

154681

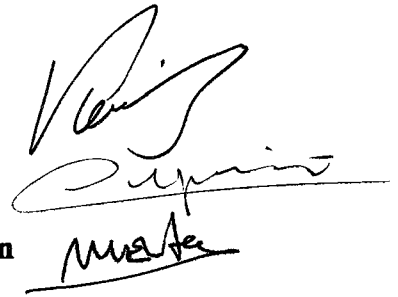
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUMLAMA İŞLEMİNİN VE BU İŞLEME ETKİYEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Mehmet Erdem SATICI
(503011076)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Mayıs 2004**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Vedat TEMİZ
Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. Sait Yücenur
Yrd. Doç. Dr. Muzaffer Erten**



MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Kumlama işlemi bir yüzey işleme yöntemidir. Döküm ve dövme sonrası parçaların temizlenmesi için günümüzde kullanılan en efektif ve de en ekonomik yöntemdir. Boyama, kaplama veya yapıştırma öncesi yüzey temizliğinde belirli bir kalitenin üstü için günümüzde bir standarttır. Tüm metallerin veya cam ve beton gibi metal harici malzemelerin dekoratif amaçlı yüzey işlemleri için kullanılır. Bunun yanı sıra kumaşların eskitilmesi örneğin kot kumaşların taşlanması için de günümüzde kumlama makinaları kullanılmaktadır. Metal yüzeylerinin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi, özellikle çeşitli yorulma türlerine karşı metallerin ömürlerinde büyük artışlar sağlaması ve yüzey gerilimlerini gidermede kullanılması işlemin mucizevi olarak sanayiinin bir çok dalına yayılmasını sağlamıştır.

Bu yüksek lisans tezinde farklı kumlama makinaları sınıflandırılarak incelenmiş, kumlama işlemlerinin amaçları ve sonuçları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Kumlama işlemine etkiyen parametrelerin belirlenmesi ve bunların etkilerinin deneysel olarak test edilmesi ile de işlemin mühendislik yönünden incelenmesi tamamlanmıştır.

Bu tezin yazılmasında, sabrından ve her türlü desteğinden dolayı Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Vedat Temiz'e, manevi desteklerinden dolayı tüm aileme, Sayın Prof. Dr. Kadir Afyonkale'ye ve Sevgili Gülşen Güler'e teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2004

Mehmet Erdem SATICI

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. KUMLAMA MAKİNESİ NEDİR, NASIL ÇALIŞIR?	1
1.1. Abrasif Püskürtme Yöntemleri	1
1.1.1. Basınçlı hava ile püskürtme	1
1.1.2. Santrifüj etkisi ile (türbin ile) püskürtme	4
1.2. Kumlanacak Malzemeyi Taşıma - Hareket Ettirme Sistemi	11
1.2.1. Tamburlu tip kumlama makineleri	11
1.2.2. Çatal veya tek askılı, kabinli tip kumlama makineleri	12
1.2.3. Tünel tip kumlama makineleri	13
1.3. Standart Kumlama Makinesi Sistemleri	15
1.3.1. Abrasif temizleme, seperatör sistemi	15
1.3.2. Hava dolaşımı, filtre sistemi	17
1.3.2.1. Kuru, kartuş veya torbalı tip toz tutucu	18
1.3.2.2. Sulu tip toz tutucu filtreler	19
1.3.3. Abrasif taşıma sistemi	20
2. KUMLAMA YAPILARAK NE ELDE EDİLEBİLİR? NEDEN KUMLAMA YAPILIR?	21
2.1. Yüzey Temizleme ve Hazırlama Amacıyla Kumlama Makinesinin Kullanımı	21
2.1.1. Döküm ve dövme sonrası temizleme	21
2.1.1.1. Döküm kumu, döküm ve dövme sonrası çapakların temizlenmesi	21
2.1.1.2. Yüzey parlaklığı elde etme	22
2.1.2. Boyama, kaplama veya bir yapıştırma öncesi pas, tufal, eski boya ve diğer artıkların temizlenmesi, yüzeyin pürüzlendirilmesi	23
2.1.3. Dekoratif bir yüzey elde etme	25
2.2. Yüzey Özelliklerinin Değiştirilmesi Amacıyla Kumlama Makinesinin Kullanımı	26

2.2.1. Yüzeyde artık basma gerilmeleri oluşturulması	26
2.2.1.1. Yüzey gerilimlerinin homojen hale getirilmesi	26
2.2.1.2. Metallerin yorulma, fretting (kemirme), pitting (pullanma, çukurlaşma), korozyon yorulması, tane içi korozyon ve gerilme altında korozyon kırılmasına karşı mukavemetlerinin artırılması	28
2.2.2. Yüzey pürüzlülüğünün homojenleştirilmesi, keskin kenarların yuvarlatılması	37
2.2.3. Yüzey alanının artırılması	38
2.3. Malzemelerin Şekillendirilmesi Amacıyla Kumlama Makinesinin Kullanımı	39
3. KUMLAMA MEKANİZMASINI ETKİLEYEN PARAMETRELERİN TANIMLANMASI	41
3.1. Abrasif Sertliği, Cinsi ve Büyüklüğü	41
3.2. Abrasifin Fırlatılma Hızı, Mesafesi ve Çarpma Açısı	45
4. KUMLAMA KALİTESİNİN VEYA YOĞUNLUĞUNUN ÖLÇÜLMESİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER	48
4.1. Bakır Sülfat Testi	48
4.2. Yüzey Parlaklığı Testi	49
4.3. Kumlama Yoğunluğu, “Almen” Testi	50
4.4. Görsel Yöntemler	52
4.5. Çeliklerin Yüzey Temizliğine Göre Sınıflandırılması	52
5. PARAMETRELERİN DEĞİŞİMİ İLE ELDE EDİLEN FARKLI SONUÇLARIN ÖLÇÜLMESİ	54
5.1. Parametrelerin Kumlama Yoğunluğuna Etkileri	54
5.2. Parametrelerin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri	56
6. SONUÇLAR VE DÜŞÜNCELER	58
KAYNAKLAR	59
EKLER	60
ÖZGEÇMİŞ	63

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Çelik bilyelerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması	44
Tablo 5.1 Abrasif büyüklüğü ve fırlatma hızının kumlama yoğunluğuna etkisi.....	55
Tablo 5.2 Ölçülen eğim yükseklikleri	56
Tablo 5.3 Abrasif hızı ve büyüklüğünün yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	57



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1	Hızlanan havanın yarattığı vakum etkisiyle abrasifin hava ile nozulda (memede) karıştığı havalı kumlama makinaları..... 2
Şekil 1.2	Basınçlı hava tankına sahip bir havalı kumlama makinası..... 3
Şekil 1.3	Havalı Manuel Kumlama Kabini..... 4
Şekil 1.4	Bir türbinin genel yapısı ve abrasif akışı..... 5
Şekil 1.5	“Pangborn” marka bir türbinin detaylı iç yapısı..... 6
Şekil 1.6	Standart bir abrasif dağılımı sunan dikdörtgen boşluklu bir kontrol kafesi..... 7
Şekil 1.7	Dikdörtgen açıklığa sahip bir kontrol kafesinden elde edilen abrasif dağılımı..... 7
Şekil 1.8	Üçgen açıklığa sahip bir kontrol kafesi..... 8
Şekil 1.9	Üçgen açıklığa sahip bir kontrol kafesinden elde edilen abrasif dağılımı..... 8
Şekil 1.10	Türbinle kumlamının ilk zamanlarında kullanılan bir distribütör..... 8
Şekil 1.11	Abrasif akışını arttıran konik tipli bir distribütör..... 8
Şekil 1.12	Basınçlı havayla kumlama ve santrifüj etkisiyle kumlama metotlarının etkinliğinin karşılaştırılması..... 10
Şekil 1.13	Tamburlu tip bir kumlama makinası..... 11
Şekil 1.14	Kumlanmış pirinç boru dirsekleri ile bir tamburlu kumlama makinası..... 12
Şekil 1.15	1200x1700 mm ağız açıklığı olan askılı tip bir kumlama makinası. 12
Şekil 1.16	Otomatik kancalı askılı tip bir kumlama makinası..... 13
Şekil 1.17	Mil, çubuk, lama, profil kumlama makinası..... 14
Şekil 1.18	Tipik bir separatör ünitesi ve çalışma sistemi..... 16
Şekil 1.19	Düzgün akmayan abrasif perdesi üzerine havanın etkisi..... 16
Şekil 1.20	Silindirik elekli üst helezon ve ona bağlı seperatör ünitesi..... 17
Şekil 1.21	Siklon tipi toz ayırma ünitesi..... 18
Şekil 1.22	Torbalı tip bir filtre..... 19
Şekil 1.23	Kartuş tip bir filtre ve ters hava üfleyerek temizleme..... 19
Şekil 1.24	Sulu tip bir filtre..... 19
Şekil 1.25	Tipik bir abrasif dolaşım sistemi örneği..... 20
Şekil 2.1	Alüminyum enjeksiyonla basılmış parçaların kumlanması..... 22
Şekil 2.2	Cam kalıplarının kumlanarak temizlenmesi..... 22
Şekil 2.3	Tufal üzerinde boya tabakası. Tufalda oluşacak bir çatlak boya tabakasını da parçalayacaktır..... 24
Şekil 2.4	Cam yüzeyine kumlama ile desen verilir..... 26
Şekil 2.5	Beton, tuğla, kiremit gibi seramiklere kumlama ile eskitilmiş bir görüntü verilebilir..... 27
Şekil 2.6	Kumlamada rakip iki olgu sonucunda artık gerilmelerin oluşumunun şematik gösterimi..... 29
Şekil 2.7	Kumlama ve eğilme zorlanması..... 30
Şekil 2.8	Kumlama ve burulma zorlanması..... 30

Şekil 2.9	Kumlama ve çekme gerilmesi.....	31
Şekil 2.10	2014A Al-Cu-Mg alaşımı için S-N eğrileri.....	34
Şekil 2.11	Taramalı elektron mikroskobu ile çekilen kumlama sonrası Al-Cu-Mg alaşımı yüzeyi.....	34
Şekil 2.12	$1,5 \times 10^6$ tekrar ile oluşan fretting (kemirme) sonucu 2014A alaşımındaki yüzey hasarı.....	35
Şekil 2.13	Yüzey hasarı ile beraber oluşan küresel parçacıklar.....	35
Şekil 2.14	260 MPa genlikte $1,7 \times 10^6$ tekrar sonucu kumlanıp parlatılmış örnekte oluşan yüzey altı hasarı.....	36
Şekil 2.15	Yüzey altındaki oyuğun büyütülmüş hali. Oyuğun küresel parçacıklarla doludur.....	36
Şekil 2.16	Hava ve suyu karıştıran sulu kumlama nozulu.....	37
Şekil 2.17	Çentiklerin, deliklerin, kama kanallarının, segman yuvalarının, kesit değişimi olan yerlerin vs. kumlanması.....	38
Şekil 2.18	Ütü tabanlarının kumlanması.....	39
Şekil 2.19	Isıtıcı rezistansların kumlanması.....	39
Şekil 3.1	Bilya ve kumlanan parça arasındaki sertlik ilişkisi.....	41
Şekil 3.2	Farklı aşındırıcılarla elde edilen yüzey profilleri.....	42
Şekil 3.3	Türbinlerin düz veya açılı yerleştirilmesinin direkt kumlanan yüzey alanına etkisi.....	46
Şekil 4.1	Parlaklık ölçme aleti.....	49
Şekil 4.2	Test şeritlerinin eğim yüksekliğini ölçen Almen test cihazı.....	50
Şekil 4.3	Test şeritleri doyumu eğrisi.....	51
Şekil 5.1	Deneyde kullanılan test şeridi örneği.....	55
Şekil 5.2	Test şeritlerini bağlama aparatı.....	55
Şekil 5.3	Test şeritlerinin eğrilik yüksekliğinin komparatör yardımıyla okunması.....	55
Şekil A.1	Rulodan ruloya sac kumlama makinası.....	60
Şekil A.2	Boru dışı kumlama makinası.....	61
Şekil A.3	Monoray askılı tünel tip kumlama makinası.....	61
Şekil A.4	Kangal tel kumlama makinası.....	62
Şekil A.5	Cam kumlama makinaları.....	62
Şekil A.6	Sac-profil kumlama, boyama tesisi.....	62

KUMLAMA İŞLEMİNİN VE BU İŞLEME ETKİYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

ÖZET

Kumlama işlemi sanayide yüzey temizleme ve hazırlama amacıyla veya yüzeyin mekanik özelliklerinin değiştirilmesi amacıyla ya da bir malzeme işleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Çok çeşitli alanlarda, çok farklı malzemeler için değişik amaçlarla kullanılması kumlama makinalarının çok farklı şekillerde tasarlanmasına yol açmıştır. Tezin ilk bölümünde bu çok farklı makinaların çalışma sistemleri incelenmiş, standart ve değişen üniteleri sınıflandırılarak günümüzde kullanılan makinalar tanımlanmıştır. Her makinanın yapısı ile beraber avantaj ve dezavantajları da belirlenmiştir.

İkinci bölümde kumlama işleminin amaçları ele alınmıştır. Bu işlemin getirdiği faydalar gerek yapılmış deneylerin sonuçlarıyla gerekse görsel bir takım verilerle ortaya konulmuştur.

Üçüncü bölümde kumlama mekanizmasına etkiyen parametreler tanımlanmıştır. Bu parametreler: abrasif sertliği, cinsi ve büyüklüğü ve abrasifin fırlatılma hızı, mesafesi ve çarpma açısıdır.

Kumlama kalitesinin veya yoğunluğunun ölçülmesi için günümüzde kullanılan yöntemler dördüncü bölümde incelenmiştir. Beşinci bölümde parametrelerin değişimi ile elde edilen farklı sonuçlar ölçülmüş ve tüm kumlama işlemi kendisine etkiyen parametreler ışığında tanımlanmıştır.

Bu yüksek lisans tezi ile kumlama işlemi ve kumlamada kullanılan makinalar hakkında türkçe kaynak eksikliğinin giderilmesi hedeflenmiştir. Kumlama işlemine etkiyen parametrelerin tanımlanması ile kumlama işleminin kontrollü bir işlem olduğu, gerekli mühendislik yaklaşımıyla optimum fayda elde edilebileceği gösterilmektedir.

STUDY ABOUT SHOT BLASTING & SHOT PEENING PROCESSES AND PARAMETERS AFFECTING ON THEM

SUMMARY

Shot blasting & peening processes used in the industry for three different aims, which are surface preparing and cleaning processes, evaluating mechanical properties of metal surfaces or a manufacturing process. The use of shot blasting & peening machines in these different fields, for different materials and for different purposes causes them to be designed in very different ways. At the first part of the thesis different machines that are used today, are examined and classified according to their standard and variable units. With every different machine, its advantages and disadvantages are determined.

At the second part the goal of shot blasting & peening is considered. The benefits of the process are underlined by already concluded experiments or by visual datum.

At the third part parameters affecting shot blasting & peening process are determined. These are: abrasive hardness, type and size, abrasive throwing speed, range and impact angle.

The processes used for identifying shot blasting & peening quality and blasting intensity are examined at the fourth part. And at the fifth part, the results obtained by different parameter inputs are listed for defining the whole process.

This graduate thesis aims to fulfill the gap in Turkish sources for shot blasting & peening processes and machines used for that purpose. By identifying parameters it is shown that the process is controllable and can give optimum results by appropriate engineering approach.

1. KUMLAMA MAKİNESİ NEDİR, NASIL ÇALIŞIR?

Kumlama, işlenecek malzeme yüzeyine yüksek hızlarda parçacıkların püskürtülmesi, fırlatılması temeline dayanan bir mekanik yüzey işleme yöntemidir. Gemi inşaa sanayiinde raspalama, diğer birçok sektörde şotlama veya bilye püskürtme olarak da bilinen bu işlem çeşitli metallerden camlara, betondan kumaşa kadar binlerce çeşit malzemede yine çelik bilyeden cam tozuna, silis kumundan kayısı çekirdeğine kadar birçok farklı aşındırıcı kullanılarak çok farklı amaçlar için kullanılmaktadır.

Kumlama makineleri ise basitçe, kumlamada kullanılan parçacıkların istenen yüzeye yüksek hızlarda fırlatılmasını sağlayan makineler olarak tanımlanabilir. Birçok makine bu püskürtme işleminin yanı sıra fırlatılan parçacıkların (abrasifin) toplanıp, temizlenip yeniden fırlatılmak üzere hazır hale getirilmesini de (geri kazanımını) sağlamak üzere ilave donanımlar ve abrasifin uygun açıda, uygun hızda ve malzemenin her yerine homojen olarak isabet etmesini sağlayacak şekilde malzeme taşıma sistemleri içermektedir. Kumlama makineleri tasarımında belirleyici olan 2 temel özellik vardır:

- 1) Abrasif püskürtme yöntemi
- 2) Kumlanacak malzemeyi taşıma - hareket ettirme sistemi.

1.1 Abrasif Püskürtme Yöntemleri.

Abrasiflerin istenen parça yüzeyine fırlatılması iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir:

- 1) Basınçlı havanın itici etkisiyle püskürtme.
- 2) Bir türbin vasıtasıyla santrifüj etkisiyle püskürtme.

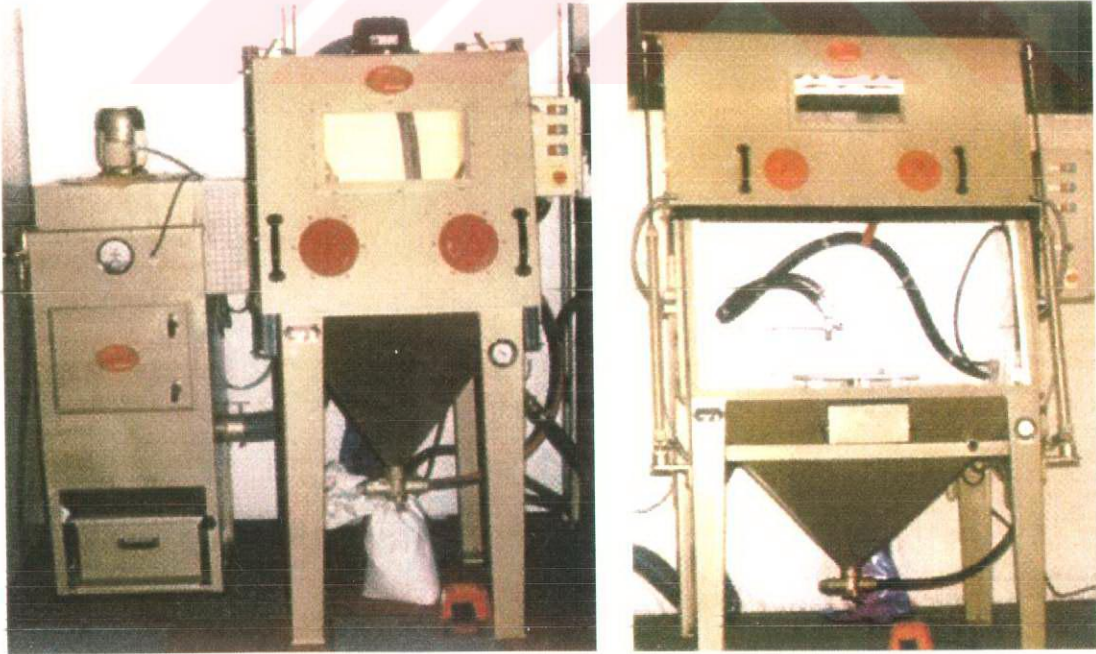
1.1.1 Basınçlı hava ile püskürtme.

Bu tip kumlama, basınçlı havanın basınç enerjisinin, basınç düşümüyle kinetik enerjiye dönüşmesi sonucu beraberinde taşıdığı abrasife de kinetik enerji kazandırması yoluyla olmaktadır. Kum genellikle havanın itici etkisiyle bir hortum

boyunca taşınmakta ve bir nozul(meme) vasıtasıyla püskürtülmektedir. Hortumun sahip olduğu elastiklik bu kumlama yönteminin en büyük avantajıdır. Bu sayede en dar ve ulaşılması güç yerlere ulaşılabilir ve kumlanabilir.

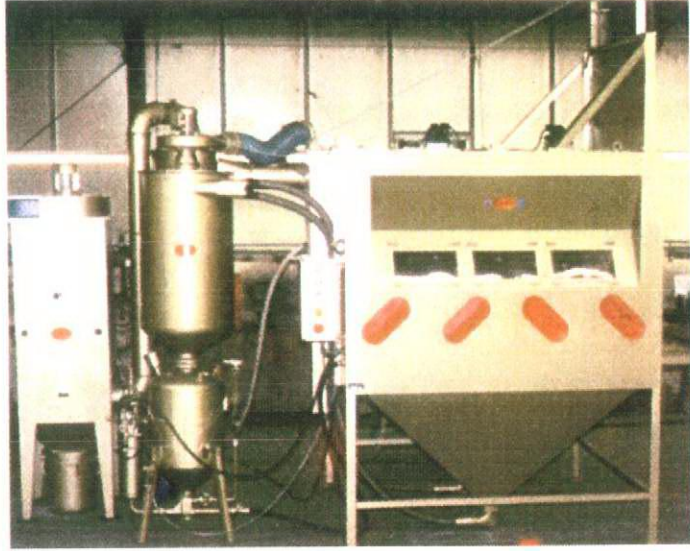
Nozul(meme) bu tarz makinaların en çok aşınan yeridir. Bu sebeple bor karbür gibi çok sert seramiklerin sinterlenmesi yoluyla imal edilirler. Ağız çapları istenilen debi ve yüzeyde oluşturulmak istenen kumlama yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Kumlanacak yüzeye ve yüzeyin yerine bağlı olarak ağız geometrisi ve ağız sayısı da değişebilir.

Bu tip makinalarda kum ile havanın karıştırılması iki yolla mümkündür. Birinci metotta hava tankındaki yüksek basınçlı hava hortumun içinde daha düşük basınca düşer ve hızlanarak nozula ulaşır. Nozulun(memenin) girişinde ucu abrasif deposunda bulunan başka bir hortum havanın hareket ettiği hortumla birleşir. Akışkanların sahip oldukları hız onların çevresine Bernoulli Denklemine uygun olarak uyguladıkları basınç ile ters orantılı olduğundan ikinci hortumun abrasif tankına daldırılmış ucundan abrasif taneleri emilerek nozulda basınçlı tanktan gelen hava ile birleşir ve dışarı beraber püskürtülür. Bu tip kumlama sisteminde ikinci hortum sürekli abrasifle dolu kalabilir ve hortumun diğer ucu abrasifle dolu olduğu sürece kumlama yapılabilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Hızlanan havanın yarattığı vakum etkisiyle abrasifin hava ile nozulda (memede) karıştığı havalı kumlama makinaları.

İkinci metotta ise yalnız tek bir hortum mevcuttur. Yine birinci metotta olduğu gibi hava hortum boyunca ilerler fakat bu sefer hortumun bir yerinde basınçlı bir tankın içine depolamış abrasif yerçekimi ve tankın içindeki pozitif basınçla hortumun içine itilir ve havayla beraber hortum içinde ilerleyerek nozula gelir ve püskürtülür (Şekil 1.2). Bu sistemde



Şekil 1.2: Basınçlı hava tankına sahip bir havalı kumlama makinası

kumlama sona erdiğinde hortumun içinde abrasif kalması takip eden kumlama sırasında hortumun tıkanmasına sebep olacağından uygun değildir. Bunu önlemek için abrasif tankının hortuma bağlandığı yerde bir valf ile abrasifin akışı istenildiği zaman açılıp istenildiği zaman kapatılabilir. Bu sayede hortuma önce hava verilip, hava akışı sağlandıktan sonra abrasif verilmesi ve kumlama sona erdiğinde de önce kumun kesilmesi ve hortumda kalan kumun hava ile püskürtülmesinden sonra havanın kesilmesi sağlanabilir.

Her iki metodun da kendine göre avantajları vardır. Birinci metotta hortumun içinde abrasiflerin kalarak sıkışması gibi sorunlar yoktur fakat kumlama yerine kadar hem hava hem de abrasif taşıyan hortumların beraber taşınması zorunluluğuyla karşılaşılır. Abrasif kazanına kumlama yapılırken ilave abrasif eklenebilmesi ise birinci metodun bir diğer avantajıdır. Bu sayede kesintisiz kumlama yapılması teorik olarak mümkündür. İkinci metodun en büyük avantajı ise belirli bir hava debisi için püskürtülecek abrasif miktarının abrasif akış kontrol valfi vasıtasıyla istenildiği gibi ayarlanabilmesidir. Nozula (memeye) kadar abrasifle hava bir hortumda beraber taşınır. Kumlama süresi ise, abrasif basınçlı bir tanktan temin edildiğinden tankın hacmiyle orantılı olarak kesintilidir. Tanktaki abrasif miktarı belirli bir seviyenin altına indiğinde kumlama durur ve abrasif takviyesi yapılırken kumlama yapılamaz.

Hangi metot kullanılırsa kullanılsın basınçlı hava ile kumlama yapmanın iki büyük avantajı vardır. Bunlardan birincisi basınçlı hava ile kumlama yapılırken her türlü

abrasifin kullanılabilmesidir. Bir türbinde bulunan kompleks parçaların aksine hava ile kumlamada abrasiflerin yüksek hızlarla çarparak aşındırabileceği tek parça elastik hortumu saymazsak, kumlama nozuludur. Nozullar çok yüksek sertliğe sahip oksitlerin veya karbürlerin sinterlenmesi ile imal edildiğinden çok sert olan silis kumları veya alüminyum oksit tozlarının da kumlamada abrasif olarak kullanılmasını sağlamıştır. Havalı kumlamanın sahip olduğu ikinci büyük avantaj ise getirdiği dizayn esnekliğidir. Bir itfaiyecinin yangın söndürme hortumunu kullandığı gibi korunmak için özel



Şekil 1.3: Havalı Manuel Kumlama Kabini

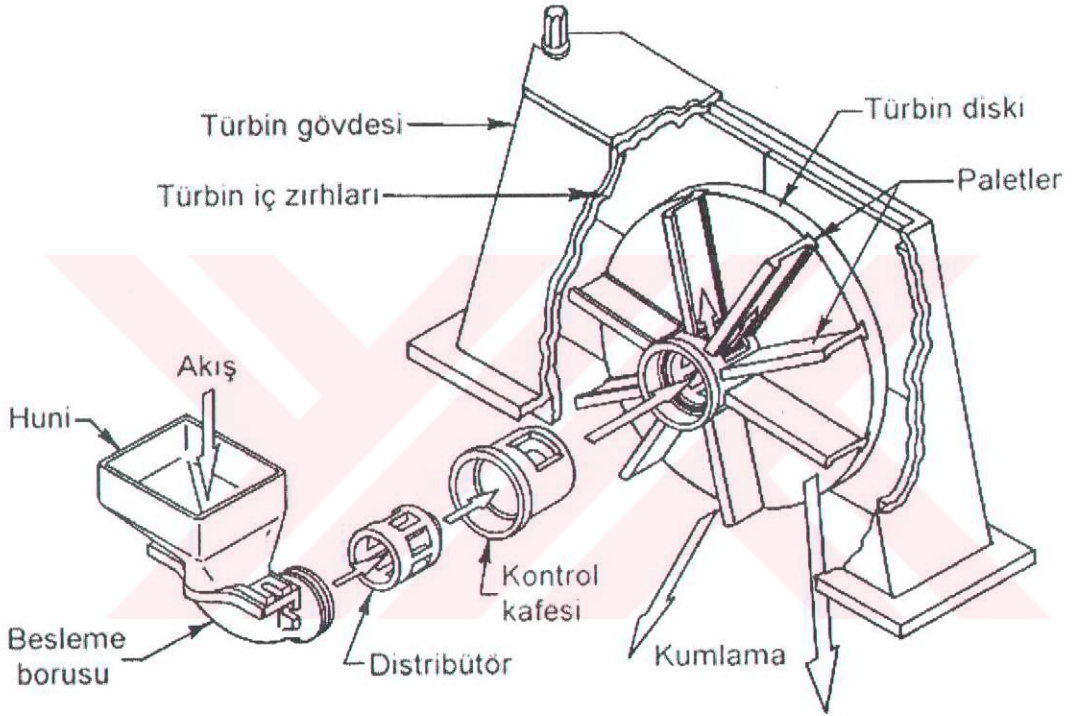
elbiseler giyilerek kumlama nozulu elle kumanda edilebilir ve en dar girinti ve çıkıntılar bile bu sayede kumlanabilir (Şekil 1.3). Binaların ön cepheleri, gemi gövdeleri, şantiyelerdeki makinaların parçaları, açık alandaki çelik konstrüksiyonlar gibi çok büyük yapıların veya parçaların kumlanması da havalı kumlamanın bu kullanım esnekliği sayesinde mümkün olmaktadır.

1.1.2 Bir türbin vasıtasıyla santrifüj etkisiyle püskürtme.

1930'lu yıllarda son şeklini alan kumlama türbinleri günümüzde hızlı, ekonomik ve homojen bir kumlama yapmak için en iyi yoldur. Sistem, üzerine paletler bağlanmış bir diskin 2000 ila 3000 dev./dak. arasında hızlarla döndürülürken, yerçekimi ve diskin yarattığı vakum etkisiyle diskin merkezinden verilen abrasiflerin santrifüj etkisiyle paletlerin üzerinden kayarak hızla püskürtülmesi yoluyla çalışmaktadır.

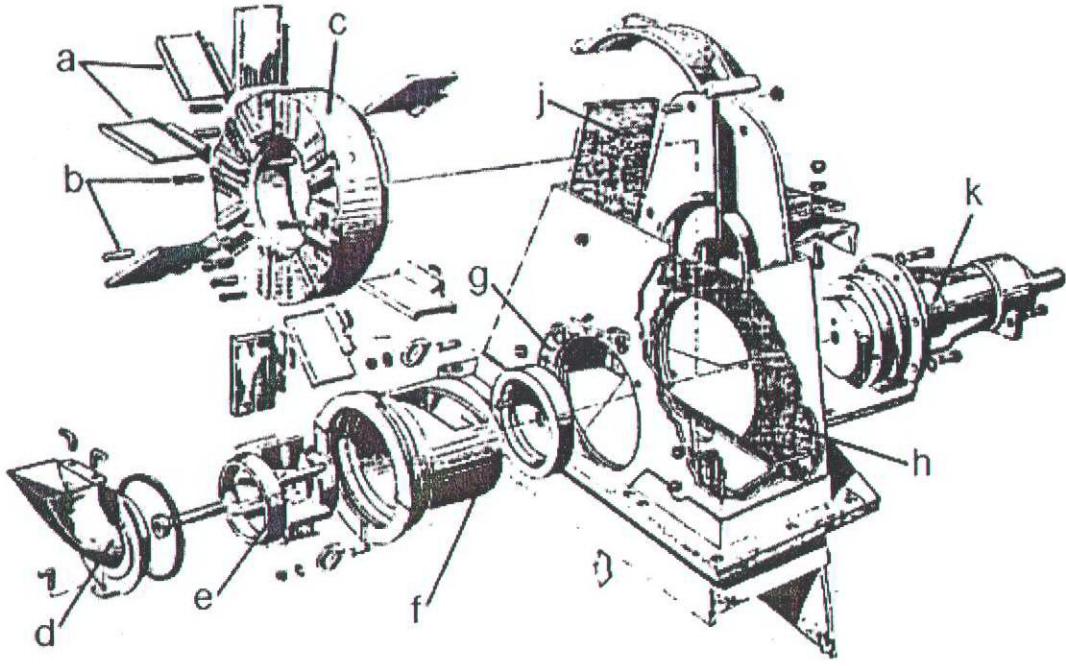
19,5 inç (495,3 mm) çapa sahip diskler ilk yapıldığından günümüze kadar o kadar çok kullanılmıştır ki artık bir standarttır. 8 tane palet her biri 2,5 inç (63,5 mm) genişliğinde olmak üzere türbin kasnağı üzerindeki yuvalarına kayarak geçirilmiş ve

vidalarla sabitlenmiştir. Bu sayede kanatların yerinden çıkarılması ve değiştirilmesi kolaylaşmıştır. Türbinin bir tarafı açık diğer tarafı ise bir bağlantı flanşı yardımı ile sürücü mile bağlanmıştır. Türbinin merkezi ise uygun bir besleme borusu yardımıyla göbekten beslenecek bir yapıdadır. Yerçekimi etkisiyle dökülen abrasif burada göbekteki distribütör vasıtasıyla alınır. Paletlerle koordineli bir şekilde çalışmak üzere dizayn edilen distribütör sürücü milin ucuna bağlanmıştır. Böylece paletlerle hareket bağlantısı sağlanan distribütör aldığı abrasifi kontrol kafesinden geçirerek paletlerin önüne istenen şekilde getirebilir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Bir türbinin genel yapısı ve abrasif akışı

Türbin diskleri yukarıda verilen örneğin dışında çift taraflı ve farklı palet bağlantı sistemlerine sahip olabilir. Örneğin paletler türbin kasnağına Şekil 1.5'te görüldüğü gibi pimler vasıtasıyla bağlanırsa türbin saat yönü ve tersi olmak üzere her iki yöne de dönebilir. Paletleri bağlamak için diğer bir yol da montaj kolaylığı sağladığından yaylı klipslerle kasnağa bağlamaktır. Fakat bu durumda türbinler yalnız bir yöne dönebilir.



Şekil 1.5: “Pangborn” marka bir türbinin detaylı iç yapısı

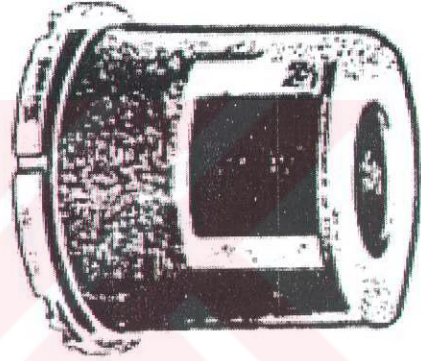
- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| a) Değişirilebilir paletler | f) Kontrol kafesi |
| b) Palet bağlantı parçaları | g) Kontrol kafesi ayar aparatı |
| c) Türbin diski | h) Türbin gövdesi |
| d) Besleme borusu | j) Aşınmaya dayanıklı kaplama |
| e) Distribütör | k) Rulman yatağı |

Kontrol kafesi abrasifin hassas yön kontrolü için dizayn edilmiştir. Bu yön kontrolü kontrol kafesinin ayarlanabilen pozisyon aparatıyla sağlanır. Kontrol kafesi montajın sabit parçalarından biridir ve türbinin içinde bulunduğu ana gövdeye bağlıdır. Her kafesin, distribütör tarafından fırlatılan abrasifi kanatlara geçirecek bir boşluğu vardır. Boşluğun pozisyonu abrasifin püskürtüldüğü alanı ve yolu belirler. Kafesin bu boşluğu dörtgen, üçgen veya uygun istenen bir şekilde olabilir. Bu sayede püskürtülen abrasifin şekli kontrol edildiği gibi belirli bölgelerdeki abrasif yoğunluğu da bu şekilde kontrol edilebilir.

Türbin paletleri günümüzde döküm yöntemiyle aşınmaya dayanıklı sert metal alaşımlarından imal edilmektedir. Paletlerdeki aşınmalar özellikle püskürtülen abrasifin içeriğiyle doğru orantılıdır. Örneğin, eğer abrasif kütleye %1 oranında silis kumu içerirse bu durum paletlerin ömrünü %80 oranında azaltmaktadır [1]. Paletler ayrıca distribütör ve kontrol kafesinin de aşınmasından etkilenirler. Distribütör aralıklarının aşınarak büyümesi abrasiflerin paletlerin önüne değil de doğrudan üzerine düşmesine sebep olacağından paletlerin arka kısmının hızla erimesine sebep olur.

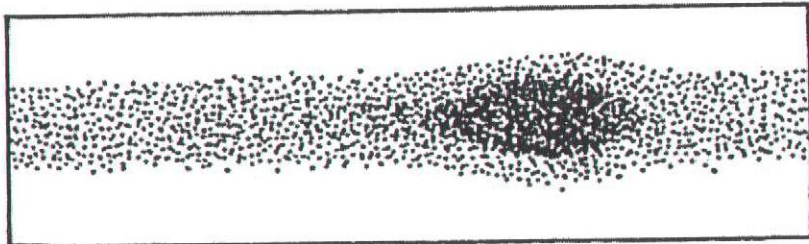
Santrifüj etkisiyle kumlama yapan makineler de genellikle metalik abrasifler kullanılmaktadır. Bunun en büyük sebebi kütlesi ufak olan parçaların santrifüj etkisiyle atılmaya pek uygun olmamasıdır. Örneğin havalı kumlama sıkça kullanılan silis kumu (deniz kumu) efektif bir şekilde püskürtülemeyecek kadar hafiftir ve daha önce bahsedildiği gibi paletlerde aşırı bir aşınmaya sebep olmaktadır. Alüminyum oksitleri santrifüjle kumlama kullanılmıştır fakat türbin paletlerindeki aşınma yine çok yüksektir. Bu aşınmayı azaltmak amacıyla paletler cam ve katı karbürler başta olmak üzere çok çeşitli malzemeden imal edilmiştir. Tüm abrasifler arasında en az aşınma yaratan çelik bilyelerdir. Paletlerin alaşımından daha yumuşak bir yapıya sahip olan bu bilyeler küresel şekilleriyle ekonomik açıdan da en ideal malzemedir.

Türbinlerin dizayn kolaylığı sağlayan bir özelliği de abrasifin püskürtüleceği yerin kontrol edilebilmesidir. Püskürtme alanı türbinin dönüşüne bağlı olmaksızın kontrol kafesinin saat yönüne veya saat yönünün tersine döndürülmesiyle yer değiştirebilir. Kontrol kafesinin üzerindeki boşluk abrasifin dağılımını ve dolayısıyla da “sıcak bölge” denilen püskürtmenin konsantre olduğu bölgeyi belirler.



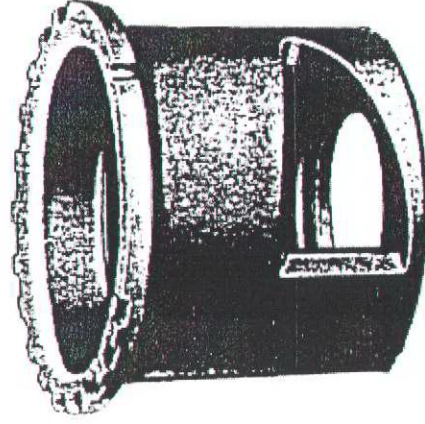
Şekil 1.6: Standart bir abrasif dağılımı sunan dikdörtgen boşluklu bir kontrol kafesi

Şekil 1.6’da gösterilen dikdörtgen bir aralığa sahip kontrol kafesi Şekil 1.7’deki gibi bir abrasif dağılımı oluşturmaktadır. 19,5 inç (495,3 mm) çapa ve 2,5 inç (63,5 mm) palet genişliğine sahip bir türbin yaklaşık olarak 42x 4 inç (1066,8 x 101,6 mm)’lik bir alanı kumlar [1]. Normal hallerde “sıcak bölge” türbin merkezinden geçen bir çizginin 8 inç önündedir. Kontrol kafesinin aşınmasıyla “sıcak bölge” türbinin dönüş yönünde ilerler.

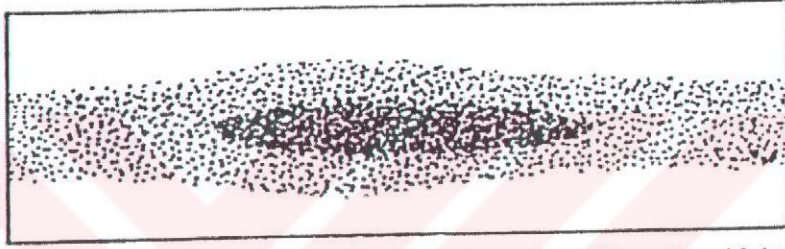


Şekil 1.7: Dikdörtgen açıklığa sahip bir kontrol kafesinden elde edilen abrasif dağılımı

Kontrol kafeslerinin dikdörtgen dışında başka şekillerde açıklıklara da sahip olabilir. Örneğin, Şekil 1.8’de görülen üçgen bir açıklığa sahip kontrol kafesinin “sıcak bölgeyi” uzatıcı bir etkisi vardır (bakınız Şekil 1.9). “Sıcak bölge” kavramı, türbinin altına yerleştirilen bir sac plakanın bir süre püskürtülen abrasife maruz bırakılması ve plakada oluşan en sıcak bölgenin belirlenmesiyle ortaya çıkmış bir terimdir.

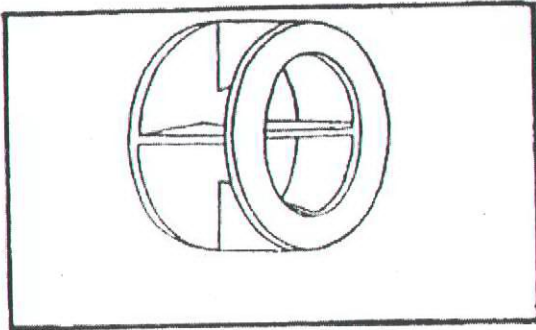


Şekil 1.8: Üçgen açıklığa sahip bir kontrol kafesi

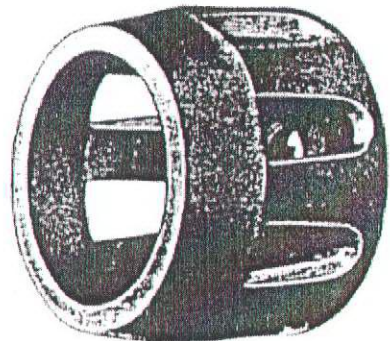


Şekil 1.9: Üçgen açıklığa sahip bir kontrol kafesinden elde edilen abrasif dağılımı

Distribütörler zaman boyunca kontrol kafeslerinden daha fazla değişikliğe uğramış parçalardır. Şekil 1.10’da gösterilen ilk distribütörler paletlere, özellikle yüksek hızlarda yeterli abrasifi sağlamaktan uzak bir dizayndadır. Şekil 1.11’de gösterilen içi boş distribütörlerin ortaya çıkması bu konuda büyük bir gelişme sağlamıştır. Bu



Şekil 1.10: Türbinle kumlamanın ilk zamanlarında kullanılan bir distribütör



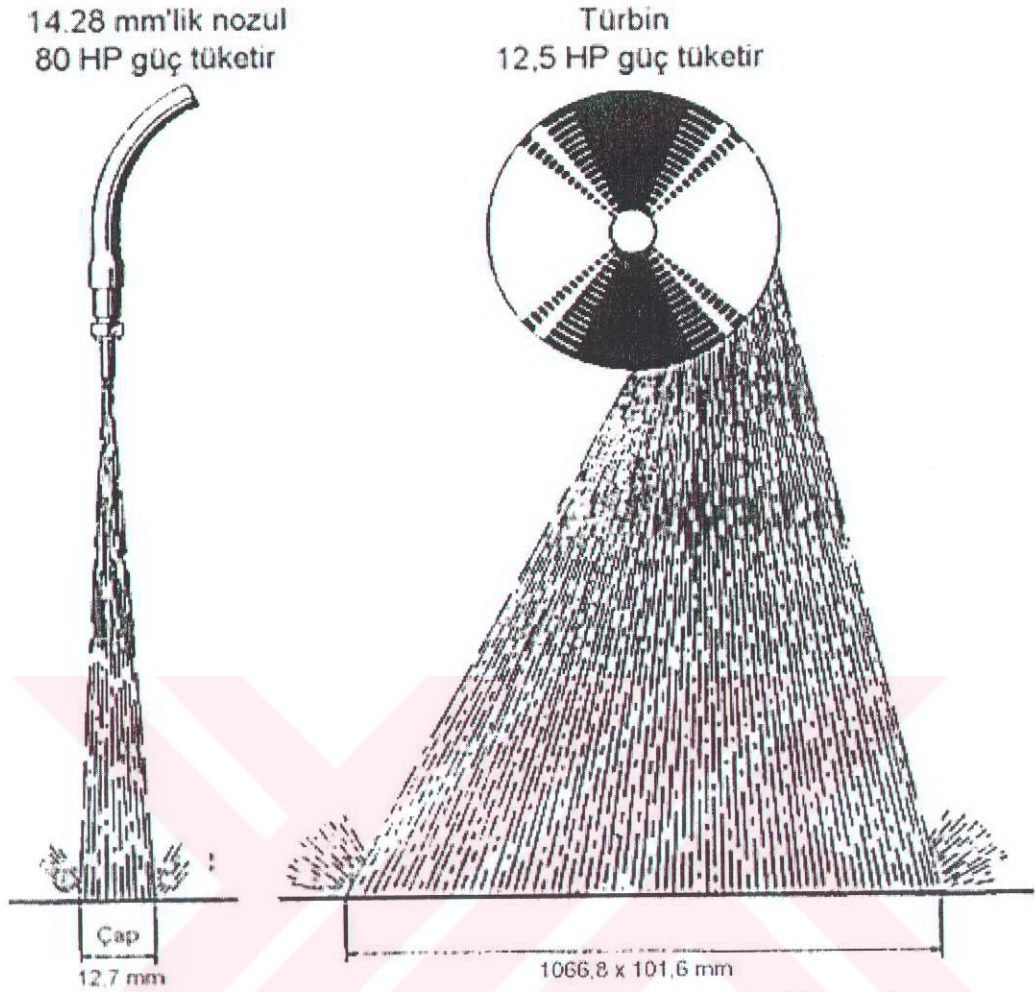
Şekil 1.11: Abrasif akışını arttıran konik tipli bir distribütör

distribütörlerde merkeze gelen abrasifler burada santrifüj etkisiyle distribütörün kanal aralıklarına dolar. Dönerek kontrol kafesinin açıklığına gelindiğinde bu

bölümdeki abrasif ilgili palete püskürtölmek üzere bırakılır. Distribütörler abrasifleri paletlere uygun bir zamanlamayla bırakacak bir biçimde yerleştirilir. Distribütörler genelde paletlere uygun senkronizasyonda bilye bırakabilmek amacıyla kanalları türbinin paletlerinden yaklaşık 3/16 inç (4,76 mm) önde olacak şekilde monte edilir [1]. Bu sayede abrasifler kanatların tam önüne düşecek bir biçimde fırlatılabilmektedir.

Kontrol kafesi ve distribütörden sonra en az onlar kadar önemli bir diğer parçada besleme borusu ve abrasif kontrol aparatlarıdır. Bu iki parça abrasifin rahat ve gerekli miktarda akması için çok önemlidir. Eğer çok büyük miktarlarda abrasif akmasına izin verilirse türbin boğulacak ve kumlama verimi düşecektir. Türbinin verimini ölçmenin en pratik yolu ampermetre ile motorun çektiği gücü ölçmektir. Motorun maksimum güç için çektiği amper belli olduğundan türbinin verimi kolayca hesaplanabilir. Tam verim elde etmek için ampermetre her zaman tam yük için karşılık gelen değeri çekmelidir. Herhangi bir azalma bir boğulmanın işaretidir. Verimin azalması ise temizleme zamanının ve maliyetin artmasına sebep olur. Bunun yanı sıra birde türbinin kendi ataletinden doğan bir verim kaybı vardır. Örneğin 20 beygirlik bir motor 440 V için maksimum 27 amper çekerken hiç yük altında olmadığı zamanlarda yalnız boş türbini döndürmek için 9 amper çekmektedir. Buda bize abrasif fırlatmak için 18 amperlik bir akım bırakır. 20 beygirlik bir motor 19.5 ton/saat abrasif fırlatma kapasitesine sahiptir fakat tam güçle çalışırken bile kapasite kaybı yüzünden 6.5 ton/saat abrasif kullanılamaz.

Kumlama makinesinin verimli çalışması aynı zamanda türbinlerin sürekli ve istikrarlı bir biçimde abrasifle beslenmesine de bağlıdır. Bu da abrasif besleme sistemini önemli bir hale getirmektedir. Abrasif akımını kontrol etmek için ise birçok yol vardır. Bunlardan en basiti göstergeli bir manivela ile kontroldür. Bu tip kontrolde operatör abrasif akışını ampermetreye bakarak ayarlar ve manivelayı en uygun pozisyonda kilitler. Bu sistemin dezavantajı insan faktöründen doğan iyi ayarlayamama durumlarıdır. Günümüzde en çok kullanılan yöntem kursu ayarlanabilen bir pnömatik piston yardımıyla çalışan kum akış valfiyle abrasifin geçtiği açıklığın kontrol edilmesidir. Bunun bir yararı da pistonun zaman röleleri vasıtasıyla önceden belirtilen süreler için programlanabilmesi ve böylece kumlamanın kumanda edilebilmesidir.



Şekil 1.12: Basınçlı havayla kumlama ve santrifüj etkisiyle kumlama metotlarının etkinliğinin karşılaştırılması

Santrifüj etkisiyle kumlama yapan bir sistemin değerini anlamanın belki de en iyi yolu havalı kumlama ile görsel olarak karşılaştırmaktır. Şekil 1.12’de de görüldüğü gibi santrifüj etkisiyle kumlamada hava ile kumlamaya göre aynı anda 8 kat daha büyük bir alan kumlanırken harcanan enerji ise 6.5 kat daha azdır. Benzer bir örnek püskürtülen bilye miktarı için de verilebilir. 9/16 inç (14.28 mm)’lik bir kumlama nozulu (memesi) ile 80 lb/in² (5.62 kg/cm²) basınç için 80 HP güç harcanarak dakikada 40 lb (18.14 kg) bilye püskürtürken, 19,5 inç (495,3 mm)’lik bir türbin aynı sürede 400 lb (181.43 kg) bilyeyi sadece 20 HP güç harcayarak fırlatabilir [1]. Sahip olduğu hız ve ekonomiklik türbin vasıtasıyla kumlamayı günümüzde sanayide ve özellikle büyük miktarlarda seri üretim yapılan yerlerde rakipsiz kılmaktadır. Havalı kumlama ise ancak türbin ile kumlamamanın yapılamayacağı durumlarda bir alternatiftir.

1.2 Kumlanacak Malzemeyi Taşıma - Hareket Ettirme Sistemleri.

Elle (manuel) kumlama yapılan makinaların dışında türbinli ve havalı kumlama yapan otomatik makinaların hepsinde parçaların homojen bir şekilde kumlanması, parçaların hareketiyle sağlanmaktadır. Kumlanacak parçaların büyüklüklerinin değişimi ve çeşitliliği sınırsız denecek kadar çok olduğundan, farklı parçalar için farklı makina tasarımlarına, hatta parçalara özel tasarımlara rastlamak mümkündür. Bu makinalar hacim, büyüklük ve kapasite bakımından büyük farklılıklar gösterebilirler de genel olarak 3 ayrı grupta toplanabilirler:

1.2.1 Tamburlu tip kumlama makineleri.



Şekil 1.13: Tamburlu tip bir kumlama makinası

Bu makinalar, yuvarlak hatları olan, birbirini üzerinden yuvarlanabilecek, sivri çıkıntıları olmayan genellikle döküm veya enjeksiyonla imal edilmiş parçaların kumlanması için tasarlanmıştır. Parçalar bir tamburun çevresine yaslanarak kıvrılmış ve 3 kasnak etrafında üçgen şeklinde bir rotada dönen sonsuz bir bandın üzerinde yuvarlanırlar. Kumama işlemi ise parçaların bandın üzerinde makinanın giriş ağzından geriye doğru lastik boyunca tırmanması ve belirli bir *açıdan sonra ileriye doğru yuvarlanması* sırasında üzerlerine abrasifin püskürtülmesi yoluyla yapılır. Bu sayede her bir parça sırası gelince diğer parçaların üzerinden yuvarlanırken kumlanmış olur. Genelde parçaların birbirine zarar vermemesi için bant 3-4

m/dak. gibi düşük hızlarla hareket ettirilir. Bu tip makinalar birçok büyüklükte yapılmaktadır. Şekil 1.13'te $0,125 \text{ m}^3$ hacimli, lastik bantlı bir kumlama makinası görülmektedir. $0,05 \text{ m}^3$ 'ten 4 m^3 'e kadar ticari olarak üretilen makinalar lastik bantlı



Şekil 1.14: Kumlanmış pirinç boru dirsekleri ile bir tamburlu kumlama makinası

olabildiği gibi özel döküm parçalardan oluşan birbirine oynak bağlantılı (paletli) de olabilir. Sahip olduğu özel dizayn sayesinde türbin, kumlanacak parçalara diğer tüm makine tiplerinden daha yakındır, bu da kısa sürede efektif bir kumlama yapılabilmesi sonucunu doğurmaktadır (Şekil 1.14). Bir seferde parçaların her yerinin kumlanabilmesi, çok geniş bir ürün yelpazesini aynı makine ile kumlayabilme imkanı ve makinanın yatırım ve bakım maliyetinin düşük olması bu tip makinaların en önemli avantajıdır.

1.2.2 Çatal veya tek askılı, kabinli tip kumlama makineleri.



Şekil 1.15: 1200x1700 mm ağız açıklığı olan askılı tip bir kumlama makinası

Kapalı bir kabin içinde kumlama yapılan makinalarda en çok tercih edilen yöntem parçaların bir kancayla yukarıdan aşağıya asılmasıdır. Ön tarafında giriş çıkışın sağlandığı bir kapısı bulunan bu tip makinalarda türbinler genellikle yan duvarlardan birine yerleştirilir (Şekil 1.15). Makinanın üzerinden dışarıya doğru uzanan ray sistemi tekli, bir boynuz biçiminde çiftli veya halka şeklinde sürekli olabilir. Ray üzerinde hareket eden bir veya genellikle iki kanca dışarıda parçalarla



Şekil 1.16: Otomatik kancalı askılı tip bir kumlama makinası

yüklendikten sonra makine içine sokulur ve kabinin ortasında, türbinlerin karşısında kendi ekseninde dönerek parçaların her yerinin homojen bir biçimde kumlanmasını sağlar. Çift kancanın avantajı, birinci kancadaki parçalar kumlanırken ikinci kancadaki parçaların boşaltılıp, kumlanacak yeni parçalarla yüklenebilmesidir. Askı kancalarının makine ortasında kendi ekseninde otomatik olarak dönmesinin yanı sıra büyük, ağır parçalar için kancanın motorla yukarı, aşağı hareket edebilmesi ve kancaların

otomatik olarak kabin içine girip çıkabilmeleri de gerekli otomasyonla sağlanabilir (Şekil 1.16). Türbinler ise maksimum kumlama alanı sağlamak üzere yukarı ve aşağı püskürtecek biçimde açılı yerleştirilmiştir.

Askılı makinaların en büyük avantajı uygun imal edilirse herhangi bir büyüklük ve ağırlıkta bir parçanın sorunsuzca kumlanabilmesidir. Kumlama esnasında parçalar birbirine değmediğinden alüminyum parçalar gibi darbelere hassas parçalar sorunsuzca kumlanabilir. Parçaların geometrik şekilleri de bir kısıt değildir. Askıya asılıp kabin içine girebilen her türlü parça kumlama alanı içinde kaldığı sürece kumlanır. Sahip olduğu bu büyük esneklik askılı makinaları imalatçı firmaların standart üretimin programlarına sokmuştur. Tamburlu makinalarla karşılaştırıldığında tek dezavantajları tamburlu makinalara göre saat başına kumlanan parça miktarının az olması ve ilk yatırım maliyetlerinin daha fazla olmasıdır.

1.2.3 Tünel tip kumlama makineleri.

Büyük miktarlarda parçaların kısa sürede veya çok büyük hacimli veya boyu çok uzun olan parçaların kumlanması amacıyla günümüzde tünel tip kumlama makinaları kullanılmaktadır. Kumlanacak parçalar zırhlı bir taşıyıcı araba üzerinde, kancalara asılmış olarak havada bir ray sistemiyle veya dönen rulolar üzerinde ilerleyerek tünel



Şekil 1.17: Mil, çubuk, lama, profil kumlama makinası

şeklindeki makinanın bir ucundan girer ve bir bölümde türbinlerin önünden geçerken kumlanarak çıkıştan kumlanıp temizlenmiş olarak çıkar (Şekil 1.17). Kumlama işlemi tamamen kapalı bir kabinin içinde yapılmadığından, sıçrayan ve parçanın yüzeyinden seken kumların dışarıya çıkmaması için makine genelde kumlama öncesi giriş ve çıkış bölümleri içerir. Cehennem bölgesi denilen kumlamanın asıl yapıldığı bölümün önünde ve arkasında yer alan bu bölümler lastik perdelerle kapatılmıştır. Çıkış bölümü ayrıca malzeme üzerinde kalan abrasiflerin tekrar makinanın içine dökülmesini sağlayan bir fırça ünitesi ve özel üfleyiciler de içerebilir. Makinanın altında ve üzerinde bulunan türbinlerle tır şasileri, vinç kirişleri, çelik konstrüksiyon bina profilleri vs.. gibi imalatı bitmiş büyük parçalar homojen bir biçimde her tarafından tek seferde kumlanabilir.

Büyük küçük tüm parçaların çok büyük bir sürat ile kumlanabilmesi bu makinaların en büyük avantajı iken yüksek yatırım maliyetleri tek dezavantajlarıdır.

Farklı tünel tip kumlama makinaları ile ilgili örnek resimler ekte verilmiştir.

1.3 Standart Kumlama Makinesi Sistemleri.

Birbirinden çok farklı malzeme taşıma sistemleri içermelerine karşın tüm kumlama makinaları bir takım ortak standart sistemlere sahiptir. Bu sistemler püskürtülen abrasifin geri kazanımını ve kumlama sırasında ortaya çıkan tozun havadan ve abrasif karışımından ayrıştırılmasını sağlarlar. Sistemleri temelde üç gruba ayırmak mümkündür:

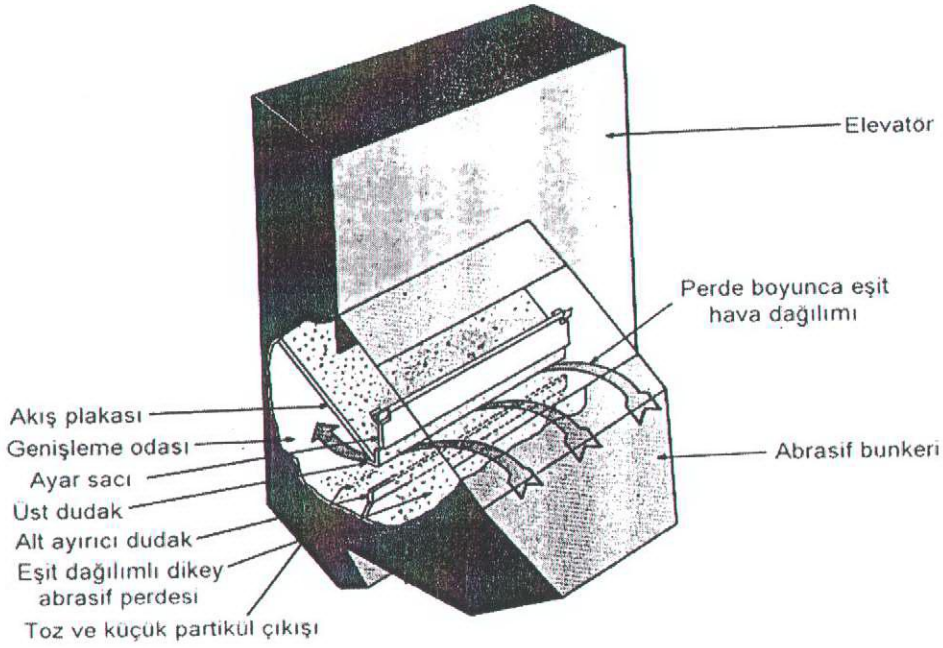
- 1) Abrasif temizleme, seperatör sistemi
- 2) Hava dolaşımı ve filtre sistemi.
- 3) Abrasif taşıma sistemi.

1.3.1 Abrasif temizleme (seperatör) sistemi.

Seperatör ünitesi olmaksızın bir kumlama makinası son derece verimsiz bir tesistir. Çelik bilyaları santrifüj etkisiyle püskürten bir makinada, bilyaların arasına karışmış kütlece %1 oranında silis kumu türbin elemanlarının aşınma hızını %80 oranında arttırdığından daha önce bahsetmiştik. Bunun yanı sıra abrasif karışımında bulunan tozlarda abrasifle beraber püskürtüldüğünde malzemenin yüzeyine çakılarak malzemenin kumlamadan kirli çıkmasına sebep olmaktadır. Türbinlerin içine kaçan büyük parçaların ise yüksek devirlerde dönen türbin iç bileşenlerine kalıcı zarar vereceği ortadadır. Tüm bu sebepler dolayısıyla abrasif karışımının türbinlerde püskürülmeden önce mutlaka her türlü yabancı maddeden arındırılması şarttır. Pratikte bir kumlama makinasının kalitesi sahip olduğu seperatörün verimine bağlıdır. Kumlama işleminde seperatörün fonksiyonları şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Kumu, tufalı, tortuyu, her türlü engel teşkil eden parçayı ve aşınmış abrasifleri ayıklamak.
- 2) Kumlamada kullanılmaya devam eden abrasiflerin boyutlarını kontrol etmek.
- 3) Abrasif tüketim oranını kontrol etmek.

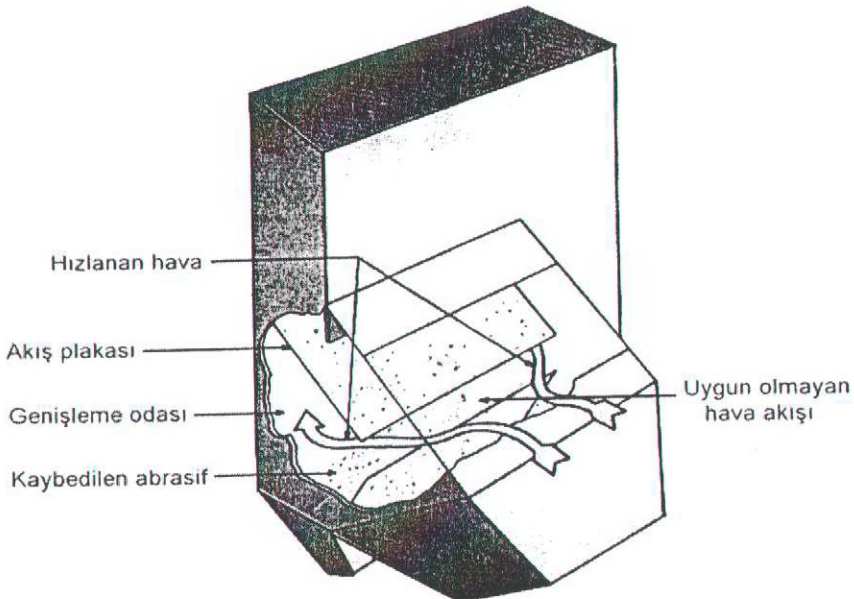
Ayıklama işlemi temel olarak bir perde halinde dökülen abrasiflerin hava ile yıkanması yoluyla sağlanır (Şekil 1.18). Bu sayede belirli bir ağırlığın altındaki tüm parçacıklar hava ile beraber sürüklenir. Perdenin içinden emilen havanın hızı ayrıştırmanın oranını ve kullanılacak olan abrasif karışımındaki minimum abrasif



Şekil 1.18: Tipik bir separatör ünitesi ve çalışma sistemi

büyükliğini belirler. Ayrılan parça büyüklüğünü arttırmak için hava akımının hızını arttırmak yeterlidir. Abrasif perdesinden geçerken tozları toplayan hava akımı daha sonra bir genişleme odasına gelir. Burada havanın hızı azalır ve tozları taşıma kapasitesi bir anda düşer. Bu sayede havayla taşınan parçacıkların bir kısmı hava akımından ayrılarak separatör atık borusundan dışarı dökülür.

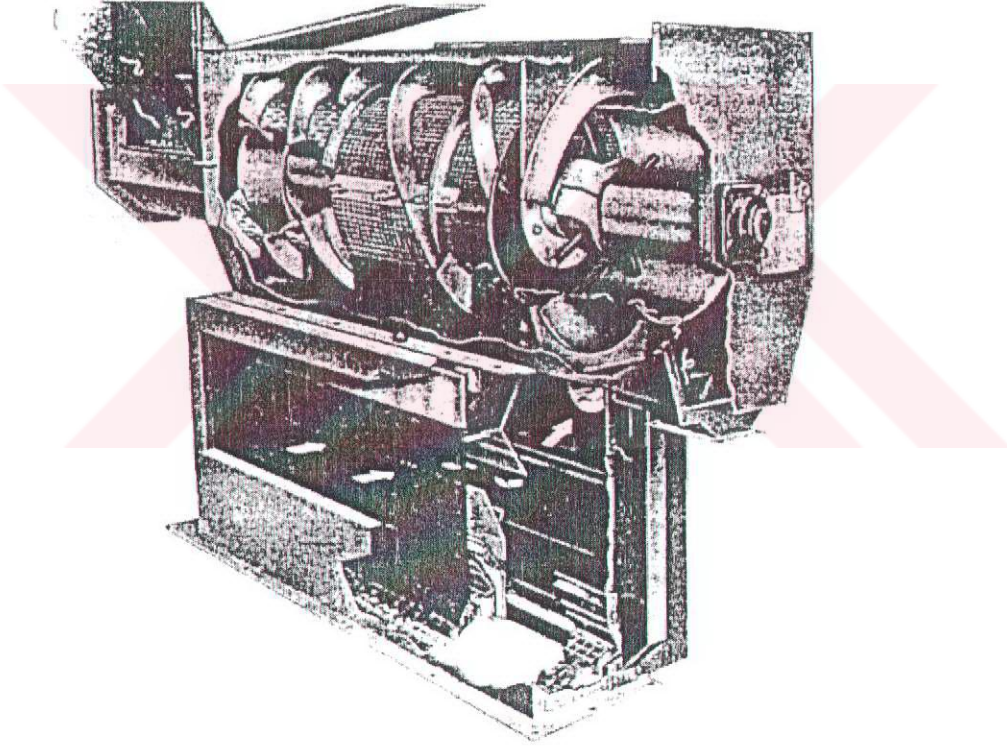
Efektif bir sonuç elde etmek için perde şeklinde dökülen abrasifin havanın emildiği ağzın önünde düzgün bir dağılıma sahip olması ve akışın üniform olması istenir.



Şekil 1.19: Düzgün akmayan abrasif perdesi üzerine havanın etkisi

Eğer abrasif perdesinde bir boşluk, açıklık veya bir tarafa doğru bir yığılma varsa hava kendisine en az direnç gösteren yerden, bu boşluklardan geçecek ve hızı artacaktır (Şekil 1.19). Hızının artmasıyla hava, abrasif perdesindeki tozları alacağına yalnızca bu boşluklar çevresindeki parçacıkları ve de kullanılabilir abrasifleri alarak ciddi bir maddi zarar kaynağı olacaktır.

Kaba taneciklerin ayrılması ise hava yardımıyla değil de taşınan abrasiflerin eleklerden geçirilmesi suretiyle sağlanır. Elekler makinanın çeşitli yerlerine yerleştirilebildiği gibi en çok kullanılan yöntem seperatörün girişinde abrasiflerin silindirik bir elek ile elenmesidir. Bu sayede abrasifler delikleri özel hazırlanmış elekten aşağıya dökülürken belirli büyüklüğün üzerindeki tüm parçacıklar başka bir bölüme ayrılır (Şekil 1.20).



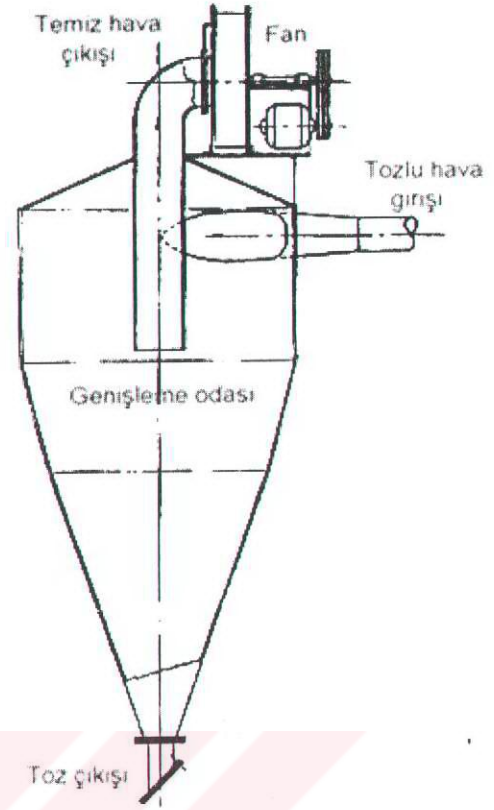
Şekil 1.20: Silindirik elekli üst helezon ve ona bağlı seperatör ünitesi

1.3.2 Hava dolaşımı ve filtre sistemi.

Kumlama makinalarında hem abrasiflerin hem de kumlama esnasında ortaya çıkan tozun temizlenmesi bir fanla havanın emilmesi sayesinde sağlanmaktadır. Abrasiflerin temizlenmesi kadar kumlama esnasında havaya dağılan tozun da uzaklaştırılması önemlidir. Makine içi sürekli bir vakum ortamında tutulmazsa tünel

tip makinalarda toz giriş ve çıkıştan dışarıya çıkacak, kapalı kabinli makinalarda ise kumlanan parçaların üzerine yapışarak malzemelerin kirli çıkmasına yol açacaktır.

Makinanın cehennem bölgesinden, eğer varsa giriş ve çıkış ünitelerinden, elevatörden ve tabii ki seperatörden emilen tozlu hava önce bir siklonda toplanır. Burada havaya dairesel bir hareket kazandırılarak havanın içindeki belirli bir ağırlığın üzerindeki parçacıkların santrifüj etkisiyle dışarıya doğru savrulması ve havadan



ayrılması sağlanır (Şekil 1.21). Sadece ince tozlar havayla beraber filtre ünitesine ulaşacaktır.

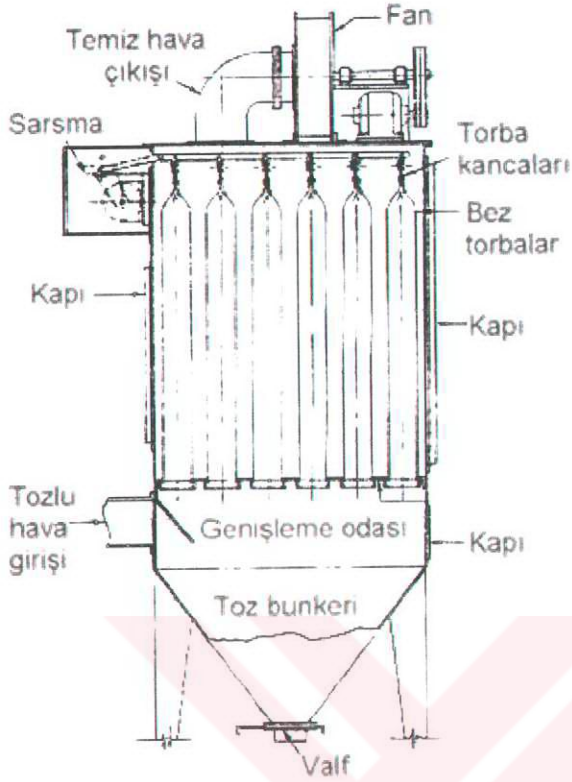
Şekil 1.21: Siklon tipi toz ayırma ünitesi

Kumlama makinalarında 2 tip filtre ünitesi kullanılmaktadır:

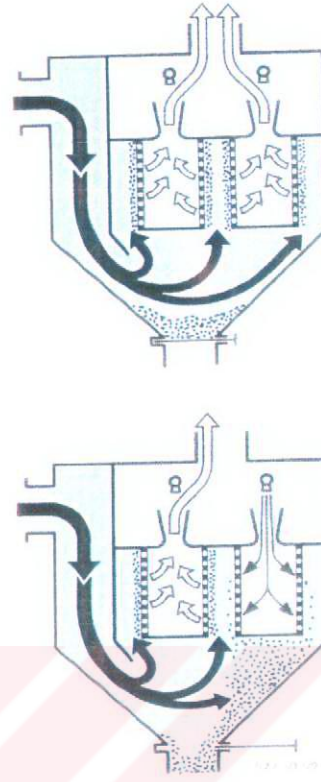
- 1) Kuru, kartuş veya torbalı tip toz tutucu filtreler
- 2) Sulu tip toz tutucu filtreler

1.3.2.1 Kuru, kartuş veya torbalı tip toz tutucu filtreler.

Bu tip sistemlerde tozlu hava yine önce küçük bir genişleme odasından geçer fakat daha sonra geniş gözenekli dokunmuş elyaf bir bez tabakasından geçmeye zorlanarak filtre edilir. Sistemin verimli çalışması açısından bu bezlerin gözeneklerinin sürekli açık kalması oldukça önemlidir. Torbalı tip filtrelerde bezlerin üzerine yapışan tozlar bir kam mekanizmasıyla belirli aralıklarla torbaların silkelenmesiyle (Şekil 1.22), kartuş tip filtrelerde ise yine belirli aralıklarla ters hava üfleme (jet-puls) yöntemiyle (Şekil 1.23) dökülürler. Her iki tipte de filtre bezlerinin belirli aralıklarla değiştirilmesi gereklidir.



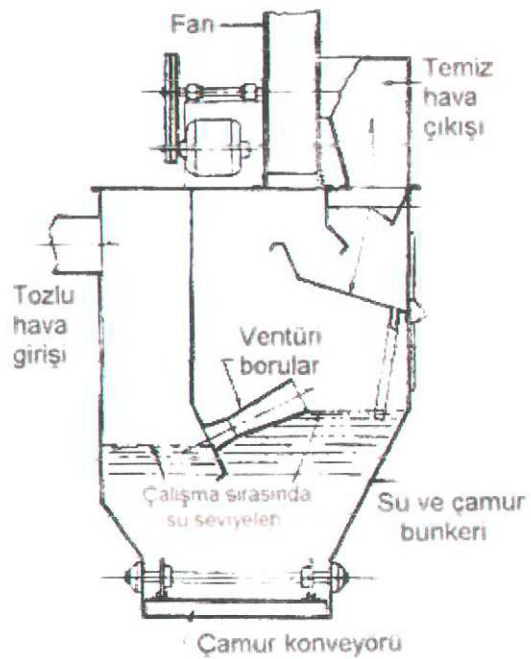
Şekil 1.22: Torbalı tip bir filtre



Şekil 1.23: Kartuş tip bir filtre ve ters hava üfleyerek temizleme

1.3.2.2 Sulu tip toz tutucu filtreler.

Bu metotta tozlu hava bir ventüri tüp boyunca su içinden geçirilerek temizlenir. Suyun içinde kalan tozlar dibе çökerek bir çamur birikintisi oluşturur ve daha sonra bir helezon veya kepçeli elevator vasıtasıyla bu çamur dışarıya tahliye edilir. Temizlenmiş hava bir grup su tutucu perdenin etrafından dolaştırılarak beraberinde fana ve dışarıya su taşınması engellenir (Şekil 1.24). Sulu tip filtrelerin en büyük



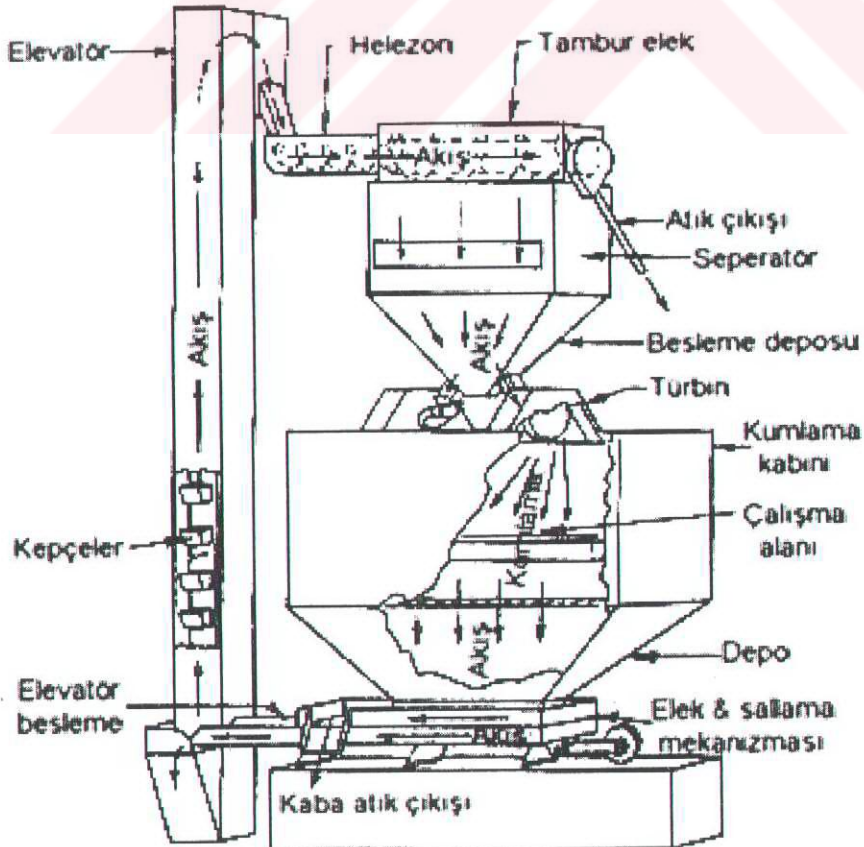
Şekil 1.24: Sulu tip bir filtre

avantajı büyük debilerdeki havayı kolayca temizlemesidir. Dezavantajları ise suyun korozyon etkisi, düşük sıcaklıklarda donması ve hava ile beraber buharlaşarak eksilmesidir.

1.3.3 Abrasif taşıma sistemi.

Abrasif taşıma sisteminin görevi kumlama makinasının bütün türbinlerine (havalı kumlama nozullara) yeterli miktarda abrasifi sürekli ve istikrarlı bir şekilde temin etmektir. Bu taşıma işi için yatayda helezon veya bantlı konveyörlerden, aşağıdan yukarıya taşımada ise kepçeli elevatörlerden faydalanılır. Abrasifin yukarıdan aşağıya hareketi için makinalar genellikle yer çekiminden yararlanacak şekilde dizayn edilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus abrasiflerin yer çekimiyle bir yerden diğerine kolaylıkla akabilmesi için yağ ve nemden arındırılmış olmalarıdır. Kumlama makinalarında ıslak veya çok yağlı parçaların kumlanması abrasiflerin taşıma sisteminin bir yerinde veya abrasif deposunda birbirine yapışarak sistemi tıkamasına sebep olur. Rahat akış için gerekli eğimin sağlanması da tasarımcıların dikkat etmesi gereken önemli bir husustur.

Tipik bir kumlama makinasında abrasif dolaşım sistemi Şekil 1.25'teki gibidir:



Şekil 1.25: Tipik bir abrasif dolaşım sistemi örneği

2. KUMLAMA YAPILARAK NE ELDE EDİLEBİLİR? NEDEN KUMLAMA YAPILIR?

Kumlama işlemi günümüzde birbirinden çok farklı ve bağımsız amaçlar için kullanılmaktadır. Tüm bu amaçları genel olarak 3 ana başlık altında toplayabiliriz:

2.1 Yüzey Temizleme ve Hazırlama.

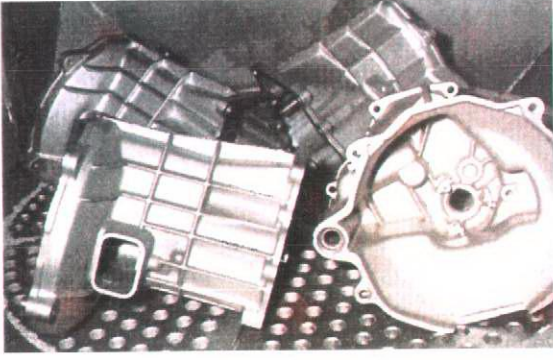
2.1.1 Döküm ve dövme sonrası temizleme.

2.1.1.1 Döküm kumu, döküm ve dövme sonrası çapakların temizlenmesi.

Döküm sonrası yüzey temizleme, parçaları döküm kumundan temizleme ve/veya döküm sırasında oluşan çapak ve yolluk izlerinin kaybedilmesi amacıyla kullanılır.

Döküm kumu özellikle girintili çıkıntılı parçalarda malzemenin üzerinde kalmakta ve tekrar kullanım amacıyla toplanması klasik metotlarla büyük iş gücü ve vakit gerektirmektedir. Bu iş için kullanılan kumlama makinelerinin en büyük özelliği döküm kumuyla bu kumu malzeme üzerinden dökmek için kullanılan abrasifin sonradan ayrılması için özel manyetik seperatörlere sahip olmalarıdır. Ayırıştırmanın kalitesi bu tip makinelerin ömrünü belirleyen en önemli kriterdir. Bunun sebebi silis ağırlıklı döküm kumunun abrasif bilyelerle beraber fırlatılması durumunda sertliği sebebiyle makine parçalarında büyük aşınmalara sebep olmasıdır. Döküm kumunun temizlenmesi amacıyla kullanılan makinelerde genellikle iri taneli S330 – S660 arası çelik bilye kullanılmaktadır.

Metal enjeksiyonlar veya kokil (çelik kalıba) dökümde ortaya çıkan yolluk izleri veya kalıpların birleşim yerlerindeki izlerin kaybedilmesi amacıyla da kumlamanın kullanılması oldukça yaygındır (Şekil 2.1). Bu tip kumlama işlemlerinde kumlanacak malzemenin cinsine göre çelik bilye, korund veya cam kürecikler kullanılır. Dökme demir ve çelik gibi parçalarda S170 – S230 çelik bilye kullanılırken alüminyum veya zamak malzemeler için S110 gibi daha ince çelik bilyeler kullanılmaktadır. Plastik, cam veya metal enjeksiyon kalıplarının temizliğinde de cam küreciklerle kumlama



Şekil 2.1: Alüminyum enjeksiyonla basılmış parçaların kumlanması



Şekil 2.2: Cam kalıplarının kumlanarak temizlenmesi

oldukça yaygındır (Şekil 2.2). Plastik enjeksiyonla basılmış parçaların çapaklarının ve yolluklarını kırılmasında daha çok vibratörler veya tamburlar kullanılsa da kayısı çekirdeği veya küresel plastik parçaların abrasif olarak kullanıldığı kumlama makinelerinin de bu amaçla kullanılması söz konusudur.

2.1.1.2 Yüzey parlaklığı elde etme.

Özellikle pirinç parçalarda enjeksiyon ve sıcak dövme sonrası kararmanın giderilmesi pirincin parlaklığının yeniden sağlanması amacıyla kimyasal ilaç katkılı vibrasyon makinelerinin yanı sıra kumlama makinelerinin de kullanımı oldukça yaygındır.

Manşon, patent dirsek, kapı kolu, cıvata, somun vs. imal eden firmalarda kumlama, çok düşük bir maliyete ürünlerin görsel değerini oldukça arttırdığı için üretim hattındaki standart makinelerden biri haline gelmiştir.

Kumlama işleminin asitle temizleme yöntemini tamamen ortadan kaldırdığı bir diğer yer de soğuk çekme yapan firmalardır. İster dört köşe, ister çubuk ister de kangal tel halinde olsun soğuk çekme ile düzgün malzeme elde etmenin püf noktası malzemenin pas ve tufaldan arındırılmış saf metal yüzeyine sahip olmasıdır. Elmas kafadan geçen malzemenin çapı küçülürken geçirdiği büyük plastik deformasyon, işlem sonrası malzemenin yüzeyi ile iç kısmının birbirinin içine geçmesi ile sonuçlanmaktadır. Bu sebeple yüzeydeki artıkların malzemenin içine itilmesi soğuk çekme sonrası malzemenin homojenliğine büyük bir tehdit oluşturur. Ayrıca istenmeyen bu oksit ve karbürlerin doğası gereği sahip oldukları sertlik, elmas kafanın kırılmasının da en önemli sebeplerinden biridir. Günümüzde çeliklerin herhangi bir işlem öncesi asit ile temizlenip sonra da soda ile nötrlenmesi yüksek

işletme maliyeti, düşük hız, zor bir işlem metodu ve çevre kirliliği yaratmaktadır. Kumlama işlemi tüm bu olumsuzluklara iyi bir çözümdür.

2.1.2 Boyama, kaplama veya bir yapıştırma öncesi pas, tufal, eski boya ve diğer artıkların temizlenmesi, yüzeyin pürüzlendirilmesi.

Boya öncesi yüzey temizliği çok kapsamlı bir konudur. Konuyu daha iyi anlayabilmek için öncelikle demir ve çelik gibi metallerde paslanmanın yapısını kısaca incelemek yerinde olur.

Metallerin korozyonunu incelerken metalleri demir (ferro) ve demir dışı (non-ferro) olarak ayırmak bize yardımcı olur. Çoğu demir dışı metaller oksitlendiklerinde kendilerini dış etkilere özellikle de oksijenin korozif etkisinden koruyucu bir tabaka oluştururlar. Örneğin alüminyum bir parça imal edildikten sonra oksijenle teması geçen yüzeyi çabucak oksitlenerek parçanın dış yüzeyini kaplayan dayanıklı bir oksit tabakasına sahip olur. Bu tabaka parçanın bundan sonra daha fazla oksitlenmesini engelleyen bir koruyucudur. Fakat demir ve demir alaşımları gibi malzemelerde durum farklıdır. Bu metaller daha yavaş oksitlendikleri halde oksitlerinin hacmi metalin kendi hacminden daha büyük olduğundan, meydana geldikleri metalin yüzeyine sığmazlar ve çatlayarak parçalanırlar. Bu çatlak ve parçaların arasından metal, oksijen ile temas etmeye devam ettiğinden, paslanmaya da devam eder. Bunun yanı sıra demir ile birçok demir oksit çeşidi arasında var olan yüksek elektro-potansiyel de paslanmanın hızlanarak artmasında etkilidir. Bu sebeplerle önlem alınmazsa demir (ferro) metallerde korozyon (paslanma) metal tükenene kadar devam eder.

Sıcak işlenmiş demir (ferro) metallerde pasın yanı sıra bir de tufal (meneviş) oluşumu vardır. Bu tufal çeliğin imalatı sırasında verilen ısı tarafından oluşturulmuş bir oksit kombinasyonudur. Genellikle yüksek sıcaklıklarda çelik yüzeyi oksijeni hızla emerek bu tufalı oluşturur ve bu çelik saclarda, şeritlerde ve NPI-NPU gibi yapı çeliklerinde çok sık görülmektedir.

Aslında bu tabaka yüzeyin oksijenle temasını kestiğinden oksitlenmeyi önleyici bir etkiye sahip olarak görülebilir. Ballard'a [2] göre düzgün, parçalanmamış, su geçirmez bir tufal tabakası yeterince iyi bir korozyon koruması sağlamaktadır. Bu tabi ki tufalın imalat, nakliye ve montaj aşamalarında ve daha sonra çalışma şartlarında kırılmadan dayanacağı varsayımına dayanmaktadır. Fakat genel olarak

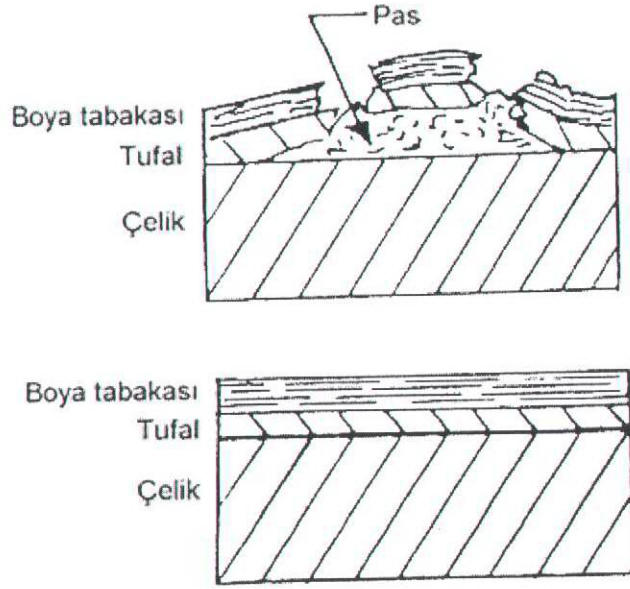
bu tufal zayıf ve bağ yapısı değişken olduğundan kolayca kırılır (Şekil 2.3). Bu sebeple bu tufal katmanının da kumlanarak tamamen sökülmesi gerekir. Kırılmış tufalın arasında meydana gelen oksitlenme temiz bir yüzeyde meydana gelen oksitlenmeden daha hızlı ve fazladır. Bunun sebebi tufal-çelik ikilisinin oksit-çelik ikilisinden daha büyük bir elektropotansiyel farka sahip olmasıdır. Fancutt ve Hudson'a [3] göre en uzun süreli koruma tufal ve pastan

tamamen arındırılmış bir yüzeyin boyanması ile elde edilebilir. Tufalın temizlenmesi burada önem kazanmaktadır, çünkü tufalın olduğu yerde zaten pas da mevcuttur.

Tufal ve pastan arındırılmış metal özellikle kaynak, markalama ve oksijenle kesme işlemlerinde çok büyük avantaj sağlamaktadır. X-ışını testlerinde kumlanmış parçaların kaynaklarında hata görülme oranının çok düşük olduğu belirlenmiştir.

Kumlama öncesinde sacın yüzey durumu da oldukça önemli bir faktördür. İmalat sonrası çelikleri bir süre bekletmek yüzeydeki tufalın parçalanıp dökülmesi için işe yarar bir yöntemdir. Bu sayede kumlama hızı artar ve işlem daha ekonomik hale gelir. Fakat gereğinden fazla bekleyen saclarda pasın ilerlemesi kumlamaya ters etki yapmaktadır. Özellikle derine işlemiş, zedeleyici korozyon ürünlerini sökmek oldukça zordur. Örneğin uzun süre açıkta kalmış çeliklerde oluşan demir sülfat bunlardan biridir.

Yağlı veya ince yağ tabakası ile kaplı metallerin kumlanması oldukça zordur ve kesinlikle önerilmez. Özellikle yuvarlak abrasif kullanılan operasyonlarda kumlama hızını oldukça düşürmektedir. Eğer yağdan temizlemek mümkün değilse grit (kırılmış, köşeli bilye) kullanılması tavsiye edilir. Fakat bu da kesin bir çözüm değildir, kumlama standardını korumanın tatmin edici tek yolu malzemenin yağdan arındırılması olacaktır.



Şekil 2.3: Tufal üzerinde boya tabakası. Tufalda oluşacak bir çatlak boya tabakasını da parçalayacaktır

Boya, kaplama veya yapıştırma öncesinde kumlamanın sağladığı yararlarından biri de yüzeyi pürüzlendirmesidir. Tüm kaplama işlemleri için işlemin yapılacağı yüzeyin belirli bir pürüzlüğe sahip olması gerekir. Bunun temel amacı boyanın veya kaplamanın tutunacağı yüzey alanını arttırarak sağlam bir boya/kaplama tabakasına sahip olmaktır. Fakat gereğinden fazla pürüzlülük de istenmeyen bir durumdur. Yüzeyi kapatmak için gereken örneğin boya miktarı artar.

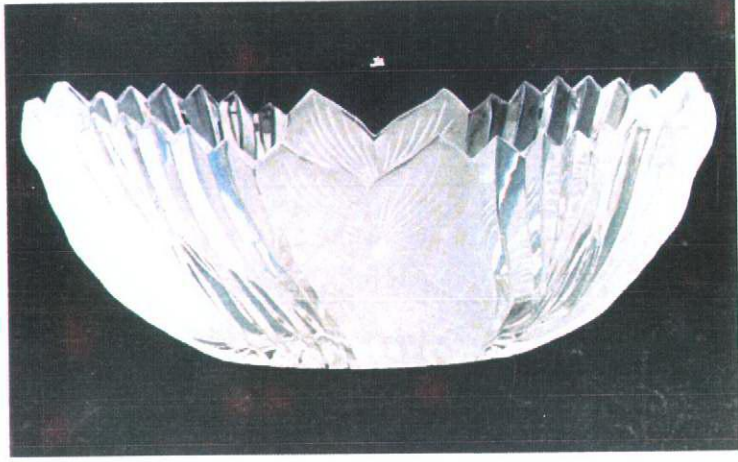
Bigos'un [4] hesaplarına göre maksimum yüzey pürüz genliği 50µm olan bir yüzeyi kaplamak için gerekli kuru boya kalınlığı yaklaşık 19µm'dir. McKelvie [5] ise 36'lık grit kullanılarak kumlanmış bir yüzeyde tepeleri kapatmak için 25µm kalınlığında boyanın gerekli olduğunu belirtmektedir ki bu boya, asıl korumanın başlamasından önce çukurları kapatmak için harcanan boyadır. Boya kalınlığı arttıkça, paslanmaya karşı koruma artsa da ekonomik olmaktan uzaklaşılır. Günümüzde boya kalınlığı yüzeydeki en yüksek tepesi 0.127 mm (0.005 inç) geçecek şekilde seçilmektedir. 0.254 mm'yi (0.010 inç) geçen tepcelere sahip pürüzlülükler pek ekonomik değildir. İyi boya tutan bir yüzey elde etmek için 0.0762 mm'yi (0.003 inç) geçmeyecek yüzey pürüzlülüğü önerilmektedir. İstenilen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için kullanılan abrasif çeşitleri ve büyüklükleri türbin hızlarına ve yüzeye olan mesafeye göre farklılıklar göstermektedir. Bu konu ile ilgili ölçümler tezin ilerleyen kısımlarında detaylı incelenmiştir.

Özellikle gemi inşa sanayiinde bir zorunluluk haline gelen kumlama işlemi tersanelerde imalat öncesi sacların kumlanıp tek kat astar boyanmasına vesile olmaktadır. Bu sayede sacın yüzeyindeki çatlaklar ve izler kolaylıkla fark edilip önem alınabilmektedir. Kumlanmış sacların kaynakları hem daha temiz hem de çok daha kolaydır. Saclar daha rahat markalanır ve tufaldan arındırılmış olduğundan oksijenle yapılan kesim işlemleri oldukça hızlanır. Kesim sırasında çalışma alanına demir oksit tozları çıkmadığından operatörlerin çalışma şartları da iyileştirilmiş olur.

2.1.3 Dekoratif bir yüzey elde etme.

Kumlamanın endüstride sıkça kullanılmasının bir diğer amacı ise dekoratif yüzey elde etmektir. Özellikle buğulu cam imalatının en pratik yolu cam yüzeyinin silis kumu ile kumlanmasıdır. Seramik yapıda olan silis kumu sahip olduğu yüksek sertlik sebebiyle çok aşındırıcıdır. Bu sebeple döküm paletler yerine sinterlenmiş nozullardan (memelerden) basınçlı hava ile püskürtülmesi daha ekonomik

olmaktadır. Parça yüzeylerinin istenmeyen yerlerinin maskelenmesi ve istenen belirli yerlerin kumlanması ile çok çeşitli desenlerin parça yüzeylerine işlenmesi ile oldukça basit ve etkili sonuçlar elde edilebilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Cam yüzeyine kumlama ile desen verilir.

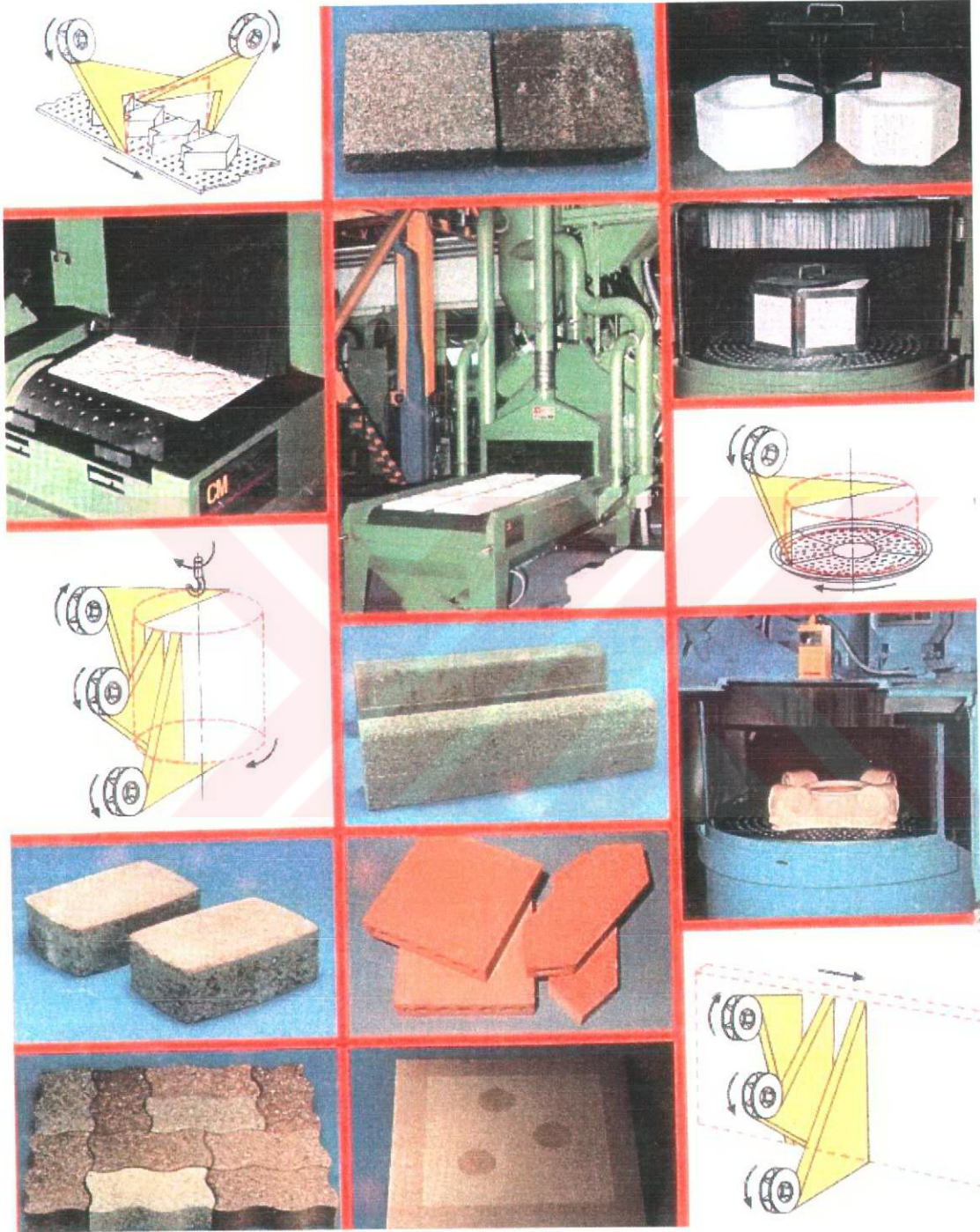
Bina cepheleri ve beton şehir mobilyalarına kumlama işlemi ile gözenekli ve yer yer eskitilmiş bir görünüm kazandırılmaktadır (Şekil 2.5). Plastik kalıplarında kalıp içine desen verme amacıyla da kumlama işlemi kullanılmaktadır.(Televizyon ön paneli, telefon, faks, buzdolabı vs. plastik aksamı). Bu gibi parçalarda pürüzsüz düzgün bir yüzeyden çok kumlanmış bir yüzeyin tercih edilmesinin bir sebebi de ışığın direkt yansımalarının engellenmesi ile yüzeydeki her hangi bir kusurun belirgin olarak görülmemesidir. Kot kumaş üzerine desen vererek eskitme işlemi (rodeo) da yine bir havalı kumlama işidir.

2.2 Yüzey Özelliklerinin Değiştirilmesi.

2.2.1 Yüzeyde artık basma gerilmeleri oluşturulması.

2.2.1.1 Yüzey gerilimlerinin homojen hale getirilmesi.

Yüzey gerilimleri malzemelerin yük altındaki mekanik dayanımlarında önemli etkilere sahiptir. Özellikle kaynak ve döküm gibi imal usullerinde yüksek ısı girdileri ve çabuk soğumalar sebebiyle malzeme içinde oluşan artık gerilmelere ve kaynak yerlerinde özellikle farklı metallerin farklı genleşmeleri veya farklı mikro yapıları dolayısıyla birbirleri üzerinde bıraktıkları artık gerilmelere pratikte sıkça rastlanır. Dayanımın çok kritik olduğu ve rastlansal ölçülemeyen etkilerin kabul edilmediği konstrüksiyonlarda bu artık gerilmelerin giderilmesinin bir diğer yolu da kumlama değildir. Genellikle ısı yolu ile oluşan bu gerilmelerin yine ısı yoluyla (örneğin normalleştirme tavlamaıyla) giderilmesi pratikte sıkça kullanılsa da oldukça maliyetli ve zaman harcayan bir işlemdir.



Şekil 2.5: Beton, tuğla, kiremit gibi seramiklere kumlama ile eskitilmiş bir görüntü verilebilir.

Basınçlı gaz tüplerinin kaynaktan sonra kumlama ile yüzey gerilimlerinin homojen bir basma gerilmesine sahip hale getirilmesi iyi bir alternatif örnektir. Basınçlı tüplerin kaynakla birleştirilmesi sonucu yüzeyde oluşacak artık çekme gerilmeleri, tüpün içi basınçlı gazla doldurulduğu zaman yüzeyde oluşturacağı çekme gerilmesine eşdeğer zorlanmalarla birleştiğinde tehlike yaratabilir. Bu sebeple yüzeyde artık bir basma gerilmesi oluşturulması bu tip parçalarda sıradan bir normalleştirme tavlama yapmaktan daha iyi neticeler vermektedir.

Kumlama işlemin tavlama işlemlerine göre daha ucuz ve hızlı olmasının yanı sıra bir diğer avantajı da daha kontrol edilebilir ve ölçülebilir bir işlem olmasıdır. İşlemin yüzeyde oluşturduğu gerilmelerin ölçülmesi ve kontrolü için işleme etkileyen parametreler tezin ilerleyen bölümlerinde daha detaylı olarak incelenmiştir.

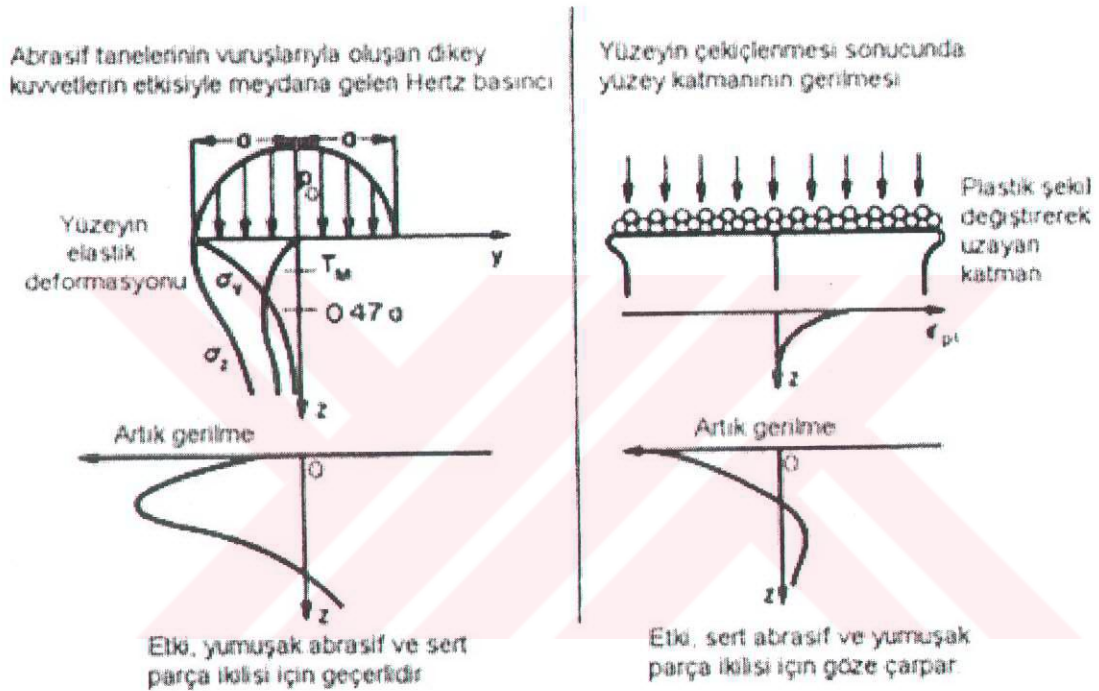
2.2.1.2 Metallerin yorulma, fretting (kemirme), pitting (pullanma, çukurlaşma), korozyon yorulması, tane içi korozyon ve gerilme altında korozyon kırılmasına karşı mukavemetlerinin arttırılması.

Makine parçalarının mekanik kırılmalarının sorumlusu genelde bu parçaların yüzeyleridir. Bunun sebepleri:

- 1) Yükleme durumuna göre değişse de çoğunlukla en büyük gerilmeler parçaların yüzeylerinde oluşmaktadır,
- 2) Parça yüzeyleri zararlı artık çekme gerilmelerini tutabilirler,
- 3) İçinde çalıştığı ortamdan en çok parçanın yüzeyi zarar görür.

Parçaların yüzey özelliklerini iyileştirerek yüzey dayanımlarının arttırmanın bir yolu da kontrollü kumlama işlemidir. İşlemin temel amacı belirli bir mesafeden küresel parçacıklar fırlatarak (dolayısıyla kompleks parçalara uygulanabilir) parça yüzeyinde belirli büyüklük ve derinlikte ön basma gerilmeleri oluşturmaktır. Eski çağlarda demircilerin kılıçları çekiçe dövmesinden günümüze kadar gelen bu yüzey işlemi yüzey liflerini sıkıştırmayı esas alır. Çelik bilye yağmuru yüzeyde radyal yönde ince, kalıcı bir gerilmeye yol açar ve yüzey lifleri akma dayanımlarının üzerinde bir çekme ile plastik şekil değiştirir. Dar bir bölgede kristal taneleri akmaya veya kırılmaya engel olacak şekilde yeniden düzenlenerek sıkışır.

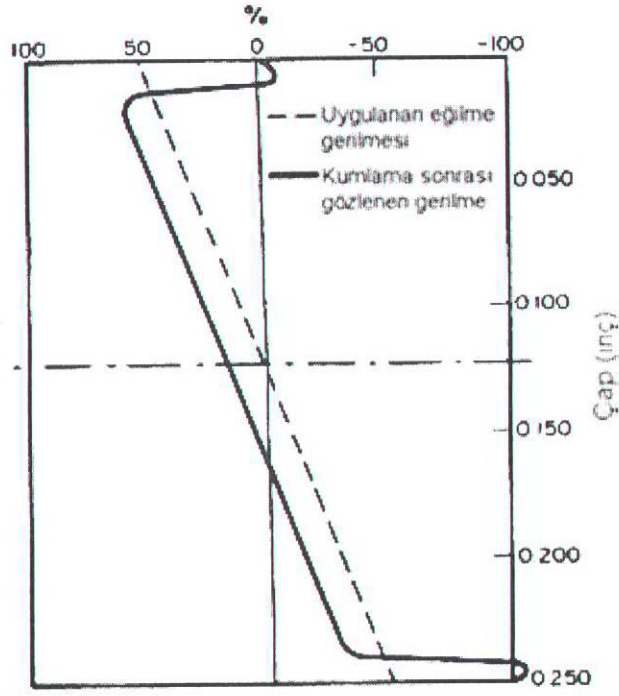
Wohlfahrt'a göre [6] kumlama ile artık basma gerilmelerinin oluşmasında 2 mekanizma etkilidir: (i) kumların yüzeyde açtıkları kraterlerle oluşan teğetsel kuvvetlerin yüzeyde plastik gerilmelere yol açması; (ii) kum vuruşlarıyla oluşan yüzeye dik kuvvetlerin Hertz basınçlarına bağlı yüzey altı gerilmeleri meydana getirmesi. Hertz teorisine göre bu basınç, belirli derinlikte artık basma gerilmeleri oluşturan maksimum bir kayma gerilmesine sebep olmaktadır. Her iki mekanizma birçok malzemede etkin olsa da birincisi yumuşak malzemelerde ikincisi ise sert malzemelerde daha baskındır (Şekil 2.6).



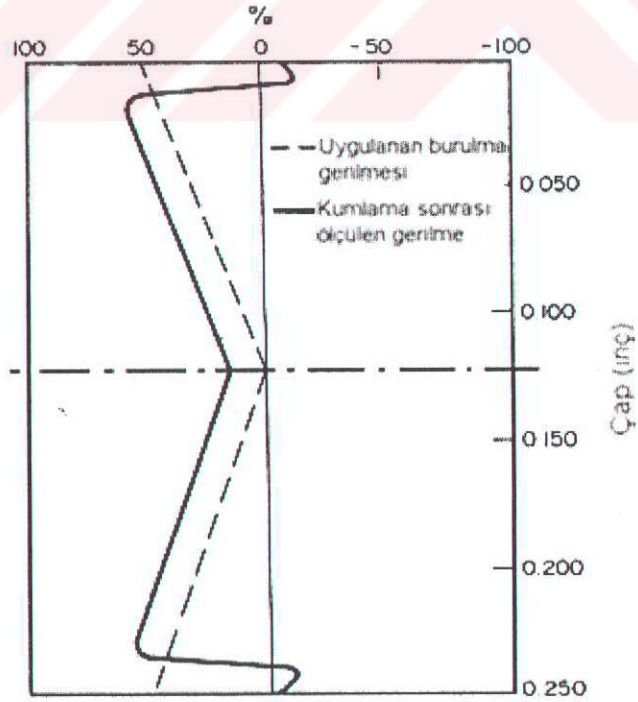
Şekil 2.6 Kumlamada artık gerilmelerin oluşumunun şematik gösterimi. Hertz basıncı (solda) ve yüzey katmanının direkt uzaması (sağda)

Yüzeyde oluşturulan basma gerilmelerinin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

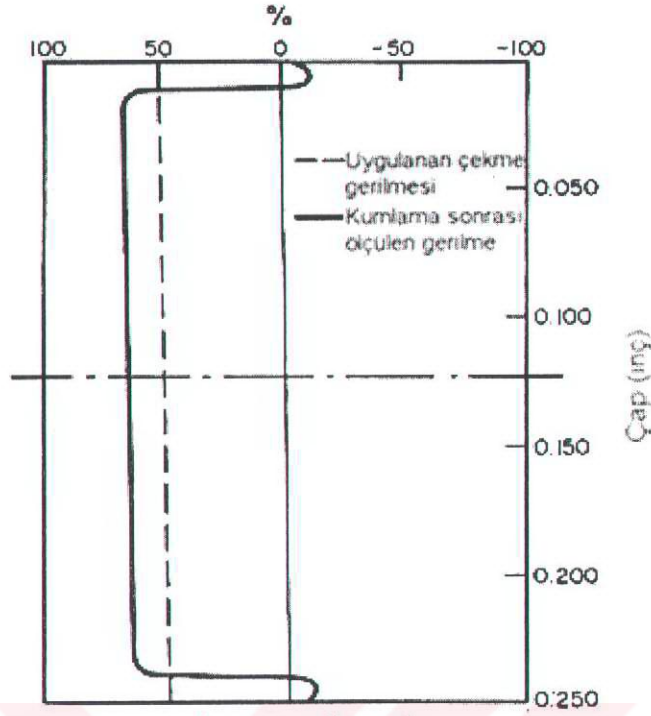
1) Yük etkisiyle yüzeyde oluşan çekme gerilmeleri azalacaktır. Özellikle eğilme ve burulma gibi zorlanmalarda yüzeyde oluşan en büyük gerilmeler kumlama sayesinde azaltılabilir fakat direkt çekme etkisiyle oluşan zorlanmalarda yüzey altı gerilmelerin büyümesi hesaba katılmalıdır (Şekil 7-8-9). Yüzeydeki maksimum artık basma gerilmesi, kumlama parametrelerine bağlı olarak değişse de ortalama olarak malzemenin çekme dayanımının %60'ı kadardır. [7]



Şekil 2.7: Kumlama ve eğilme zorlanması
---, Uygulanan eğilme gerilmesi —, Kumlanmış parçalarda ölçülen gerilme



Şekil 2.8: Kumlama ve burulma zorlanması
---, Uygulanan burulma gerilmesi —, Kumlanmış parçada ölçülen gerilme



Şekil 2.9: Kumlama ve çekme gerilmesi — — —, Uygulanan çekme gerilmesi —, Kumlanmış parçada ölçülen gerilme

2) İmalat sırasında ister mekanik ister termal, kimyasal veya elektriksel kaynaklı olsun yüzeyde oluşan gerilmeler yerine kumlama ile bilinen büyüklükte bir basma gerilmesi oluşturulur. Ayrıca yüzeydeki pürüzlülükler, mikro çatlaklar, tane arası saldırılar, metalürjik yapılar ve sertlik iyi yönde değiştirilebilir. Inconel 718 ile yapılan deneylerde imal usullerine göre farklı yorulma dayanımları elde edilirken, aynı parçalar kumlandığında yorulma dayanımları belirgin bir artış göstermiş ve birbirine yaklaşmıştır. [7]

3) Yüzeyde oluşturulan basma gerilmelerinin bir avantajı da yüzey kusurlarına dayanıklı bir yüzey yapısı elde edilmesidir. Yüzey üzerinde imalat, montaj veya çalışma şartlarında meydana gelebilecek çizikler, sıyrıklar ve izlerden yorulmanın başlaması ve ilerlemesi yüzeydeki basma gerilmeleri sayesinde oldukça yavaşlar. Bu sayede parçalar üzerindeki önceden hesaplanmayan çentikler sistemin güvenilirliğini tehlikeye düşürmez.

Kumlama işlemi parçaların elastiklik modülünü değiştirmez, parçaları daha tok hale getirmez veya yüksek gerilme düşük tekrarlı yorulma ömrünü arttırmaz. Örneğin bir telin ileri geri birkaç sefer bükülmesiyle kopmasının geciktirmez. Fuchs'un [8]

çalışmasının gösterdiği gibi eğer yorulma 1000 tekrardan daha az seferde meydana geliyorsa kumlama pek bir etki göstermemektedir. 100,000'in üzerindeki tekrarlar da oluşan yorulma durumunda ise kumlamanın etkisi hissedilir derecede artmaktadır.

Çeşitli makine parçalarının yorulma dayanımlarına kumlamanın etkisi ile ilgili örnekler verilebilir:

Kumlanmadığında ortalama yorulma ömrü 75,000 tekrar olan aks millerinin 6 adedi kumlandığında ortalama 379,013 tekrarda kırılmıştır. Yorulma ömrü %400 artmıştır.[9]

Tersine burulma ile yapılan yorulma testlerinde uçakların boğumlu bağlantı çubuklarının yorulma ömrü 80,000 psi gerilmede %106, 90,000 psi gerilme altında ise %63 artış göstermiştir.[9]

Kabaca polisaj yapılmış ve kumlanmış krank millerinin ince polisaj yapılanlara göre yorulma dayanımları %60 artmıştır.[9]

NE-9420 malzemeden sürücü pinyon dişlilerinde dişler ve kök yarıçapları kumlandığında yorulma ömrü %420 artmıştır. Diğer malzemelerde ise artışlar: MD-4815 – %85.3, NE-8724 – %44.5 ve A-4032 – %208'dir. Kırılma yapıları incelendiğinde kumlanmamış dişlilerde kırılma kökün içine doğru oluşurken kumlanmış parçalarda kök hizasına yakın düz bir kırılma görülmektedir.[9]

Yağda soğutulmuş (53 Rc) krom-silikon 21 adet helisel yayla yapılan kumlama testlerinde yorulma ömrü yaklaşık %2000 kadar artmıştır.[9]

Yaprak yayların karşılaştırmalı bir testinde kumlanmış yaylar 502,470 tekrarda 3 çatlak oluştururken, kumlanmamış yaylar 226,901 tekrarda 89 adet çatlak meydana getirmişlerdir.[9]

M-18 motor soğutma fanlarının kaynak yerleri kumlandığında ömürleri 3 kat artmıştır. [9]

Gerilme altında korozyon kırılmasına karşı da kumlama çok etkili bir çözümdür. Magnezyum alaşımı test çubuklarıyla yapılan deneylerde potasyum-kromat ve sodyum-clorid çözeltisine batırılan örnekler ortalama 120 saniye içinde kırılmışlardır. Benzer örnekler küresel demir granüllerle kumlandığında aynı çözelti içinde 10 gün boyunca kırılmadan ve korozyona uğramadan kalmıştır. Benzer bir biçimde soğuk çekme pirinç kupalar amonyak yoğun bir atmosferde 2.5 saat içinde

tamamen kırılırken, kumlanmış 2 örnekten biri 19 saat diğeri ise 47 saat dayanmıştır.[9]

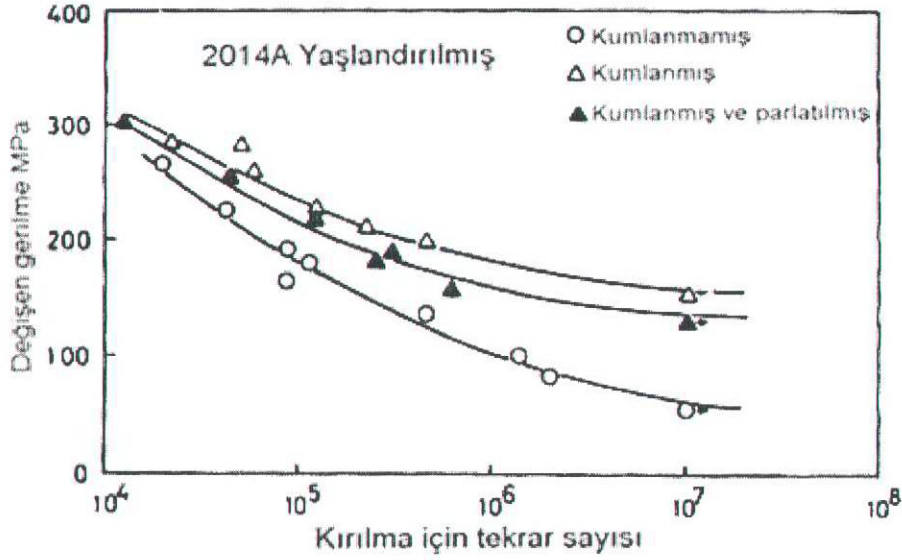
Birbirine temas eden yüzeylerdeki anlık, karşılıklı kayma hareketleri sonucu oluşan fretting (kemirme), vibrasyon veya mekanik hareket nedeniyle tekrarlı zorlamaların olduğu cıvata bağlantılarında, yük taşıyan mile bağlı rulman yataklarında, pres yuvalarında veya yük taşıyan uygulamalarda sıkça görülmektedir.

İki yüzeyin birbirine belirli bir kuvvet altında temas etmesi, gerçekte yüzeydeki pürüzlerin ve çıkıntıların birbirine temas etmesidir. İrtibat alanının genellikle çok küçük olması bu bölgelerdeki gerilimin akma dayanımının çok üzerinde olmasına ve bu bölgelerin birbirine soğuk kaynak ile bağlanmasına sebep olmaktadır. Yüzeyler arasındaki bağıl hareketler söz konusu olduğunda bu temas noktaları kopar ve meydana gelen parçacıklar yüzey pürüzleri arasında kalır. Bu durum karşılıklı hareket sonucunda yüzeyde pitting (çukurlara) takiben de yorulma çatlaklarının oluşumuna sebep olmaktadır.

Fretting (kemirme), ilerleyen bir yorulma çatlağının oluşmasını oldukça hızlandıran bir tür aşınmadır. Çatlakların oluşumu, metal-metal temasının var olduğu ve yüzey pürüzlerinin bölgesel kaynaklarının meydana geldiği ilk birkaç bin tekrar sırasında meydana gelir. Temas sonucu oluşan yorulmaların önlenmesi amacıyla yapılan yüzey işlemlerinin bir diğer amacı da oluşmuş çatlakların ilerlemesini engellemektir. Bu tip yorulmaları engellemek amacıyla her hangi bir yüzey işlemi önermeden önce bağlantının yapısını incelemek önemlidir. Yüzeyler arası sürtünme katsayısını azaltacak yöntemler, örneğin düşük sürtünme katsayılı malzemeler veya sıvı, katı yağlayıcılar kullanmak bu tarz yorulmaları engellemenin iyi bir yoludur fakat bağlantı civatalı veya perçinli bağlantılarda olduğu gibi yük taşımak, özellikle kayma gerilmeleri taşımak amacıyla yapılmışsa azalan sürtünme katsayısı yükün büyük bir kısmını cıvata veya perçinlere aktaracağından uygun olmayacaktır.

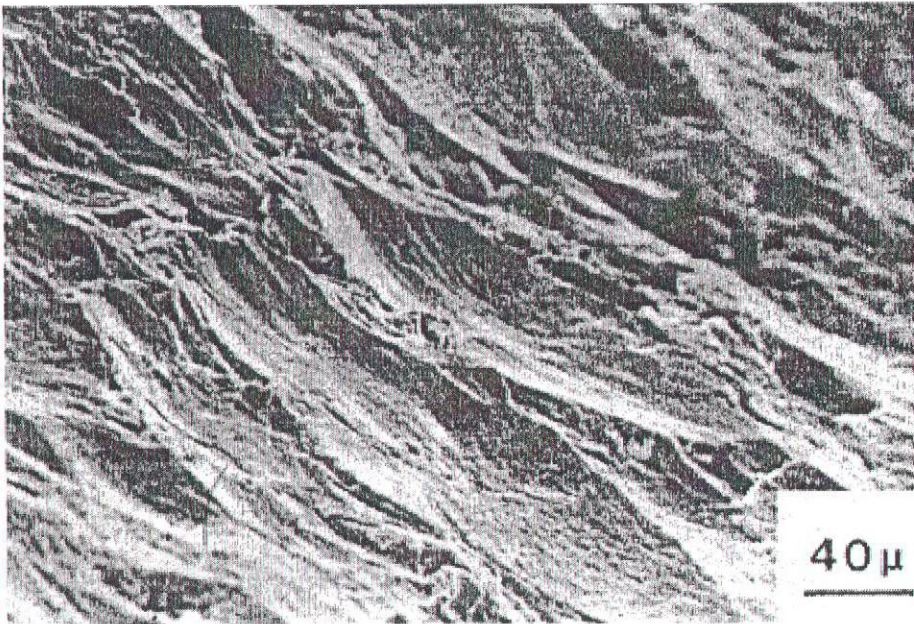
Kumlama işlemi fretting (kemirme) yorulma ömrünün uzatılmasında oldukça başarılıdır (Şekil 2.10). Alüminyum alaşımlarıyla yapılan testlerde kumlanmış parçalar basit yorulma zorlanmalarında %50'lik bir ömür artışı sağlarken, fretting (kemirme) sonucu yorularak kırılan parçalarda ömür artışı %130'lara kadar çıkmıştır.

[10] Kumlama işlemi, yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği ve yüzey gerilmeleri gibi fretting (kemirme) üzerinde oldukça etkili parametreleri büyük oranda değiştirebilir.



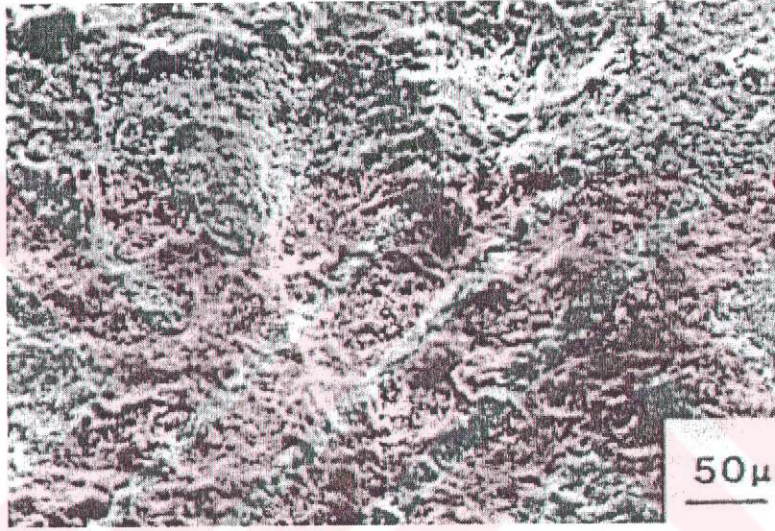
Şekil 2.10. 2014A Al-Cu-Mg alaşımı için S-N eğrileri
Fretting (kemirme) durumunda dört noktadan eğilme
zorlanmasıyla test edilmiştir

Kumlama sonucu Al 2014A alüminyum alaşımının yüzeyinde oluşan kraterler Şekil 2.11'de görülmektedir. Bu sayede yüzeyde oluşturulan basma gerilmeleri, fretting (kemirme) sırasında oluşturulan çekme gerilmelerini azaltmakta dolayısıyla çatlakların ilerleme hızını düşürmektedir. Kumlama ile yaratılan bu artık gerilmelerin bir diğer yararı ise yorulma ile ilerleyen çatlakların yönünü değiştirmesidir. Yapılan deneylerde kumlanmış parçalarda çatlak yüzeye paralel veya dar bir açı ile ilerlemektedir.

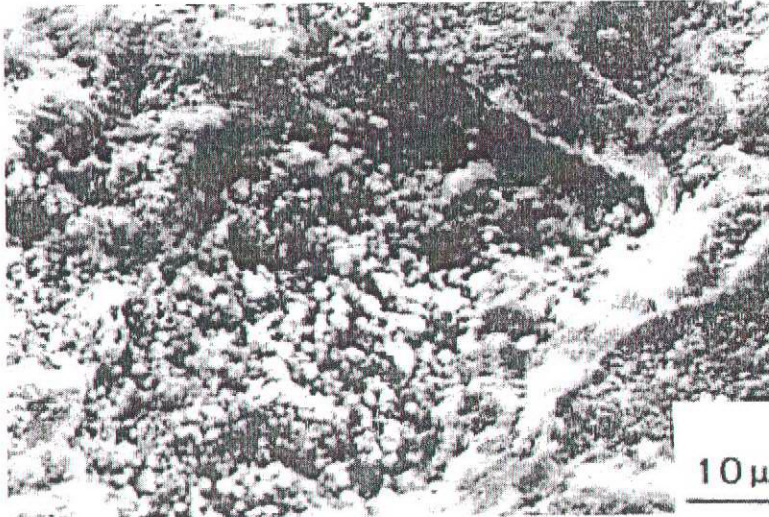


Şekil 2.11: Taramalı elektron mikroskobu ile çekilen kumlama sonrası Al-Cu-Mg alaşımı yüzeyi.

20°C’de doğal olarak yaşlandırılmış ve 185°C’de suni yaşlandırılmış 2014A alüminyum alaşımları üzerinde yapılan deneylerde daha sert bir yüzeye sahip olan suni yaşlandırılmış denekte ömür artışı daha fazla olmaktadır. Bu tip yorulmalarda kumlamanın sebep olduğu başka bir ilginç durum ise yüzeyden kopan parçaların 1-2µm çapında küresel parçacıklar oluşturmaktadır. Kemirme sonrası yüzey incelemelerinde bu parçacıklar mikroskop altında son derece belirgin bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 2.12 ve 2.13). Fretting (kemirme) sırasında bu parçacıkların metaller arası sürtünme katsayısını düşürdüğü ölçülmüştür [10]. Artan tekrar sayısı ile beraber kumlanmamış örnekler arası sürtünme katsayısı giderek artarken kumlanmış parçalarda bu oran azalmaktadır.

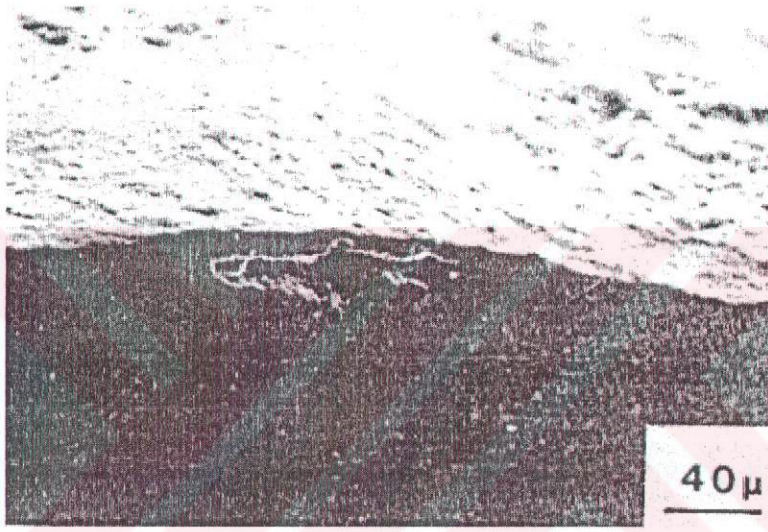


Şekil 2.12: $1,5 \times 10^6$ tekrar ile oluşan fretting (kemirme) sonucu 2014A alaşımındaki yüzey hasarı.

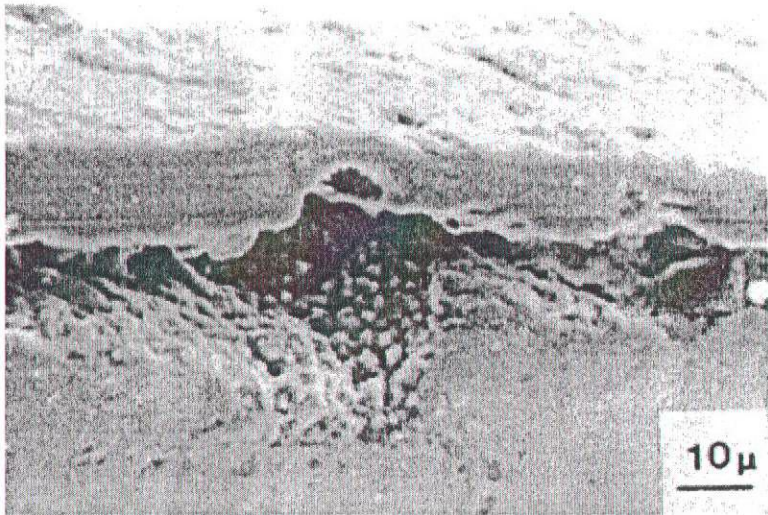


Şekil 2.13: Yüzey hasarı ile beraber oluşan küresel parçacıklar

Daha yumuşak olan doğal yaşlandırılmış alüminyum parçalarda kumlama işlemi yorulma ömrünü arttırmasının yanında, büyük plastik değişimlerle metalin yüzeyde kendi üzerine katlanması gibi bazı yüzey kusurlarına da sebep olmuştur. Bununla beraber yüzey altında oluşan oyuklar ve çatlaklar, yorulmaya sebep olan çatlak ilerlemesinin en önemli başlangıç yerleridir. Yüzey altında ama yüzeye paralel oluşan bu oyuklar aynı zamanda, çatlakların kumlanmış parçalarda yüzeye paralel ilerlemesinin de bir sebebidir (şekil 2.14 ve 2.15).



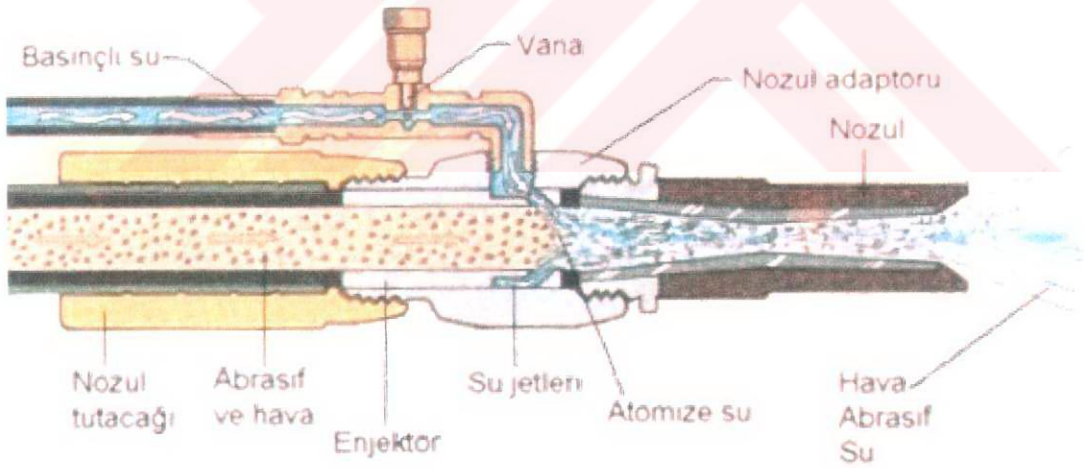
şekil 2.14: 260 MPa genlikte $1,7 \times 10^6$ tekrar sonucu kumlanıp parlatılmış örnekte oluşan yüzey altı hasarı.



şekil 2.15: Yüzey altındaki oyuğun büyütölmüş hali. Oyuğ küresel parçacıklarla doludur.

2.2.2 Yüzey pürüzlülüğünün homojenleştirilmesi, keskin kenarların yuvarlatılması.

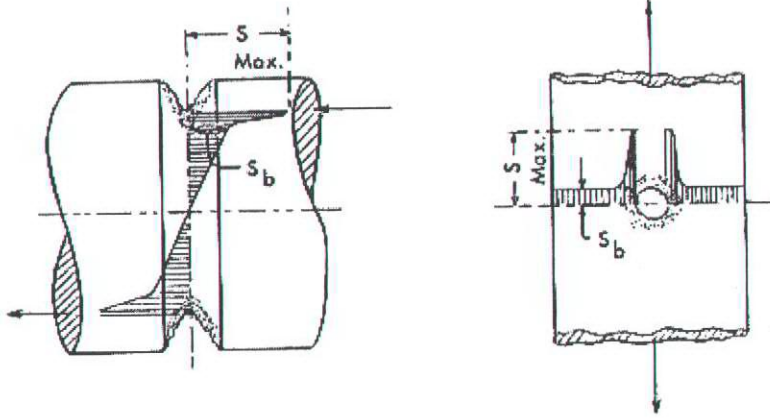
Kumlama ile çok ince ve homojen bir pürüzlülüğe sahip, göreceli olarak düzgün yüzeyler elde edilebilir. Özellikle küçük çaplı, yumuşak abrasiflerin su ile beraber basınçlı hava yardımıyla fırlatılması sonucu suyun yastıklama etkisiyle de yüzeyde daha yumuşak bir etkinin elde edilmesi mümkündür (Şekil 2.16). Otomotiv endüstrisinde parlamayan düzgün yüzeylerin elde edilmesi amacıyla kumlama kimyasal metotların yerini almaktadır. Örneğin paslanmaz çelikten imal edilen otomobil silecek kollarının matlaştırılması amacıyla 75-100 μm çapında cam küreciklerle kumlama yapılmaktadır. Bu iş için gerekli bir kumlama makinası kimyasal banyoların kapladığı yerin beşte birini kaplarken aynı zamanda işletme maliyetlerini büyük ölçüde düşürmekte ve kimyasal matlaştırma sırasında sıcaklık problemleri ile meydana gelen gecikmeleri önlemektedir. [1]



Şekil 2.16: Hava ve suyu karıştıran sulu kumlama nozulu

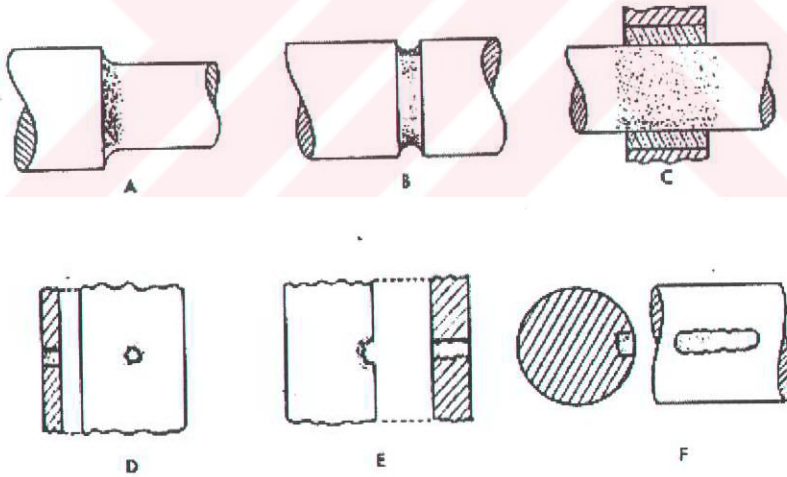
Makine parçalarında yorulma sonucu kırılmaların en genel görüldüğü yerlerden biri de malzemelerin formundaki ani değişimlerin olduğu, delikler, çentikler, faturalar, cıvata dişleri veya kama kanallarıdır. Bu tip bölgelerde oluşan gerilme yığılmalarının yaratacağı sorunları önlemek amacıyla bu tip yerler özel olarak kumlanabilir (Şekil 2.17). Bu gibi yerlerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta kullanılan abrasiflerin yarıçaplarının malzemenin form değişim yerlerindeki yarıçaptan küçük

olmasıdır. Bu tip kumlama işlemleri bölgesel olarak malzemenin dayanımını arttırdığı gibi yüzeyin yeniden yoğrularak oluşturulması gibi bir işlevi de üstlendiği için yüzeyde önceden var olan mikro çatlaklar gibi yüzey kusurlarının da kapatılmasında oldukça yararlıdır.



Şekil 2.16 - Kumlanmış metal

Gerilme yığılmalarını önlemek amacıyla kumlama



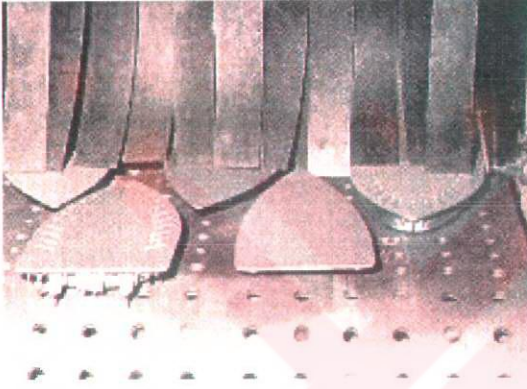
Şekil 2.17: Çentiklerin, deliklerin, kama kanallarının, segman yuvalarının, kesit değişimi olan yerlerin vs. kumlanması

2.2.3 Yüzey alanının arttırılması.

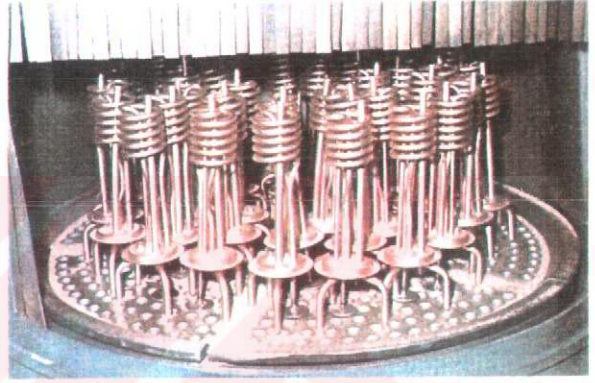
Kumlamama ile parçaların yüzey alanları artırılabilir. Bu alan artışı temelde yüzeyin pürüzlendirilmesiyle sağlanmaktadır. Pürüzlülüğün derecesini en fazla etkileyen parametre kullanılan abrasifin cinsidir. Yapılan deneylerde çelik bilya ile kumlanmış

yüzeylerde ortalama pürüzlülük $R_a=9,0 \mu\text{m}$, çelik bilyaların kırılmasıyla elde edilen köşeli çelik grit ile yapılan kumlamada $R_a=11,4 \mu\text{m}$ iken kesilmiş tellerle yapılan kumlamada elde edilen ortalama pürüzlülük $R_a=14,8 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. [11] Görüldüğü gibi sivri köşeli abrasiflerin yüzey arttırma etkisi daha fazladır. Kumlamada kullanılan abrasiflerin çeşitleri ve özellikleri üçüncü bölümde detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Yüzey alanı, boyama, kaplama gibi işlemlerin yanı sıra ısı transferi için de vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu sebeple ütü tabanları (Şekil 2.18), ısıtıcı rezistanslar (Şekil 2.19), çelik tencere tabanları vs.. gibi parçaların kumlanması çok yaygındır.



Şekil 2.18: Ütü tabanlarının kumlanması



Şekil 2.19: Isıtıcı rezistansların kumlanması

2.3 Malzemelerin Şekillendirilmesi.

Kumlamayı yalnız bir yüzey işlemi olmaktan çıkaran bir diğer kullanım amacı da malzemelere form vermektir. Bu amaçla ilk makina Tilghmans Ltd. şirketi tarafından Waybridge, İngiltere'deki Vickers Ltd için 20 m boyunda 1,80 m genişliğinde uçak kanat panellerinin şekillendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Makine, bir kumlama odası, standart abrasif geri kazanım sistemleri ve toz ayırma ünitelerinden meydana gelen bir sac kumlama makinasıdır. Tek bir ayarlanabilen türbin içeren makinada parça, rulo konveyör vasıtasıyla istenen hızda türbinin önünden geçirilerek şekillendirilmektedir. İstenen eğimin verilmesi için türbin dönüş hızı ve parçanın ilerleme hızları kontrol altında tutulmaktadır. İlk makinanın ardından A.B.D.'de dahil olmak üzere birçok ülkede basınçlı hava ile de çalışan birçok makine imal edilmiştir [1]. Günümüzde basınçlı hava ile istenen yakınlıkta ve tekrarda, son derece

esnek açılarla kumlama yapılabilmesi, istenen eğimin hassas biçimde ölçülerek belirlenebilmesiyle kumlama işlemini gündemde tutmaktadır.

Kumlama ile metalin doğal yüzey gerilimleri ortaya çıkarken aynı zamanda basma gerilmeleri de oluşturulmaktadır. Bu doğal gerilimlerin açığa çıkması malzemeye şekil veren kenar kalkışını sağlar, kumlama etkisi de malzemenin yorulmaya karşı dayanımını artırır. Özellikle gerilim altında korozyona karşı kumlamanın sağladığı yarar uçak sanayi uygulamaları için son derece değerlidir.



3. KUMLAMA MEKANİZMASINA ETKİYEN PARAMETRELERİN TANIMLANMASI.

3.1 Abrasif Sertliği, Cinsi ve Büyüklüğü.

Kumlama kalitesine kullanılan abrasifin fiziksel özelliklerinin etkisi oldukça büyüktür. Abrasif tanelerinin sertliği istenen temizleme hızına, temizlenmesi gereken malzemenin özelliklerine, istenen yüzey pürüzlülüğüne ve belirlenen işletme giderlerine göre değişiklik gösterir. Sertlik tanım olarak deformasyona, şekil değiştirmeye karşı gösterilen dirençtir. Dolayısıyla fırlatılan tanecikler ne kadar sert olursa kendileri o kadar az şekil değiştirirler ve parça yüzeyinde o kadar çok iş yaparlar. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi kumlanacak malzemeye de bağlı olarak belirli bir sertliğin altındaki abrasiflerin kumlama amacıyla kullanılmaması gerekir. Parçacıkların kırılması ve ufalanması büyük bir enerji kaybının yanı sıra abrasifin de



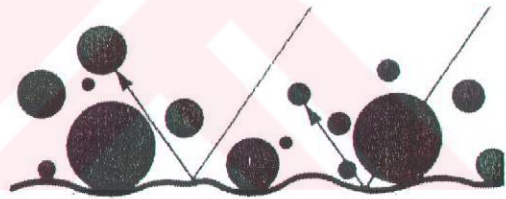
Şekil 3.1: Bilya ve kumlanan parça arasındaki sertlik ilişkisi

kullanılmaz hale gelmesinin bir sebebidir. Bu yüzden sert ama aynı zamanda kırılğan abrasifleri kullanmak hatalıdır. En az kırılma oranına sahip en sert parçacıklar, en tok olanlar optimum sonucu verir. Abrasif sertliği temizleme hızıyla da doğru orantılıdır ve sertlik arttıkça temizleme hızı da artar. Sertlik aynı zamanda temizliğin kalitesini de belirleyen bir faktördür. Kumlanacak parça derin oyuklar ve güçlü bağ yapılarına sahip kompleks oksitler içeriyorsa bunları parçalamak için sert abrasiflere ihtiyaç duyulur. Sertliğin getirdiği bir diğer avantajda abrasiflerin çarptıkları yüzeyden sekme oranını arttırmasıdır. Bu sayede dar girintiler ve direkt kumlanmayan yüzeyler seken abrasiflerle kumlanabilir. Abrasiflerin sekerek çarptıkları yerden uzaklaşması

aynı zamanda başka abrasiflerin aynı yere çarpabilmesi için önünü açması bakımından da önemlidir.

Kumlanacak malzemeye, kumlama amacına, istenen yüzey geometrisine, yüzey pürüzlülüğüne ve temizlenmek istenen kirliliğe bağlı olarak abrasiflerin şekli ve cinsi de değişir. Çelik bilyeler, kırılmış çelik bilyelerden oluşan sivri köşeli çelik grit, küçük kesilmiş çelik tel parçaları en çok kullanılan abrasif çeşitleri olsa da deniz kumu (silis kumu), alüminyum oksit tozları, küçük çaplı cam kürecikler, korund ve kırılmış kayısı çekirdeği de çeşitli kumlama işleri için abrasif olarak kullanılmaktadır. Yüksek sertliğe sahip ama kırılğan cam gibi parçaların kumlanması amacıyla silis kumu havalı kumlama makinalarıyla püskürtülür. Dökümden çıkan parçaların kumunu dökmek amacıyla iri taneli çelik bilyalar, yüzey arttırmak amacıyla yapılan kumlama işlerinde ise köşeli grit abrasif olarak kullanılmaktadır. Kütlesi büyük olan parçacıklar santrifüj etkisiyle fırlatılırken çok sert veya hafif abrasivler basınçlı hava ile püskürtülmektedir. Abrasifler aynı zamanda birbirleriyle karıştırılarak da kullanılabilir. Abrasiv karışımı bir döngü içinde sürekli püskürtüldüğünden karışımın şekli sürekli olarak değişir. Çelik bilyalar genelde yuvarlak formlarını koruyarak aşınırlar ve çapları giderek küçülür. Grit abrasifler ise kimyasal yapılarına ve geçirdikleri ısı işlemlere göre keskin köşelerini kaybederler veya parçalanarak kesin köşeli ama küçük parçacıklar oluştururlar. Kesilmiş tel parçaları ilk püskürtülürken silindiriktir ama zamanla kenarları yuvarlaklaşır ve küresel bir form alırlar.

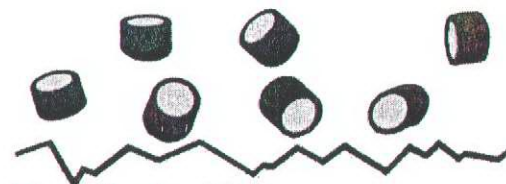
Farklı abrasiflerin yüzeyde oluşturduğu farklı formlar Şekil 3.2’de görülebilir. Keskin köşeli abrasifler keskin iniş çıkışlı bir yüzey pürüzlülüğü yaratırken temizleme hızını da arttırırlar. Fakat bu keskin iniş çıkışlar yüzey kusurlarına sebep olabilir. Özellikle dekoratif amaçlı



Çelik Bilye



Açılı Grit



Kesilmiş Tel

Şekil 3.2: Farklı aşındırıcılarla elde edilen yüzey profilleri

kumlama işlemleri için grit veya tel parçaları gibi keskin köşeli abrasifler pek uygun değildir. Çelik bilyalar ise daha yumuşak bir yüzey dokusu oluştururlar. Her ne kadar temizleme hızları köşeli abrasiflere göre düşüktü olsa makinanın kendisine daha az hasar verirler. Türbin paletlerinde yapılan testlerde yüzey temizleme hızının paletlerin aşınmasına oranının farklı abrasifler için bilyeler nazarında daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Çelik abrasiflerin imal usulleri de mukavemetlerini belirleyen önemli bir faktördür. Çelik bilya veya grit gibi abrasifler erimiş madene su püskürtülerek bir çeşit döküm usulü ile imal edilirken tel parçacıkları soğuk çekilmiş telden kesilir. Telin imal usulünün getirdiği avantajla telden kesilmiş abrasifler daha tok ve çok daha az kırılabilir ve az şekil değiştirerek uzun süre kullanılabilir.

Abrasif tanelerinin büyüklüğü kumlama işlemini oldukça etkileyen bir diğer faktördür. Kumlama temelde çarpma etkisine dayandığından abrasif tanelerinin sahip olduğu momentum ve buna bağlı kinetik enerji önemlidir. Parçacıkların fırlatılma hızı türbin motorlarının dönüş hızıyla veya havalı kumlamada hava basıncı ile bağlantılıdır. Bu değişkenleri santrifüjle kumlama yapan makinalarda değiştirmek çok zor olduğundan en etkili sonucu verecek kütleye sahip abrasif tanelerinin seçimi kinetik enerjinin değişimi için tercih edilebilecek bir yoldur.

Bilye, grit veya kesilmiş tel parçaları gibi kumlama işleminde baskın olarak kullanılan abrasiflerin büyüklükleri SAE standartları ile belirlenmiştir. Büyüklüklerin belirlenmesi abrasif parçacıklarının çeşitli delik çaplarına sahip eleklerde elenmesi yoluyla sağlanır. Ortalama olarak belirli bir elek üzerinde biriken parçacıklar toplanarak numaralandırılır ve aynı numaradaki bilyeler aynı torbalarda toplanarak sınıflandırılır. Tablo 3.1’de çelik bilyelerin numaralandırılışı görülebilir. Abrasifler imalatçılar tarafından bu numaralara göre satılırlar. Etkili bir kumlama için kullanılan abrasifin çeşitli çaplarda olması tercih edilir. Büyük abrasifler sahip oldukları büyük kinetik enerji ile iyi bir çarpma ve dolayısıyla etkili bir temizleme sağlarken küçük çaplı abrasifler yüzey pürüzlülüğünü düzenleyip yüzeyin her noktasının kumlanmasına yardımcı olur. Unutulmamalıdır ki bir türbinin dakikada fırlattığı abrasif taneleri sayısı abrasif çapları küçüldükçe artmaktadır. Abrasif karışımı bir döngü içinde defalarca kullanıldığından aşınarak küçülmüş ve kırılmış parçacıklar da içerir. Bu sebeple düzenli aralıklarda az miktarda abrasif eklemek hem toza dönüşerek eksilen abrasifleri tamamlamak hem de karışımdaki abrasif büyüklüğü oranının sabit tutmak bakımından yararlıdır.

Tablo 3.1: Çelik bilyelerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması

SAE Bilye Büyüklükleri

SAE Bilye No	Elektro Çapları mm	Bilye	S-780	S-660	S-550	S-460	S-390	S-330	S-280	S-230	S-170	S-110	S-70
7	0.111	2.80	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
8	0.0937	2.36	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
10	0.0787	2.00	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
12	0.0661	1.70	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
14	0.0555	1.40	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
16	0.0469	1.18	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
18	0.0394	1.00	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
20	0.0331	0.85	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
25	0.0280	0.71	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
30	0.0232	0.60	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
35	0.0197	0.50	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
40	0.0165	0.42	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
45	0.0138	0.35	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
50	0.0117	0.30	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
80	0.007	0.18	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
120	0.0049	0.12	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye
200	0.0029	0.07	Hepsi Geçer	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye	Bilye

Abrasif taneleri belirli bir döngü sonunda hem sertleşir, hem de tozdan arınıp parlaklaşarak optimum yüzey temizleme aracına dönüşürler.

3.2 Abrasifin Fırlatılma Hızı, Mesafesi ve Çarpma Açısı.

Kumlama işlemi için uygun (optimum) abrasif püskürtme hızı 80 m/san.'dir. Basınçlı hava ile kumlamada uygun abrasif hızını temin etmek için nozul (meme) 'deki hava basıncı yaklaşık 5 bar (75 psi) olmalıdır. Basıncıdaki artış püskürtülen abrasif hızını da arttıracaktır. Nozulun (memenin) kanal şekli de kumlama hızını etkiler. Örneğin düz kanallı bir nozul 7 bar basınçta 100 m/san. hız sağlarken ventüri kanallı bir nozul aynı basınçta 200m/san. hız sağlayabilir [11]. Türbin vasıtasıyla yapılan kumlama işlemlerinde abrasif hızı türbinin disk çapına ve dönüş hızına bağlıdır. Uygun abrasif hızı elde etmek için türbin dönüş hızları bazı standart disk çaplarına göre şu şekilde sıralanabilir:

495 mm (19,5 inç) disk çapı için 2250 dev./dak.

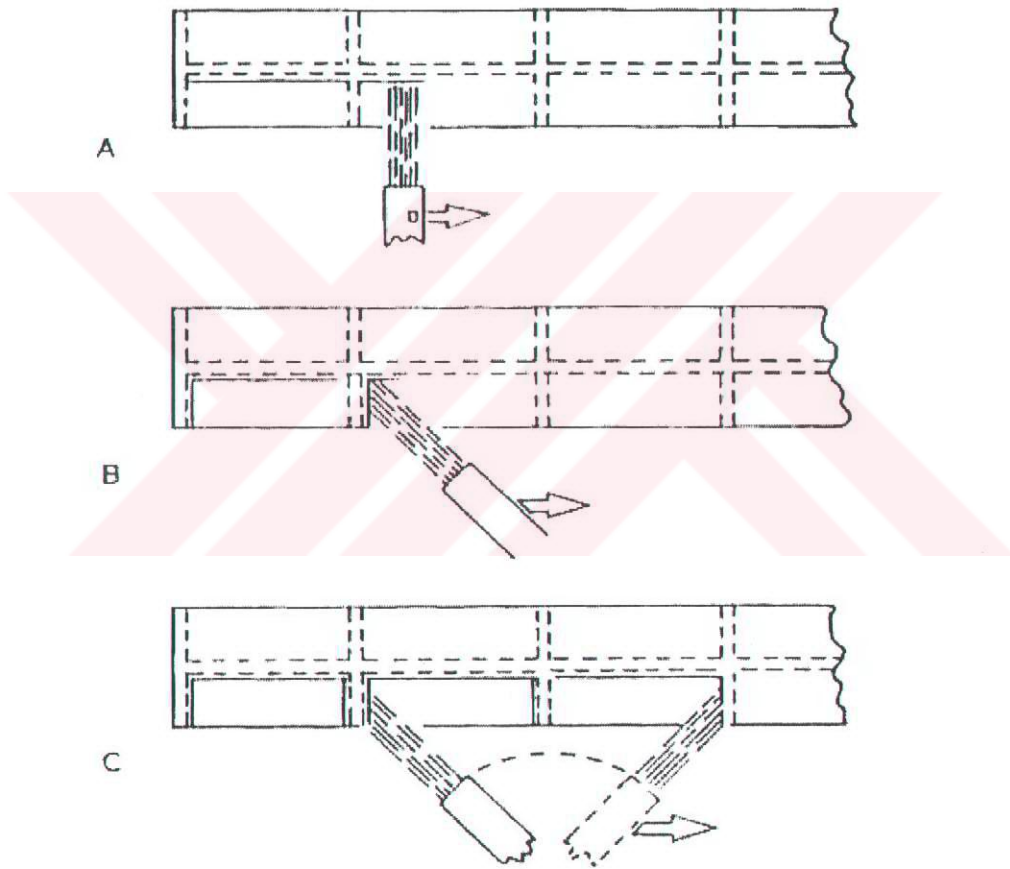
381 mm (15 inç) disk çapı için 2950 dev./dak.

305 mm (12 inç) disk çapı için 3250 dev./dak.

Türbinin veya havalı kumlamada nozulun kumlanacak parçaya uzaklığı özellikle yüzeyin her noktasının kumlanması ve püskürtülen abrasifin tümünün parçaya isabet etmesi bakımından önemlidir. İster türbinden, ister havalı kumlama nozulundan (memesinden) püskürtülsün abrasif demeti birim alana daha az abrasif tanesi düşecek şekilde gittikçe genişler. Bu sebeple kumlama makinalarında türbinler/memeler kumlanacak parça yüzeyinde olabildiğince geniş bir alanı kumlayacak ve parça dışında herhangi bir yer direkt olarak kumlanmayacak şekilde yerleştirilir. Örneğin vana, patent dirsek gibi ürünlerin topluca kumlandığı bir kumlama makinasında türbin, parçalar küçük olduğu için olabildiğince parçalara yaklaştırılmalı ama büyük çelik konstrüksiyonlarda türbinler parçayı olabildiğince geniş biçimde görebilecek bir şekilde yerleştirilmelidir. Büyük parçaların kumlanmasında parçanın tüm yüzey alanının makul sayıda türbin ile kumlanmasını sağlamanın tek yolu türbinleri parçadan uzaklaştırarak püskürtülen abrasifin daha geniş bir yüzeye isabet etmesini sağlamaktır. Türbinlerin parça yüzeyine uzak yerleştirilmesinin dezavantajı yüzeye gelen abrasif yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak kumlama hızının azalması iken

avantajı geniş yüzeylerin az sayıda türbin içeren kumlama makinaları ile kumlanabilmesini sağlamasıdır.

Kumlama kalitesini etkileyen bir diğer parametre ise püskürtülen abrasiflerin yüzeye çarpma açısıdır. Yapılan testlerde abrasiflerin yüzeye 45° 'lik bir açı ile çarptırılması en etkin sonucu vermiştir. Özellikle grit gibi köşeli abrasiflerin yüzeye paralel olarak sekmesi püskürtülen abrasif tanelerinin yüzeyde birden çok noktada iş yapmasını sağlamaktadır. Abrasiflerin açılı olarak püskürtülmesinin bir diğer avantajı da yüzeydeki girintilerin ve köşelerinde direkt kumlama bölgesinde kalmasını sağlamasıdır (Şekil 3.3). Bu sayede tüm yüzey alanı kesintisiz olarak direkt



Şekil 3.3: Türbinlerin düz veya açılı yerleştirilmesinin direkt kumlanan yüzey alanına etkisi.

kumlanır. Direkt kumlama, abrasifin püskürtüldükten sonra ilk çarptığı yüzeyde yaptığı kumlama işlemidir, abrasif daha sonra bu yüzeyden sekerek başka yüzeylere de çarpar ve ikincil dereceden kumlama işlemleri de yapar fakat bunun etkisi direkt kumlamaya göre oldukça azdır.

Açılı püskürtme yüzeyden sekmeyi kolaylaştırır ve dizayn sırasında seken bilyelerin gideceği yönün önceden bilinmesini sağlar. Özellikle geniş yüzeylerde, kumlama amacıyla püskürtülen bilyelerin yüzeyde kalarak birikmesi hem bu yüzeylerin ikinci bir türbin tarafından kumlanmasını engeller hem de kumlama sonunda abrasifin parça ile birlikte makinanın dışına çıkmasına sebep olur. Tel kumlama gibi dar alanda çok türbinle yapılan kumlama işlerinde püskürtülen abrasifin sekerek gideceği yönün bilinmesi bir sonraki türbinden püskürtülen abrasifleri engellememesi için önemlidir.



4. KUMLAMA KALİTESİNİN VEYA YOĞUNLUĞUNUN ÖLÇÜLMESİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER.

Metal yüzeylerinin temizliği ölçmek ve kirlilik düzeyini derecelendirmek özellikle işletme ortamında oldukça zordur. Bunun en önemli sebepleri özellikle demir alaşımlarında pasın yapısının zamanla değişkenlik göstermesi ve temizliğin yüzeyin tüm diğer maddelerden arındırılmasının dışında yüzey pürüzlülüğü ve parlaklığına da belirli bir dereceye kadar bağlı olmasıdır. Günümüzde kumlama kalitesinin bilimsel olarak ölçülmesi yalnız laboratuvar şartlarında yapılmaktadır. Bu sebeple kumlanan parçalardan laboratuvar için numuneler alınması ve daha çok da yüzey temizliğinin ölçülmesi amacıyla karşılaştırmalı görsel testlerin kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır.

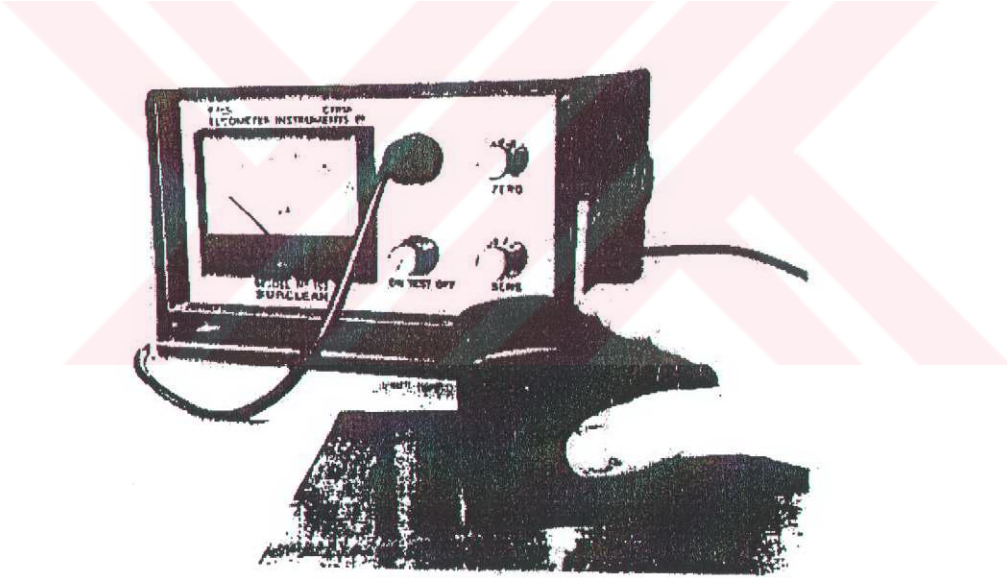
4.1 Bakır Sülfat Testi.

Bu testin geliştirilmesinin amacı çelik yüzeyinde kumlama sonrası kalan tufal miktarının belirlenmesidir. Test kumlamadan hemen sonra yapılır. Yüzeyde toz şeklinde kalan tufal parçacıklarının testi yanıltmaması için yüzey bir bez ile iyice silinmeli ve tozdan arındırılmalıdır. Çeşitli bakır tuzları ve inhibitörlerden en verimli olanı %1 sülfürik asit içinde %4 bakır sülfat içeren solüsyondur. Yüzeye bakır sülfat uygulandığında yüzeyde tufal kalan yerler bakır rengi bir arka plan üzerinde siyah bölgeler şeklinde göze görünür.

Singleton'a göre [1] test iki şekilde uygulanabilir. Birincisi yüzeyin istenen bölümüne bir damlalıkla solüsyon madeni para büyüklüğünde bir havuz oluşturacak şekilde damlatılır. 30 saniye içinde bakır tufal üzerinde bir tortu oluşturacak şekilde birikir ve yüzeyin kurulanmasından sonra gözle belirgin bir biçimde görülebilir. Bu yöntemin dezavantajı yalnızca yatay yüzeylere uygulanabilmesidir. İkinci metot ise solüsyonun bir pede emdirilerek yüzeye uygulanmasıdır. Bu yöntem birkaç dakika içinde sonuç verir. Sonuçların güvenilirliği bakımından her iki yöntemde aynıdır.

4.2 Yüzey Parlaklığı Testi.

Kumlanmış metal yüzeyleri ışığı yansıtma kapasiteleriyle orantılı bir temizlik kalitesine sahiptir. Yüzey ne kadar temizse ışığı o kadar iyi yansıtır. Kullanılan abrasifin cinsi ve metalin özellikleri sonucu etkiler. Şekil 4.1’de görülen cihaz Electrometer Instruments Ltd. şirketi tarafından yüzeyin parlaklığını ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Temelde yüzeye göre açılı yerleştirilmiş bir ultraviyole ışık kaynağı ve uygun pozisyonda bir algılayıcıdan oluşmaktadır. Parlaklığı kendisine özgü bir skalada gösterir. Yapılan testlerde kumlama süresi arttıkça yüzeyin parlaklığının da azalan bir artışla arttığı ölçülmüştür. Kumlama işlemi belirli bir süre sona parlaklığı oldukça az arttırmaktadır. Buna göre diğer kumlama parametreleri sabit tutulursa bir makine için belirli bir malzemeyi en ekonomik kumlama süresi hesaplanabilir. Bu ölçüm seri imalatta kumlama makinası kullanan firmalar açısından son derece önemlidir.



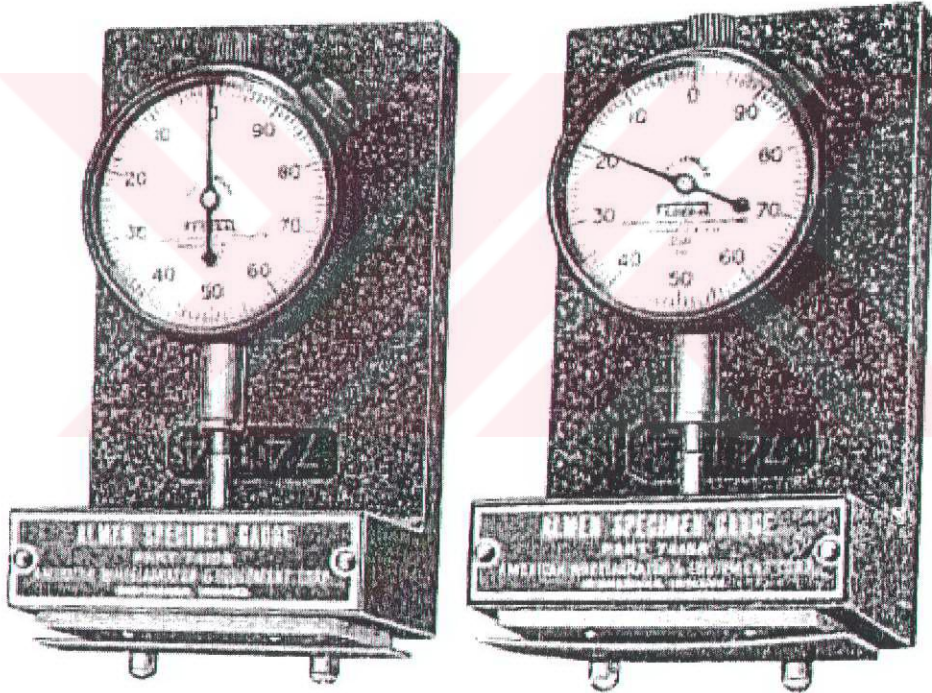
Şekil 4.1: Parlaklık ölçme aleti.

Parlaklığın ölçülmesinin getirdiği bir diğer avantaj da demir gibi çabuk oksitlenen malzemelerin kumlandıktan sonra ne kadar zaman da ne kadar oksitlendiğini belirlenebilmesidir. Testlerde çelik parçaların 3 saat içerisinde parlaklıklarının 1/6 oranında azaldığı ölçülmüştür. Bu sebeple boya öncesi yapılan kumlama işlemlerinde yüzeyin kumlamadan hemen sonra beklenmeden boyanması önemlidir. Bu noktada bahsedilmesi gereken bir başka hususta havalı kumlama ile kumlama yapılırken

havanın yeterince kuru olması gerekliliğidir. Nemli hava ile yapılan kumlama işlemi daha kumlama sona ermeden parçanın paslanmaya başlamasına sebep olabilir.

4.3 Kumlama Yoğunluğu, “Almen” Testi.

Kumlamanın çok çeşitli amaçlar için kullanılması, farklı amaçlar için farklı fiziksel özelliklerin ölçülmesini beraberinde getirmektedir. Kumlama sonucunda yüzeyde oluşturulan basma gerilmelerinin belirlenmesi esasen kumlamanın yoğunluğuyla ilgilidir. General Motors Şirketi mühendislerinden J.O. Almen tarafından bulunan bir test yöntemi günümüzde kumlama yoğunluğunun ölçümünde standart haline gelmiştir. Yöntem, ince bir metal şeridin bir sac blok üzerine sabitlenerek kumlanması sonucunda şeridin bir yüzeyinde oluşan basma gerilmeleri ile kumlanan



Şekil 4.2: Test şeritlerinin eğim yüksekliğini ölçen Almen test cihazı

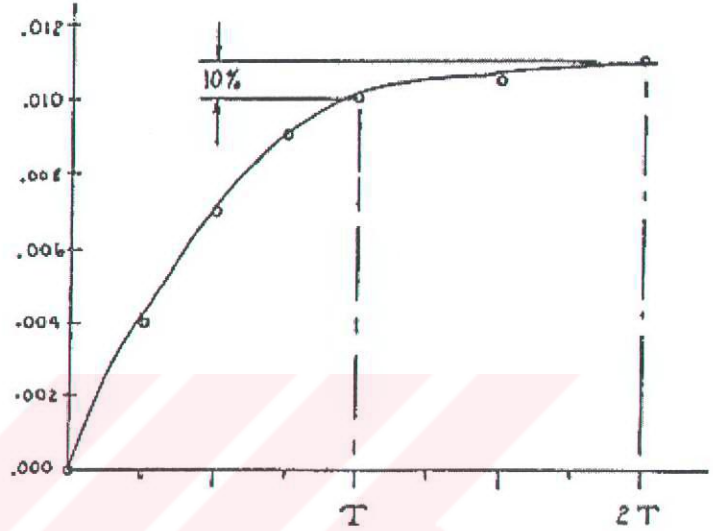
tarafın tersine doğru eğilme miktarının ölçülmesine dayanır. Eğilme sonucu oluşan tarafsız eksene göre yükseklik farkı kumlama yoğunluğu ile doğru orantılıdır (Şekil 4.2) [12].

Almen test şeritleri farklı kumlama yoğunluğu aralıklarını ölçmek için 3 çeşittir. Tüm şeritler 76,2 mm (3 inç) boyunda ve 19,05 mm (0,75 inç) genişliğindedir.

Kalınlıkları ise:

“N”	0,7874 mm (0,031 inç) kalınlığında	düşük yoğunluk için.
“A”	1,2954 mm (0,051 inç) kalınlığında	orta yoğunluk için.
“C”	2,3825 mm (0,0938 inç) kalınlığında	yüksek yoğunluk için.

Almen testiyle kumlama yoğunluğu ölçümünde test şeritlerinin yeterli sürece kumlanması önemlidir. Ortamın sıcaklığını ölçen bir termometrenin sıcaklığı doğru ölçebilmesi için ortamla ısı alış veriş bitene kadar ortamda kalması gerektiği gibi almen test şeritleri de kumlama şiddetinden doğan eğrilige sahip



Şekil 4.3: Test şeritleri doyum eğrisi

olana dek kumlanmalıdır. Bu sürenin belirlenmesi, her defasında süre iki katı uzatılarak elde edilen kumlanmış test şeritleri arasındaki eğim yüksekliği farkı %10'dan daha az olana kadar denerek bulunur (Şekil 4.3) [12].

En çok kullanılan şerit “A” şerididir. Eğer eğim yüksekliği 0,1524 mm (0,006 inç)'ten daha az ise “N” şeridi, 0,6096 mm (0,024 inç)'ten büyükse “C” şeridi kullanılmalıdır.

Kumlama yoğunluğuna etkiyen en büyük etmen püskürtülen abrasiflerin sahip oldukları kinetik enerjidir. Kinetik enerji arttıkça yüzeyde oluşan basma gerilmelerinin değeri ve derinliği artar. Parçacıkların kinetik enerjisini arttırmak için harcanan güç sabitse daha büyük çaplı abrasifleri daha hızlı ama daha az miktarda fırlatmak gerekir. Abrasif çapını büyütme yüzeyin her noktasının homojen bir biçimde kumlanmasını zorlaştırdığı için belirli seviyelere kadar kullanılır. Kumlama süresi de kumlama yoğunluğunu belirleyen önemli bir parametredir. Süre test parçaları için belirlenen süreden daha kısa olmamalıdır.

4.4 Görsel Yöntemler.

Kumlama kalitesini belirleyen faktörlerden bir diğeri ise yüzeyin ne kadarının kumlandığının belirlenmesidir. Bunun için örnek bir alan seçilir ve bu bölge gözle incelenmek suretiyle kumlanmayan bölgeler belirlenir ve bu bölgelerin alanının toplam alana oranı ile tüm yüzeyin yüzde kaçının kumlandığı belirlenir. Gözle belirlemeyi kolaylaştırmak için kullanılan bir diğeri metot da belirlenen bölgenin üzerine ince iz kağıdı konularak yumuşak bir kalemle kağıdın yüzeyinin taranması, dolayısıyla yüzeydeki izlerin kağıdın yüzeyine çıkarılmasıdır. Bu sayede izlerin çapları ve sayısı ölçülerek, izlerin toplam alanının incelenen alana oranı bulunabilir.

Yüzeyin bir boya ile kaplanması da gözle kontrole dayanan bir yöntemdir. Genellikle fosforlu bir boya yüzeye tamamen yayılır ve kumlamadan sonra özel bir ışık altında yüzey incelenir. Boyanın kaldığı yerler kumlanmayan alanlar olarak nitelendirilebilir. Bu yöntem aynı zamanda yüzeydeki çatlakların belirlenmesi için de önemlidir. Yöntemin dezavantajları maliyeti ve nispeten temiz yüzeylere (örneğin yeni işlenmiş) uygulanabilir olmasıdır.

Kumlama işleminden yüzey temizleme amacının yanı sıra yüzey alanını arttırması amacıyla belirli bir pürüzlülük yaratması da istenir. Günümüzde yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi amacıyla çok çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Pürüzlüğe girebilecek ince uçlu hassas bir komparatör ve uygun bir hareket ekipmanı ile pürüzlülük ölçülebilir. Dikkat edilmesi gereken husus hesaplanan R_a (ortama pürüz yüksekliği) ve ölçülen R_{max} (maksimum pürüz yüksekliği) değerlerinin uygulanacak yüzey kaplama işlemine uygun olup olmadığının kontrol edilmesidir. Pürüz yüksekliği küresel ve ufak çaplı abrasifler kullanılarak düşürülebilir.

4.5 Çeliklerin Yüzey Temizliğine Göre Sınıflandırılması.

Çeliklerin yüzey temizliğine göre sınıflandırılması amacıyla günümüzde 3 farklı standart kabul görmektedir:

<u>İngiliz Standartları</u>	<u>A.B.D. Standartları (SSPC)</u>	<u>İsveç Standartları</u>
Birinci Kalite	1. Beyaz Metal	SA 3
İkinci Kalite	2. Beyaza Yakın	SA 2,5
Üçüncü Kalite	3. Ticari	SA 2
	4. Fırçalama Kumlama	

Amerikan ve İngiliz standartları özellikle yüzeyin kumlama sonrası kalitesiyle ilgilenir. Temizleme araçları veya prosedürler ikincil olarak değerlendirilir. Buna göre birinci kalite tamamen temiz bir çelik yüzeyini ifade etmektedir. Kaplanan boya tabakası en ağır koşullarda bile uzun süre dayanır. İkinci kalite epoksi ve vinyl bazlı boyalar için minimum temizlik kalitesidir. Diğer boyalar ise ağır korozyon koşullarında bile iyi performans sağlar. Üçüncü kalite, korozyona az maruz kalacak atmosferik şartlarda kullanım için konvansiyonel boyalara uygun bir temizlik kalitesidir.

Amerikan ve İngiliz standartları yüzey pürüzlülüğü ile ilgili standartlar da içerir. Buna göre metalik abrasiflerle yapılan kumlama işlemlerinde maksimum genlik 0,1 mm'yi, metal olmayan abrasiflerle yapılan kumlama işlemlerinde ise maksimum genlik 0,18 mm'yi geçmemelidir. Burada bahsedilen maksimum pürüzlülük genliği bir tepenin ucu ile onun hemen yanındaki çukurun dibi arasındaki mesafedir [1].

İsveç standartları (SIS 05-59-00) ise biraz daha farklıdır. Genelde kumlama öncesini de dikkate alan bir A'dan D'ye bir ön harf sistemi de içermektedir. Buna göre A nispeten temiz yalnızca tufal içeren bir yüzeyi temsil ederken D paslanmış ve oyuklar oluşmuş bir metal yüzeyini temsil eder. İsveç standardı en çok kullanılan standart olmakla beraber yüzeyin hangi kalitede olduğuna karar verilebilmesi için metal yüzeyinin renkli resimlerinden oluşan bir referans albümü ile kullanılır [1].

İsveç standartlarında SA 1 kalitesinde yüzey hafif kumlanmışır. Abrasif jeti hızla geçerek pas ve yabancı maddeleri yüzeyden atmış tufali parçalamıştır. SA 2 kalitesinde abrasif jeti tüm yabancı maddeler, pas ve tufalin tümü ortadan kalkacak kadar yüzeyi kumlamıştır. Yüzey daha sonra vakum, basınçlı hava veya fırçalarla temizlenmiştir ve bu kalitede yüzey griye yakın bir renktedir. SA 2,5 kalitesinde yüzeyde tüm pas, tufal ve yabancı maddeler o derece temizlenir ki yüzeyde sadece pas sonucu oluşmuş izler ve çukurluklar kalır. Yüzey yine vakum, basınçlı hava veya fırçalarla temizlenmiştir. SA 3 kalitesi saf metali temsil eder. Metal yüzeyi üniform metal rengindedir.

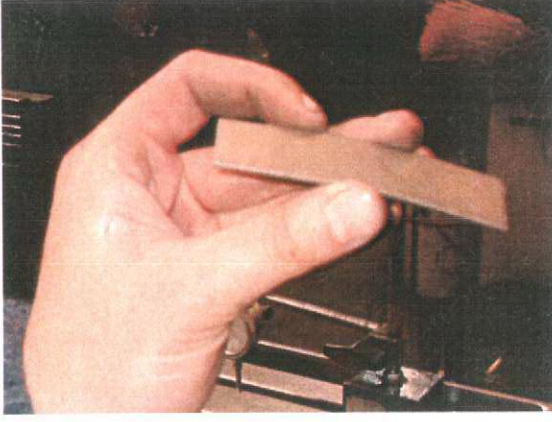
5. PARAMETRELERİN DEĞİŞİMİ İLE ELDE EDİLEN FARKLI SONUÇLARIN ÖLÇÜLMESİ.

Kumlama işlemine etkiyen parametrelerden 3. bölümde bahsedilmiştir. Bu parametrelerden abrasifle ilgili olanlarını değiştirmek nispeten kolayken, püskürtme hızı, açısı ve mesafe gibi parametreler kumlama makinalarına özgü olduğu için bu parametreleri değiştirmek daha zordur. Bu tezde parametrelerin değişiminin, kumlama yoğunluğuna etkisi ve galvaniz kaplama öncesi parça yüzeyindeki pürüzlülüğe etkisi olmak üzere iki farklı konuda deneyler yapılmıştır.

Deneylerde kullanılan makine 0,125 m³ hacimli lastik tamburlu bir kumlama makinasıdır. Türbini 380 mm disk çapına sahip 6 paletli 7,5 kW 2875 dev./dak.'lık bir motora direkt akupule olarak bağlanmıştır. Püskürtme hızını kontrol edebilmek için türbin motoru bir invertör (sürücü) vasıtasıyla kontrol edilmektedir.

5.1 Parametrelerin Kumlama Yoğunluğuna Etkileri.

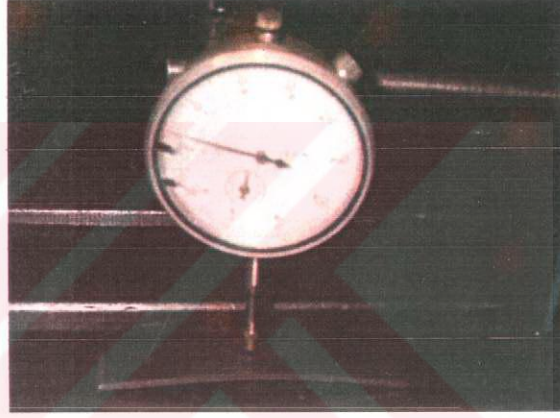
Bu deney için kullanılan test şeritleri Almen “C” test şeridine yakın ölçülere sahip şeritlerdir. Sac şeritlerinin ölçüleri 75 x 19 x 2 mm olarak seçilmiştir (Şekil 5.1). Şeritleri sabitlemek amacıyla üzerine iki adet M5 cıvata bağlanabilen bir lama kullanılmıştır (Şekil 5.2). Kumlama işlemi sırasında lastik tambur hareket ettirilmemiş ve test şeritleri türbinden 1000 mm uzaklıkta sabit olarak 4 dak. kumlanmıştır. Daha sonra test şeritleri düzgün bir yüzey üzerine iç bükey yüzeyleri aşağıya gelecek şekilde yerleştirilmiş, şeritlerin kenarından ortasına eğriliğin değişimi ölçülerek not edilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.1: Deneyde kullanılan test şeridi örneği

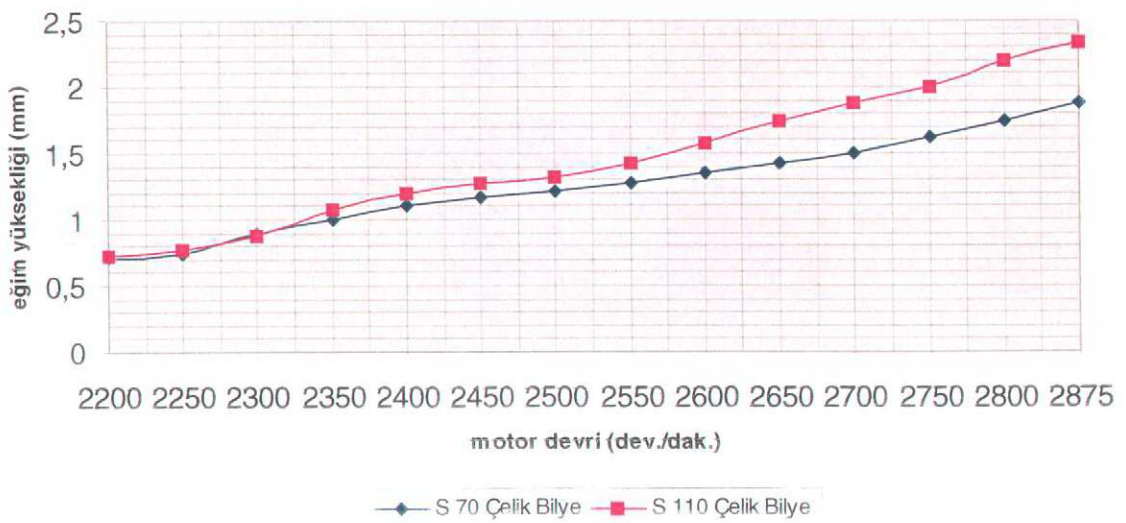


Şekil 5.2: Test şeritlerini bağlama aparatı



Şekil 5.3: Test şeritlerinin eğrilik yüksekliğinin komparator yardımıyla okunması

Tablo 5.1: Abrasif büyüklüğü ve fırlatılma hızının kumlama yoğunluğuna etkisi



Tablo 5.2: Ölçülen eğim yükseklikleri (mm)

Türbin motor devri	S 70 Bilye için eğim yüksekliği	S 110 Bilye için eğim yüksekliği	Türbin motor devri	S 70 Bilye için eğim yüksekliği	S 110 Bilye için eğim yüksekliği
2200	0,71	0,73	2550	1,27	1,42
2250	0,75	0,77	2600	1,35	1,58
2300	0,9	0,88	2650	1,42	1,75
2350	1	1,08	2700	1,5	1,88
2400	1,11	1,2	2750	1,62	2
2450	1,16	1,28	2800	1,75	2,2
2500	1,21	1,32	2875	1,88	2,34

Tablo 5.1’de değerler grafik halinde verilmiştir. Tablo 5.2’de ise ölçülen değerler liste halinde görülmektedir. Görüldüğü gibi bilyanın büyümesi ve püskürtme hızının artması yüzeyde daha büyük basma gerilmelerine sebep olmaktadır. Motor gücü sabit olduğundan hız arttıkça fırlatılan bilya miktarı azalır fakat deneyde kumlama süresi yeterince uzun olduğundan yüzey kumlamaya doymadan hiçbir parça makinanın içinden alınmamıştır, bu sebeple bilya miktarındaki azalış sonuçlara etki etmemiştir. Hız artışı gibi abrasifin büyüklüğü de arttıkça fırlatılan abrasif tanesi sayısı azalmaktadır ama bütün numunelerde yüzeyin her tarafı yine yeterli kumlama süresi sayesinde kumlanabilmiştir.

5.2 Parametrelerin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri.

Yüzey pürüzlülüğü deneyi için metal enjeksiyon ile basılmış zamak çamaşır makinesi kapak kilitlerinin galvanizleme öncesi kumlanması incelenmiştir. Zamak gibi yumuşak madenlerin kumlanmasında kumlamanın parça yüzeyine iz bırakmadan homojen bir kumlama yapması istenir. Bu deneyde 600 adet parça 50 şerli gruplar halinde farklı bilyelerle ve farklı püskürtme hızlarında kumlanmış ve yüzeydeki 0,5 mm çapından büyük iz olanların sayısı sayılarak not edilmiştir (Tablo 5.3).

İzlerin tayin edilmesi çıplak gözle bakılarak yapılmıştır. Kumlama kalitesi ise kumlanıp galvaniz kaplanmış ve görünümü beğenilen bir parçanın beraber kumlandığı gruptan bir parça numune alınması ve yüzey pürüzlülüğü bu parça esas alınarak deneyde kumlanan parçaların benzer pürüzlülüğe sahip olup olmadıkları kontrol edilerek belirlenmiştir.

Tablo 5.3: Abrasif hızı ve büyüklüğünün yüzey pürüzlülüğüne etkisi				
Kumlanan parça sayısı (adet)	Yüzeyinde iz olan parça sayısı (adet)	Türbin dönüş hızı (dev./dak.)	Kullanılan abrasif numarası	Kumama kalitesi
50	50	2875	S110	yeterli
50	36	2500	S110	yeterli
50	14	2400	S110	yeterli
50	9	2300	S110	yeterli
50	4	2200	S110	yeterli
50	4	2100	S110	yeterli
50	2	2000	S110	yetersiz
50	0	1900	S110	yetersiz
50	0	1900	S170	yetersiz
50	5	2000	S170	yetersiz
50	8	2100	S170	yeterli
50	11	2200	S170	yeterli

Tablo incelendiğinde türbin dönüş hızının 2100-2200 dev./dak. civarında olması gerektiği ve bilya büyüklüğünün mutlaka S110 olması gerektiği sonucuna varılmaktadır. Burada gözlenen bir başka sonuç ise 2000 dev ve altındaki dönüş hızlarında kumlama kalitesinin hızlı bir şekilde düştüğüdür.

6. SONUÇLAR VE DÜŞÜNCELER

Kumlama işlemi yirminci yüzyılın hemen başında günümüzdeki şekliyle yapılmaya başlayan ve ikinci dünya savaşı sırasında değerini kanıtlayarak hızla gelişen bir yüzey işleme yöntemidir. Çok farklı amaçlar için kullanılıyor olması bu makinaları birçok sektörde çok çeşitli tasarımlarla kullanılır hale getirmiştir.

Ülkemizde yakın zamana kadar kumlama makinaları lüks makinalar olarak görülmüş, Türk Silahlı Kuvvetleri ve bazı büyük özel sektör firmaları dışında pek kullanılmamıştır. Bunun en büyük sebebi yüzey işlemlerinin imalatçı firmalar tarafından genelde lüks hizmetler olarak görülmesidir. Günümüzde bu düşünce oldukça değişmiştir. Kumlama makinaları sanayide haklı yerlerine gelmektedir. Yine de bu makinalar hakkında yeterli bilgiye Türkiye sanayisi sahip değildir. Bunun en büyük sebebi bu konu hakkında kapsamlı bir türkçe kaynak bulunmamasıdır.

Bu yüksek lisans tezinin amacı kumlama işlemini ve bu işlem için kullanılan makinaları türk sanayisine tanıtmak ve bu makinaların genel kullanım amaçları hakkında bilgiler sunan bir kaynak oluşturabilmektir. Tezde ayrıca kumlama işlemine etkiyen bütün parametreler tanımlanmış ve tezin bu sayede sanayide istenen sonucun elde edilemediği durumlarda sorunların kaynaklarının bulunmasına yardımcı bir kılavuz olacağı da düşünülmüştür.

Hangi imal usulü ile imal ediliyor olursa olsun tüm makine parçalarının yüzey özelliklerine hem estetik hem de mukavemet açısından önem vermek bir zarurettir. Bu imalatçıya uzun vadede rekabet avantajı sağlamasının yanında ürünlerinin kalitesini de oldukça arttıracaktır. Günümüzde kumlama, gemi inşaa sanayii gibi yüksek korozyon saldırısına uğrayan sektörlerde artık bir zorunluluk olmuştur. Kumlama işlemine rakip kimyasal ajanlarla yüzey temizleme işlemleri de hem çevre kirliliğine yol açmakta hem de kumlamaya göre daha büyük işletme maliyetleri getirmektedir. Bu sebeplere ek olarak yüzeyin mekanik özelliklerini de iyileştirmesi ve boya öncesi hazırlık yapması sayesinde kumlama işlemi gelecekte de güçlü bir şekilde var olacağını kanıtlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Plaster, H. J.**, 1973. Blast Cleaning and Allied Processes, The Garden City Press Limited, Letchworth, Hertfordshire
- [2] **Ballard, W. E.**, 1962. The Application and Inspection of Protective Coatings on Structural Steel, Institute of Civil Engineers.
- [3] **Fancutt, F., and Hudson, J. C.**, 1967. Protective Painting in Structural Steel, British Iron & Steel Association.
- [4] **Bigos, J.**, 1959. Anchor Pattern and its Effect on Paint Performance
- [5] **McKelvie, A. N.**, Site Control of Blast Cleaning, The Paint Research Station, Teddington
- [6] **Wohlfahrt, H.**, 1984. Second International Conference on Shot Peening, The American Shot Peening Society, pp. 316-331.
- [7] **Waterhouse R.B. and Niku-Lari A.**, 1988. Metal Treatments Against Wear, Corrosion, Fretting And Fatigue, Pergamon Press, Oxford.
- [8] **Picouet, L., Bignonnet, A., Lieurade, H.P., Castex L.**, 1984. Second International Conference on Shot Peening, The American Shot Peening Society, pp. 346-354
- [9] 1951. Shot Peening, American Wheelabrator & Equipment Company, Mishawaka, Indiana.
- [10] **Leadbeater G., Noble B. and Waterhouse R. B.**, Metallurgical Observations on the Fretting of Shot Peened Alluminium Surfaces, *Department of Metalurgy & Material Science*, University of Nottingham, United Kingdom, 67-86
- [11] The Guide to Impact Treatment, Metabrasive Limited Manufacturers of High Performance Metallic Abrasives Carponfield Works, Bilston, West Midlands, England.
- [12] **Champaigne Jack**, 1989. Controlled Shot Peening (2nd Edition), www.shotpeener.com.

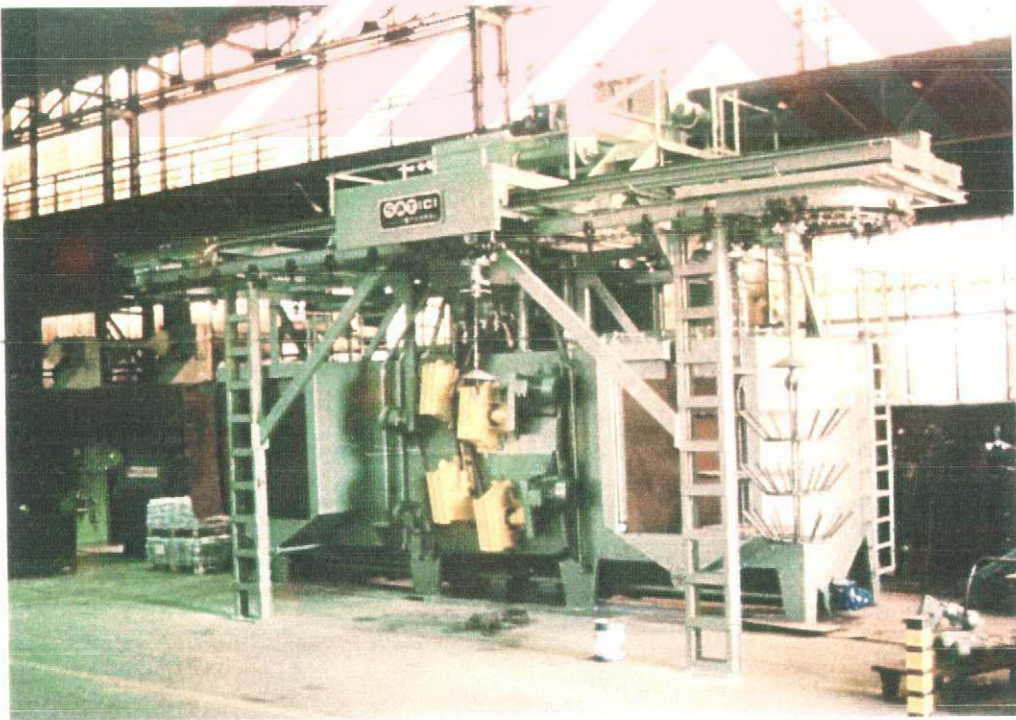
EKLER



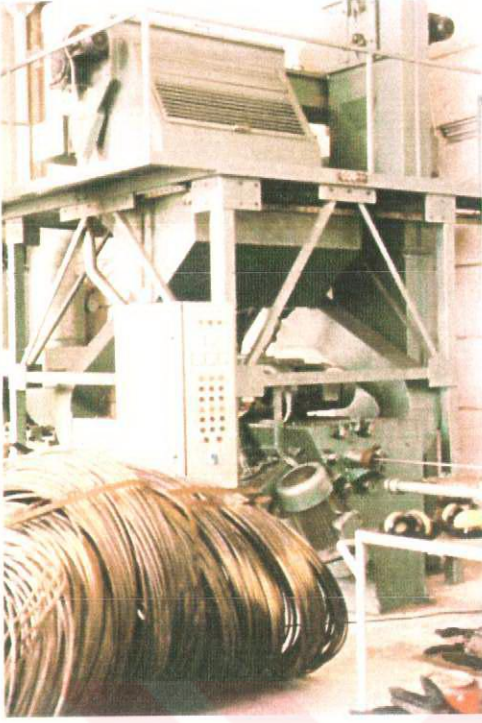
Şekil A.1: Rulodan ruloya sac kumlama makinası.



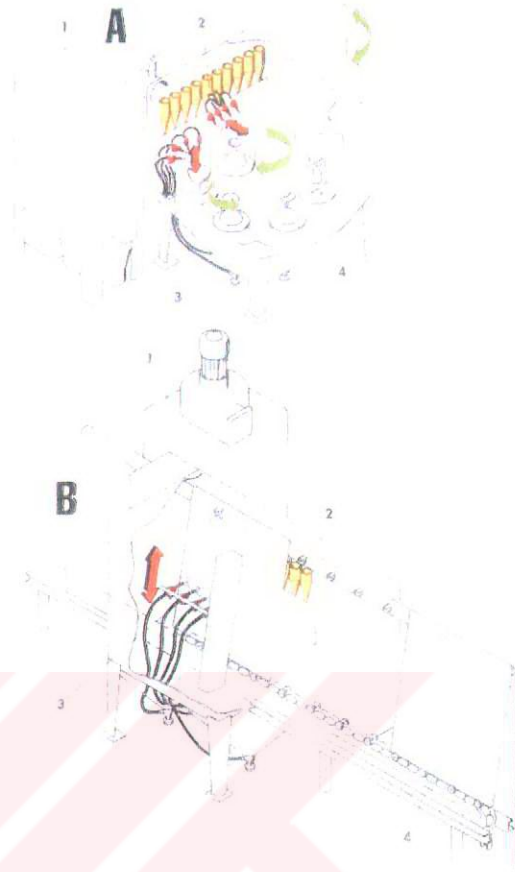
Şekil A.2: Boru dışı kumlama makinası.



Şekil A.3: Monoray askılı tünel tip kumlama makinası.



Şekil A.4: Kangal tel kumlama makinası



Şekil A.5: Cam kumlama makinaları



Şekil A.6: Sac-profil kumlama, boyama tesisi

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Erdem SATICI 1979 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Edirne ve İstanbul'da tamamladı. 1997 yılında Kadıköy Anadolu Lisesi'nden mezun oldu ve aynı yıl İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümüne girdi. Birinci sınıfın sonunda bölüm birincisi olarak Makina Mühendisliği bölümüne geçti ve 2001 yılında bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. Öğrencilik yıllarında ASME Student Section (American Society of Mechanical Engineers Öğrenci Bölümü) Başkanlığı (Chairman) ve Şişli Rotaract Kulübü Genel Sekreterliği gibi sosyal kulüplerde çeşitli sorumluluklar üstlendi. Halen kendi aile şirketine kumlama makinaları imalatı üzerine mühendislik ve yöneticilik yapmaktadır.

