	% 10 Max	% 10
Çatlak	% 5 Max	% 5
Çekmiş	% 10 Max	% 2
Uzamış	% 5 Max	% 3
Yoğunluk	7,20 gr/cm ³ Min	7,68 gr/cm ³

Tablo 6.10. Yüksek Karbonlu S550 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti

Özellik	Standart Sınır[20]	Ölçülen
Boşluk	% 10 Max	% 4
Çatlak	% 5 Max	% 5
Çekmiş	% 10 Max	% 2
Uzamış	% 5 Max	% 3
Yoğunluk	7,20 gr/cm ³ Min	7,57 gr/cm ³

Yoğunluk testlerinde ve yapı hataları tespitinde standart dışı herhangi bir değere rastlanmamıştır

6.4.2. Düşük Karbonlu Bilyeler İçin Fiziksel Hatalar ve Yoğunluk Tespitleri

Tablo 6.11. Düşük Karbonlu S460 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti

Özellik	Standart Sınır[20]	Ölçülen
Boşluk	% 10 Max	% 10
Çatlak	% 5 Max	% 4
Çekmiş	% 10 Max	% 5
Uzamış	% 5 Max	% 5
Yoğunluk	7,20 gr/cm ³ Min	7,61 gr/cm ³

Tablo 6.12. Düşük Karbonlu S550 İçin Yoğunluk ve Fiziksel Hataların Tespiti

Özellik	Standart Sınır[20]	Ölçülen
Boşluk	% 10 Max	% 5
Çatlak	% 5 Max	% 3
Çekmiş	% 10 Max	% 3
Uzamış	% 5 Max	% 4
Yoğunluk	7,20 gr/cm ³ Min	7,61 gr/cm ³

Yapılan yoğunluk tespitinde ve yapı hataları saptamalarında standart dışı herhangi bir değere rastlanmamış, bu parametrelerin dayanım testlerinin sonuçlarını fazla bir değişikliğe uğratmayacağı görülmüştür.

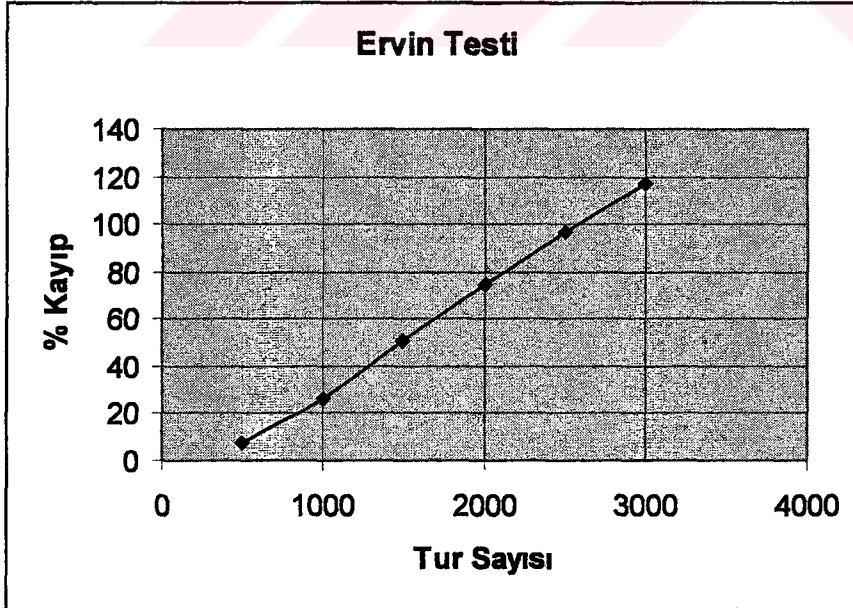
6.5. Ervin Dayanım Testi

6.5.1. S460 İçin Ervin Dayanım Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 6.13. Yüksek Karbonlu S460 İçin Ervin Testi

DÖNÜŞ SAYISI	TESTTEN GEÇEN MİKTAR	KALAN %	KAYIP %	BİRİKİNTİ KAYIBI
500	100 gr	92,5	7,5	7,5
1000	100 gr	81,0	19,0	26,5
1500	100 gr	76,0	24,0	50,5
2000	100 gr	75,5	24,5	75,0
2500	100 gr	78,5	21,5	96,5
3000	100 gr	79,5	20,5	117,0

*Ervin Testi Sonucu 2585 Tur Çıkmıştır

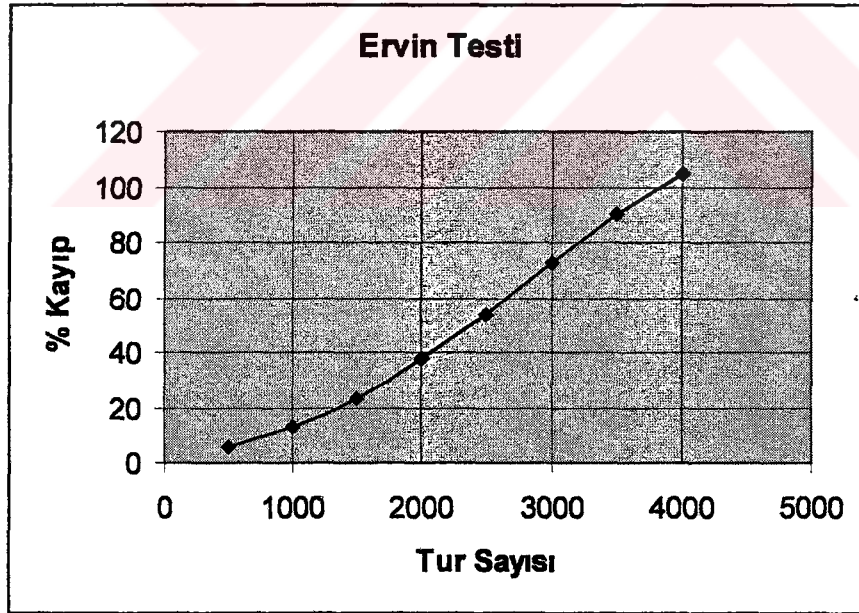


Şekil 6.1. Martenzitik S460 İçin Ervin Testi (Yüzde Kayıp x Tur Sayısı)

Tablo 6.14. Düşük Karbonlu S460 İçin Ervin Testi

DÖNÜŞ SAYISI	TESTTEN GEÇEN MİKTAR	KALAN %	KAYIP %	BİRİKİNTİ KAYIBI
500	100 gr	94,0	6,0	6,0
1000	100 gr	93,0	7,0	13,0
1500	100 gr	89,5	10,5	23,5
2000	100 gr	86,0	14,0	37,5
2500	100 gr	83,5	16,5	54,0
3000	100 gr	81,0	19,0	73,0
3500	100 gr	83,0	17,0	90,0
4000	100 gr	85,5	14,5	104,5

*Ervin Testi Sonucu 4052 Tur Çıkmıştır



Şekil 6.2. Beynitik S460 İçin Ervin Testi (Yüzde Kayıp x Tur Sayısı)

Yapılan dayanım testleri sonuçları incelendiğinde, beynitik bilyelerin düşük sertliklerinden kaynaklanan önemli bir dayanım fazlalıkları gözlenmektedir. Ervin testi sonuçları karşılaştırıldığında şu sonuçlara ulaşılır.

Martenzitik S460'ın dayanımı

2585

Beynitik S460'ın dayanımı

4052

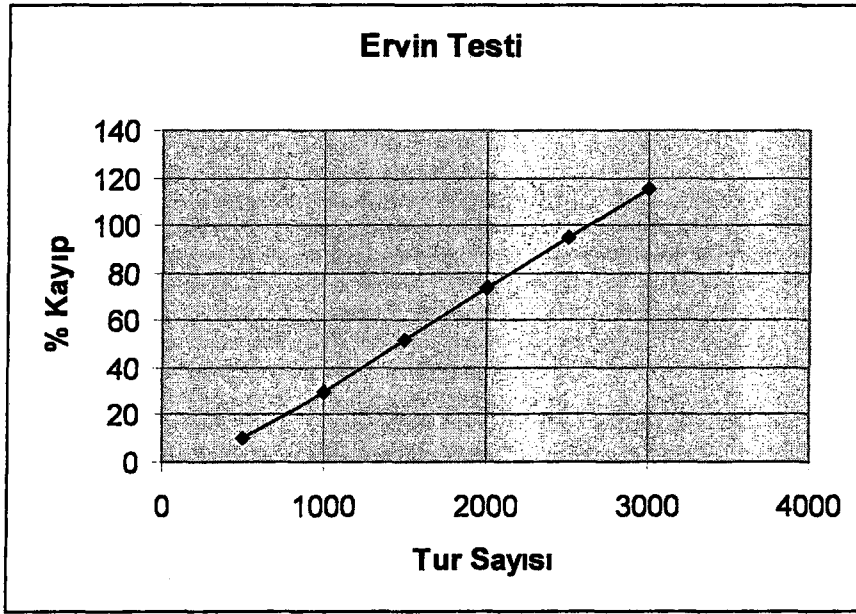
Aradaki Fark 1467 turdur. Bu, dayanım ömrünün %36,20 daha fazla olması anlamına gelmektedir. Yani beynitik malzeme, martenzitik malzemeye göre %36,20 daha geç toz boyutuna inecektir

6.5.2. S550 İçin Ervin Dayanım Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 6.15. Yüksek Karbonlu S550 İçin Ervin Testi

DÖNÜŞ SAYISI	TESTTEN GEÇEN MİKTAR	KALAN %	KAYIP %	BİRİKİNTİ KAYIBI
500	100 gr	89,5	10,5	10,5
1000	100 gr	81,0	19,0	29,5
1500	100 gr	78,0	22,0	51,5
2000	100 gr	77,5	22,5	74,0
2500	100 gr	79,0	21,0	95,0
3000	100 gr	79,5	20,5	115,5

*Ervin Testi Sonucu 2622 Tur Çıkmıştır

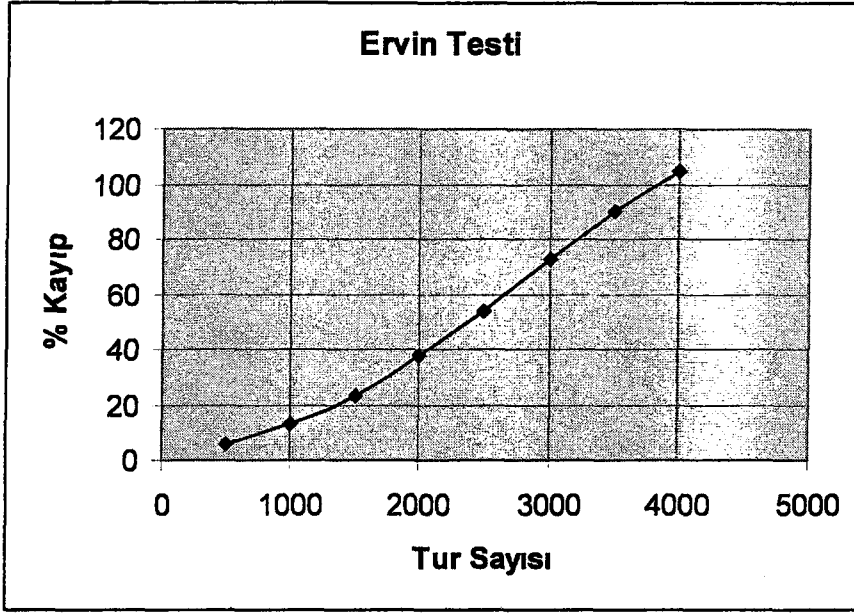


Şekil 6.3. Martenzitik S550 İçin Ervin Testi (Yüzde Kayıp x Tur Sayısı)

Tablo 6.16. Düşük Karbonlu S550 İçin Ervin Testi

DÖNÜŞ SAYISI	TESTTEN GEÇEN MİKTAR	KALAN %	KAYIP %	BİRİKİNTİ KAYIBI
500	100 gr	94,0	6,0	6,0
1000	100 gr	93,0	7,0	13,0
1500	100 gr	89,5	10,5	23,5
2000	100 gr	86,0	14,0	37,5
2500	100 gr	83,5	16,5	54,0
3000	100 gr	81,0	19,0	73,0
3500	100 gr	83,0	17,0	90,0
4000	100 gr	85,5	14,5	104,5

*Ervin Testi Sonucu 4052 Tur Çıkmıştır



Şekil 6.4. Beynitik S550 İçin Ervin Testi (Yüzde Kayıp x Tur Sayısı)

Martenzitik S550'nin dayanımı 2622

Beynitik S550'nin dayanımı 3828

Aradaki fark 1206 turdur. Bu, beynitik aşındırıcı bilyelerin dayanım ömrünün, martenzitik malzemedan %31,50 daha fazla olması demektir

İki ayrı boyuttaki malzemeye uygulanan dayanım testi sonuçları karşılaştırıldığında, S460'daki farkın daha fazla olmasının sebebi, standart dışı irilikte malzeme bulunmasıdır. Yapılan deney sonuçlarının genel bir ortalaması alınırsa, beynitik malzemenin dayanımının %33,85 daha fazla olduğu saptanır.

6.6. Martenzitik ve Beynitik Malzemelerin Aşındırma Etkinlikleri

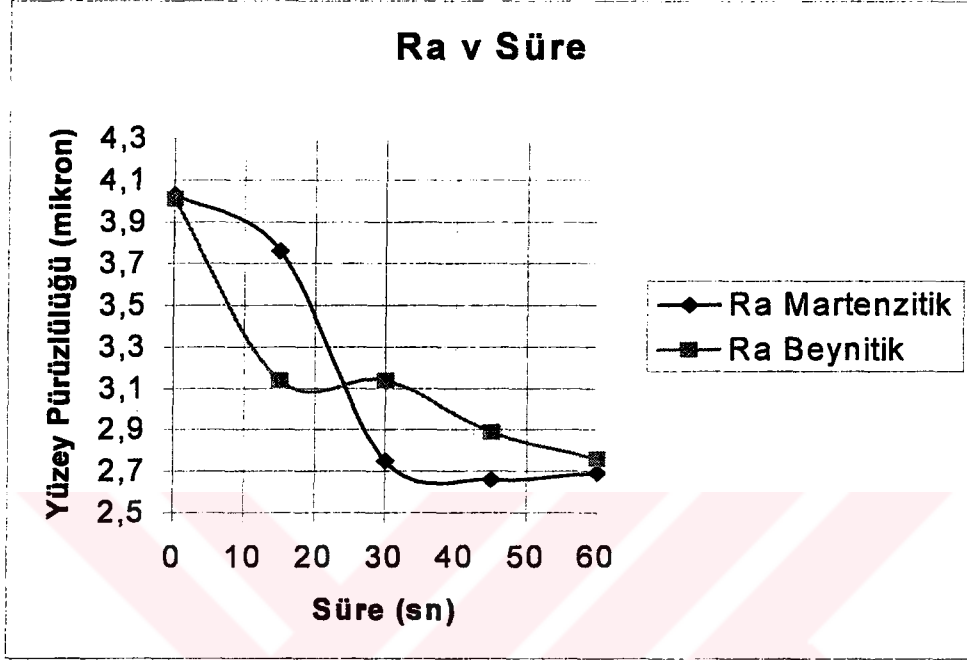
Püskürtme deneyi neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülükleri profilometre vasıtasıyla ölçülüp aşağıdaki gibi tablolanmıştır. Burada Ra ortalama yüzey pürüzlülüğünü, Rz maksimum pik yüksekliğini göstermektedir. Ölçümler başlangıç numunesi için 15, 30, 45, 60 sn için yapılmış ve elde edilen değerler aşağıdaki gibi tablolanıp, grafikleştirilmiştir.

Tablo 6.17. Bilye Püskürtme İşleminde Martenzitik S280'le elde edilen yüzey pürüzlülüğünün temizleme süresine göre karşılaştırılması

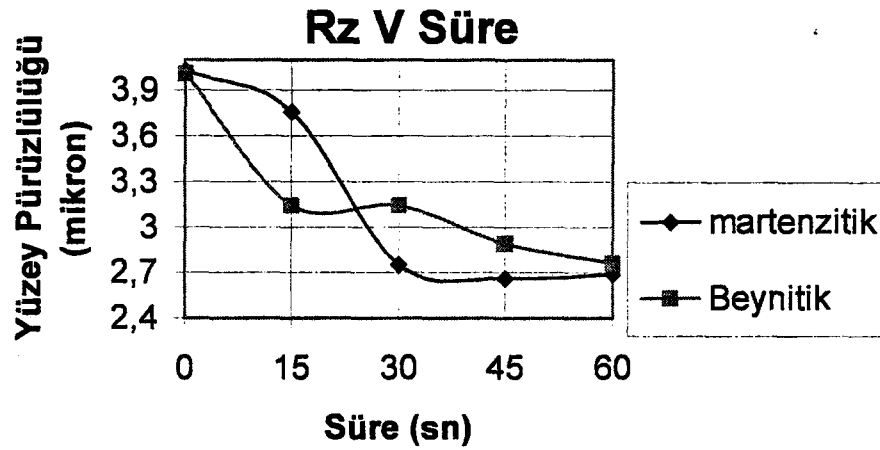
Süre	Maksimum Pik (Rz)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)
0 sn	18,56	4,03
15 sn	17,30	3,76
30 sn	13,63	2,75
45 sn	13,18	2,66
60 sn	11,52	2,69

Tablo 6.18. Bilye Püskürtme İşleminde Beynitik S280'le elde edilen yüzey pürüzlülüğünün temizleme süresine göre karşılaştırılması

Süre	Maksimum Pik (Rz)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)
0 sn	19,54	4,01
15 sn	17,03	3,14
30 sn	16,71	3,14
45 sn	12,94	2,89
60 sn	13,54	2,76



Şekil 6.5. Martenzitik ve Beynitik Bilyeyle Ulaşılan Ra'ların Karşılaştırılması



Şekil 6.6. Martenzitik ve Beynitik Bilyeyle Ulaşılan Rz'lerin Karşılaştırılması

Yukarıdaki grafik incelendiğinde Martenzitik malzemeyle ulaşılan temizleme derecesine beynitik malzeme ile daha geç ulaşıldığı görülmektedir. Bu çalışma daha önce bahsedilen çalışmanın sonuçlarını doğrular niteliktedir.



7. GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak yüksek karbonlu martenzitik malzemeler, beynitik malzemelere göre yapılarından kaynaklanan ekstra bir sertliğe sahiptir. Bu ekstra sertlik, martenzitik malzemelerin daha çabuk kırılmasına, dolayısıyla daha çabuk tükenmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra bu sertlik bilyenin aşındırma etkinliğini artırmakta. Temizleme süresi, işçilik, amortisman gibi kapasiteyi ve kârlılığı artırıcı etmenleri iyileştirmektedir. Bilye tüketiminin, toplam harcamanın %13 ünü teşkil ettiği göz önüne alınırsa gerçek anlamda martenzitik bilyenin mi, yoksa beynitik bilyenin mi karlı olacağı çok daha kolay bulunur.



KAYNAKLAR

- [1] **Metals and Plastics Publications Inc.**, 1961, *Metal Finishing Guidebook Directory*, 29th Edition, New Jersey, 1961
- [2] **Plaster H. J.**, 1973, **Blast Cleaning and Allied Processes**, Volume I, Industrial Newspaper Limited, London
- [3] **ISO 8504-2**, 1992, Abresiv Blast Cleaning, Surface preparation methods, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [4] **ISO 11124-1**, 1993, Specifications for Metallic Blast Cleaning Abrasives, General Introduction and Classification, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [5] **DIN 8200**, Püskürtme Uygulama Tekniği, *Alman Standartları Enstitüsü*, Almanya
- [6] **Turhan, B. S., Nilüfer B. İ., Kayalı E. S.**, 1998, Püskürtme Metodu İle Temizlik Yapan Metalik Aşındırıcıların Sınıflandırılması, *Metal Dünyası*, İstanbul
- [7] **ISO 11125-1**, 1993, Test Methods for Metallic Blast-Cleaning Abrasives, Sampling, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [8] **Nilüfer, B. İ., Turhan, B. S., Kayalı, E. S.**, 1997, Aşındırıcı Püskürtülerek Yüzeylerin Temizlenmesinde Elde Edilen Yüzey Kaliteleri ve Temizleme Metodunun Seçimi, *Metal Dünyası*, İstanbul
- [9] **ISO 11125-2**, 1993, Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products, Test Methods for Metallic Blast-Cleaning Abrasives, *International Organization for Standardization*, Switzerland

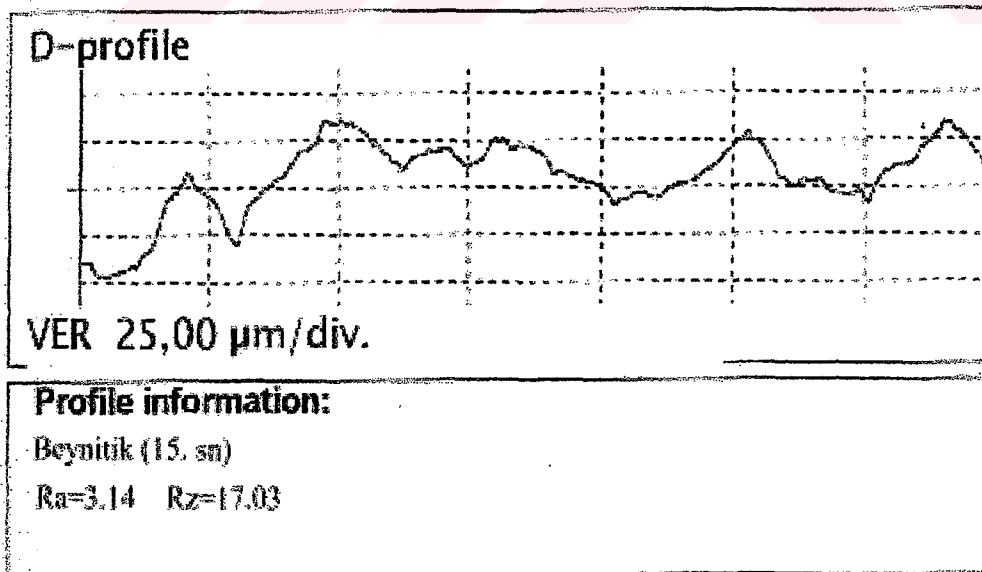
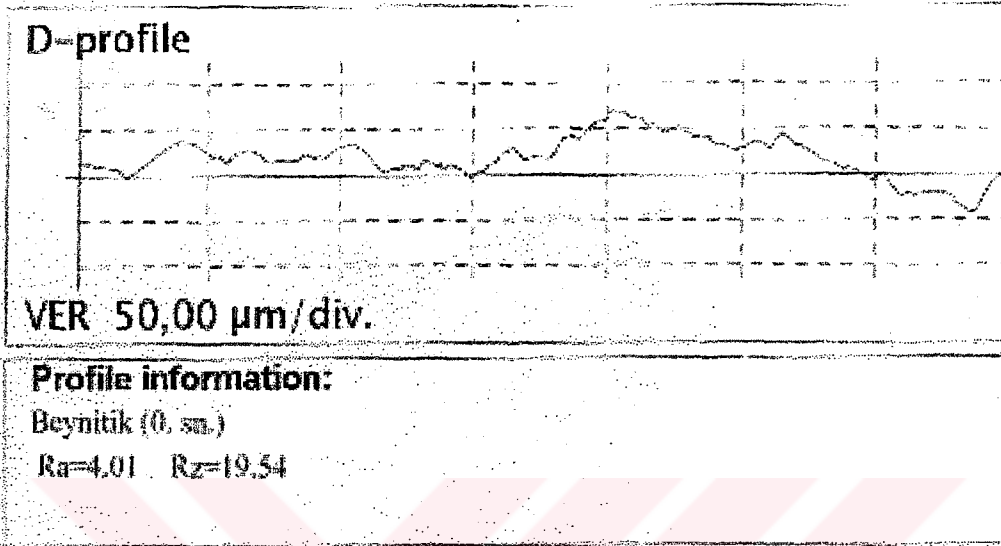
- [10] **ISO 11125-3**, 1993, Test Methods For Metallic Blast-Cleaning Abrasives, Determination of Hardness, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [11] **ISO 11125-4**, 1992, Test Methods For Metallic Blast-Cleaning Abrasives, Determination of Density, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [12] **SAE J 827**, 1990, Specification of High Carbon Cast Steel Shoot, *SAE*
- [13] **Turhan B. S.** , 1997, Yüzey Aşındırıcılarının Standardizasyonu, Bitirme Tezi, İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bölümü, İstanbul
- [14] **ISO 8501-1**, 1994, Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products, Visual Assessment of Surface cleanliness, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [15] **ISO 8503-1**, 1988, Specification and Definitions for ISO surface Profile Comparators for The Assessments of Abrasive Blast-Cleaned Surfaces, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [16] **BS 4232**, 1967, Surface Finish of Blast-Cleaned Steel For Painting, *British Standart Instution*, London
- [17] **Turhan, Y.**, 1998, Yüksek Karbonlu Çelik Bilye Kullanımıyla Sağlanan Ekonomik Gelişmeler, *Metal Dünyası*.
- [18] **ISO 11124-3**, 1993, Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products, Test Methods for Metallic Blast-Cleaning Abrasives, Specification for Metallic Blast-Cleaning Abrasives, High Carbon Cast Steel Shoot and Grit, *International Organization for Standardization*, Switzerland
- [19] **ISO 11124-4**, 1993, Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products, Test Methods for Metallic Blast-Cleaning Abrasives, Specification for Metallic Blast-Cleaning

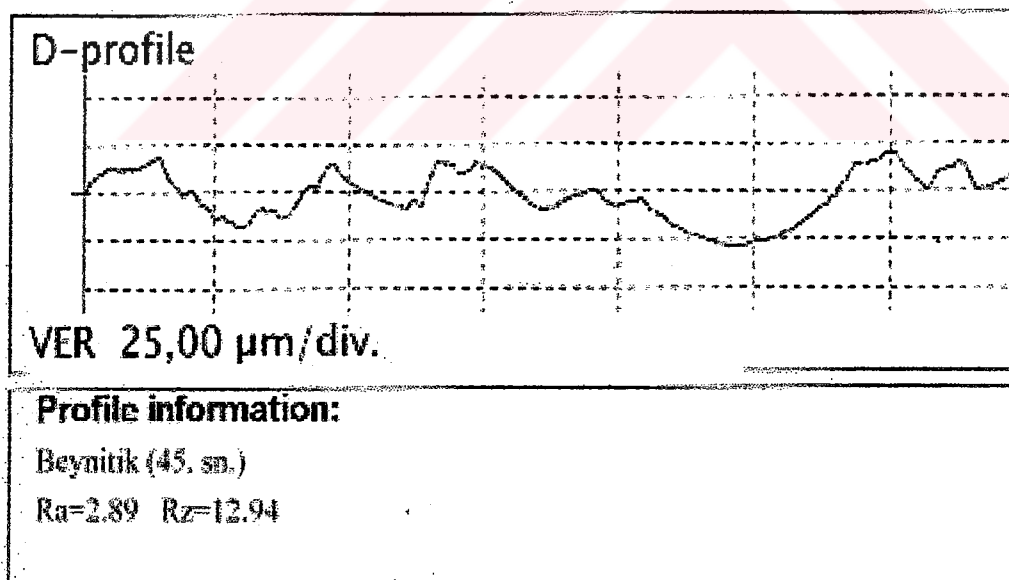
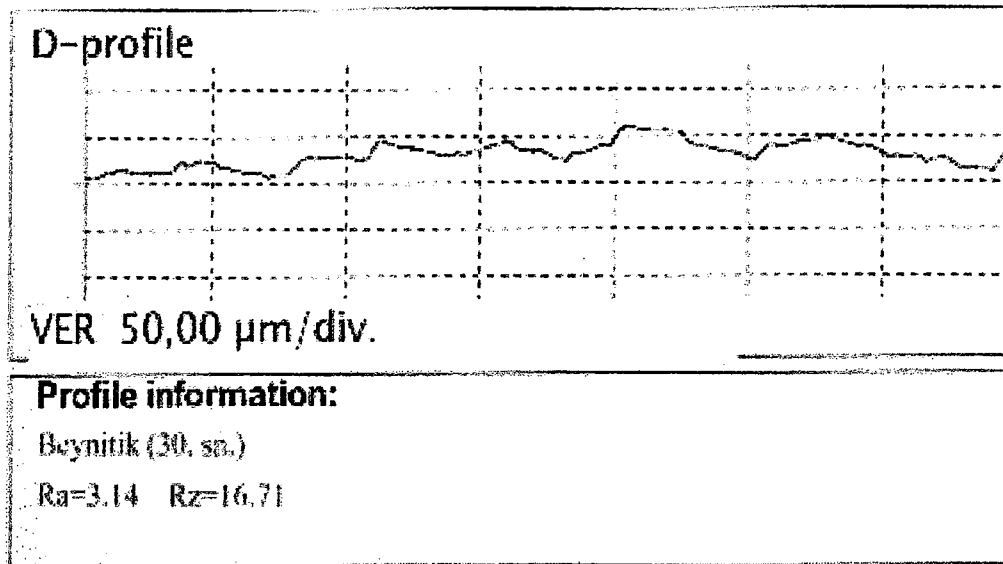
Abrasives, Low Carbon Cast Steel Shoot and Grit, *International Organization for Standardization*, Switzerland

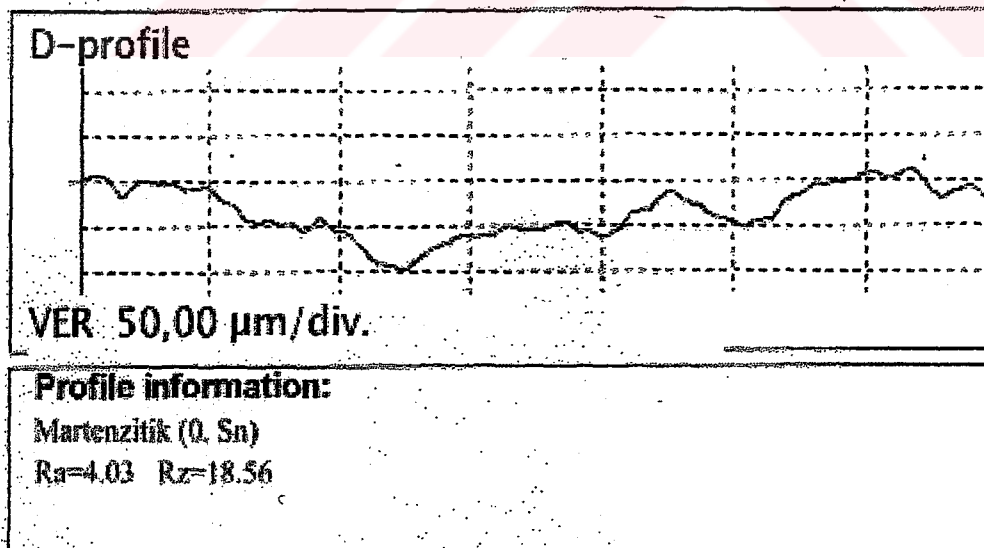
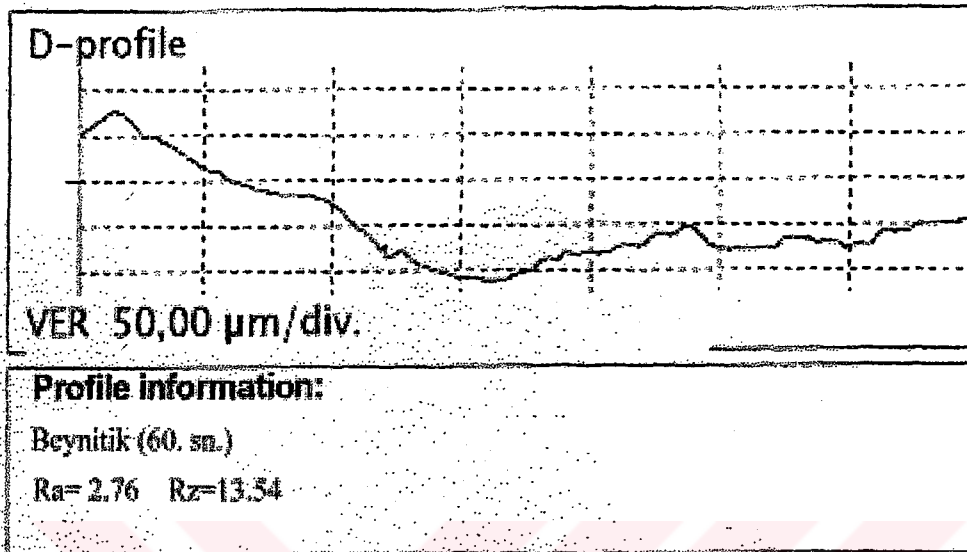
- [20] ISO 11124-3, 1993, Specification for Blast Cleaning Abrasives, High Carbon Cast Steel Shoot and Grit, *International Organization for Standardization*, Switzerland

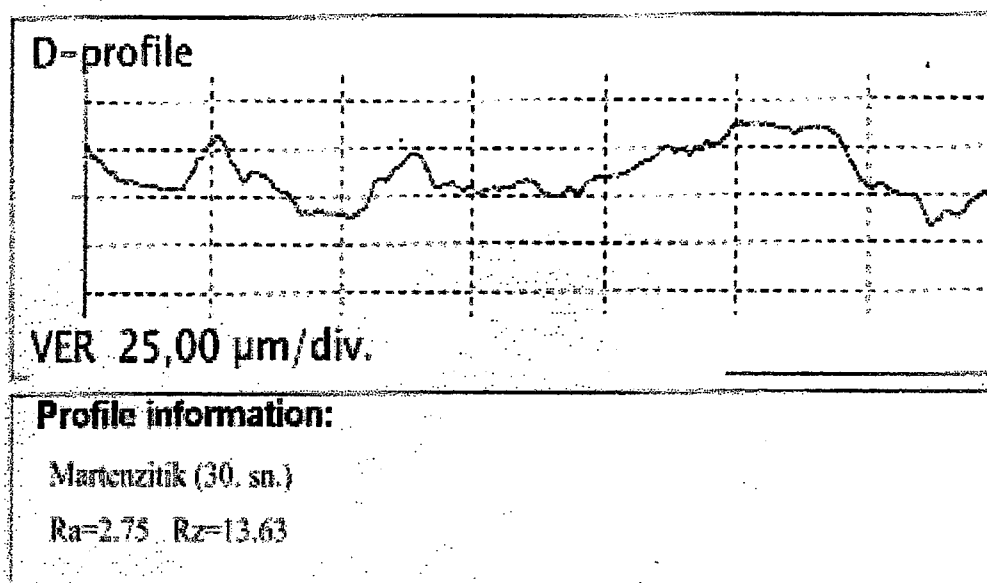
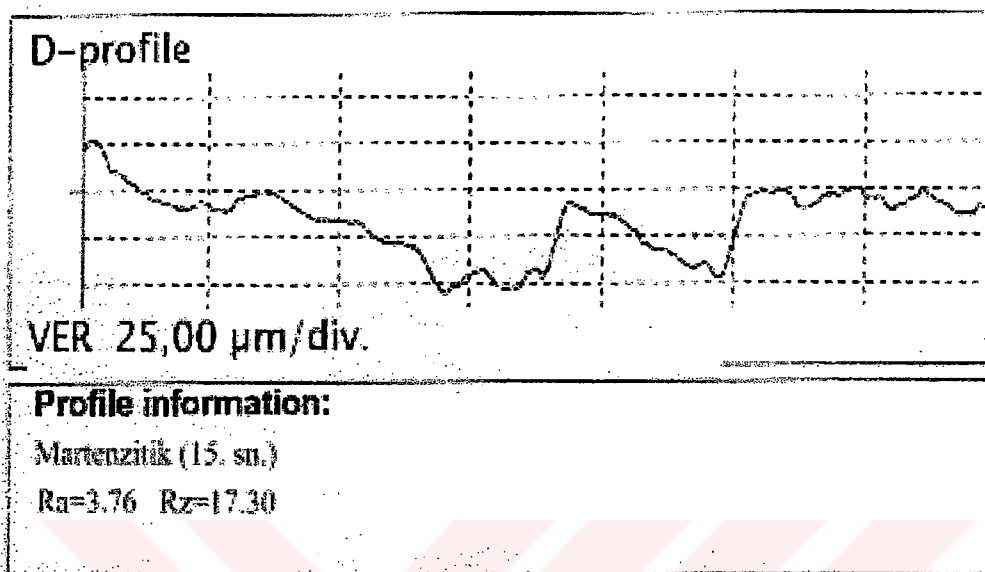


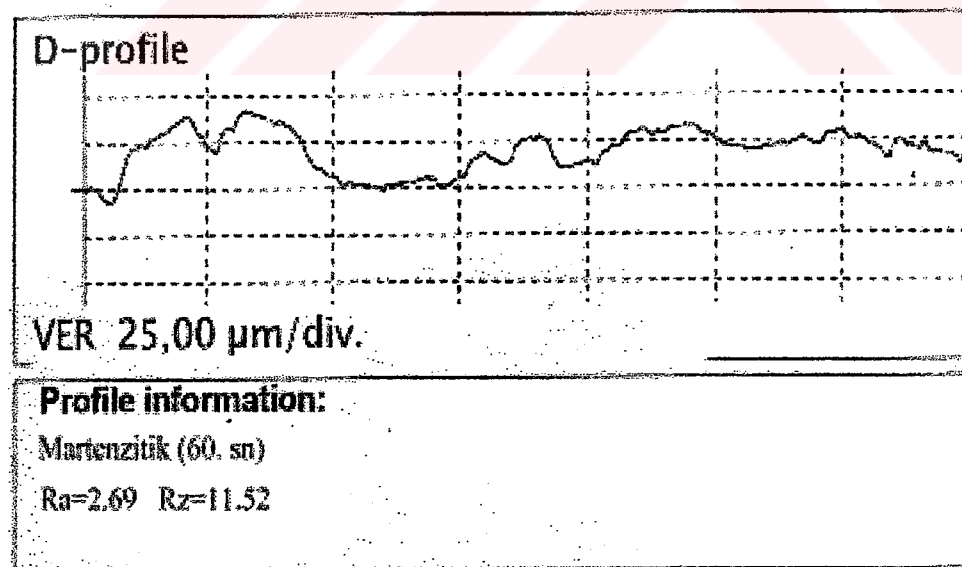
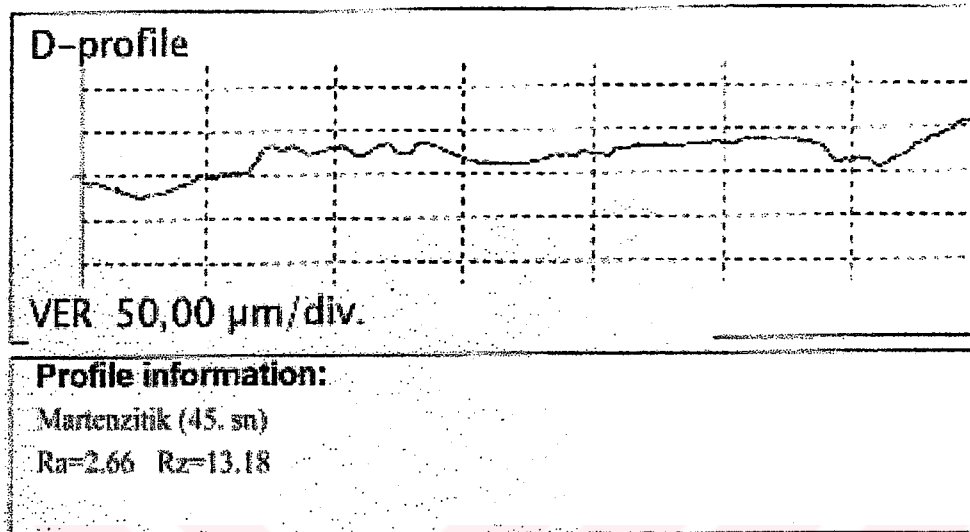
EKLER











ÖZGEÇMİŞ

Yazar 1973 yılında Kayseri'nin Bünyan ilçesinde dünyaya geldi. İlk ve orta öğrenimini Bünyan'da tamamladı. 1988 yılında Heybeliada Deniz Lisesine başladı. 1992 yılında Deniz Harp Okulu'na devam etmedi ve ayrıldı. 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Metalurji Bölümünü kazandı. 1997 yılında bu bölümden mezun olup, aynı bölümde Üretim Metalurjisi yüksek lisans programına başladı. Şu an aynı bölümde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

