

JET MOTOR ELEMANLARINDA
UYGULANAN YÜZEY KAPLAMA YÖNTEMLERİ

Ersan Aşıcıoğlu

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır ✓

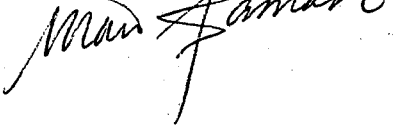
Danışman: Prof.Dr. Ahmet Nuri Yüksel

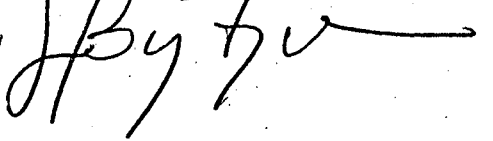
Aralık-1988

Ersan Aşıcıoğlu'nun Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı "Jet Motor Elemanlarında Uygulanan Yüzey Kaplama Yöntemleri" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

5.12.1988

Üye : Prof. Dr. Ahmet Nuri YÜKSEL 

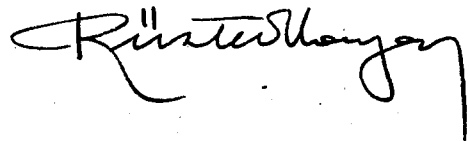
Üye : Doç. Dr. Macit YAMAN... 

Üye : Doç. Dr. Hidayet BUĞDAYCI 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 13 ARALIK 1988
gün ve .196/2.... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Rüstem Kaya



Ö Z E T

Yüzey kaplamaları, Jet Motoru elemanlarının tamir işlemlerinin artmasıyla, aşınan parçaları yenileyerek tekrar servise verilebilir duruma döndürmek için uygulanmaktadır. Yüzey kaplamalarının ikinci amacı, kaplama yüzeyi ile elemanların kullanım yerine uygunlaştırılması ve aşınmaların azaltılmasıdır. Kaplama işlemlerinde kaplanan yüzeyin dayanımı, alt yüzey özelliğine, temizliğine ve hazırlanmasına bağlı kalmaktadır. Yüzey hazırlama işlemlerinden sonra, mümkün olan en kısa süre içinde kaplama işlemine geçilmelidir. Yüzey hazırlama ile kaplama işlemleri arasındaki bekleme süresi iki saat'i geçmez ise parçalardaki oksitlenme, kirlenme ve atmosferik etki önlenir.

Jet Motoru Elemanlarının yüzey kaplama işlemleri beş temel grup altında incelenebilir. Bunlar, Akımsız kaplama, Elektrolitik kaplama, Anodik uygulama, Kimyasal uygulama ve Metal püskürtme uygulamalarıdır.

Jet Motor elemanları istenilen belirli metaryaller ile kaplanmaktadır. Kaplama uygulaması sırasında çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmakta, farklı yapılarıdaki ekipmanlar, farklı kontrol ayarları gerektirmektedir. Kaplama ekipman ayarları sürekli geliştirilmekte, eğitim ve deneyimleri artan kullanıcı personel kendine özgü kullanım programlarını uygulayabilmektedir. Üçüncü bölümde verilen uygulanan kaplama yöntemlerine ait genel bilgiler, teçhizat ayarlandığı zaman kullanıcıya rehber olacaktır.

Kaplama işlemi uygulandıktan sonra parçalar soğuma-ya bırakılmalı, tüm maskeleyen maddeleri sökülmesi, arta kalan kaplama artıkları temizlenmelidir. Bu işlem için standart temizleme yöntemleri ve solventleri kullanılır.

S U M M A R Y

Surface coatings are currently being used with increasing frequency for repair of Jet Engine parts to restore worn areas and return parts to a serviceable condition. Second purpose of surface coatings, part fit requirement or to reduce wear on mating parts. Surface coating bond strength is primarily dependent upon preparation and cleanliness of surface to be coated. Parts should be coated as soon as possible after preparation of surface, preferably within two hours, to prevent contamination of prepared surface by oxidation or atmospheric vapors, particularly oil vapor.

There are five basic groups at surface coating of Jet Engine parts, Electrolessplate, Electroplate, Anodic process, chemical process and plasma coating process.

Jet Engine parts will be coated with material specified by instructions for each part. During application of surface coating several factors must be considered. Variations in different makes of equipment will require different control settings. As coating equipment settings are developed, after some learning and experience user's personnel can develop their schedules. Third chapter provides general information for commonly used surface coating process. Such records will be serve as guide when setting up equipment.

After surface coatings has been applied and part has cooled, remove all masking materials and clean off residual coating adhesives. Standart shop precedures and solvent shall be used.

TEŞEKKÜR

Önceki çalışmalarımın devamı niteliğindeki malzeme kökenli, korozyon ve korozyondan korunma ağırlıklı ve görevim sebebi ile Jet Motoru Elemanlarının revizyon tamir işlemleri üzerinde çalışıyor olmam bu konunun belirlenmesinde yardımcı olmuştur.

Jet Motoru Elemanlarına uygulanan yüzey kaplama yöntemleri üzerine oluşturduğum bu çalışmayı, bana vererek, çalışma konumum ve daha önceki bilgilerimin pekiştirilmesini sağlayan ve proje çalışmalarımda yardımını esirgemeyen değerli hocam Prof.Dr. Ahmet Nuri Yüksel'e ve çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Ersan Aşıcıoğlu

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET	iv
SUMMARY.	v
TEŞEKKÜR	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.	vii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KAPLAMAYA GENEL BAKIŞ	1
2.1 Yüzey Kaplama Banyoları	2
2.2 Üst Yüzey İşlemi Görecek Elemanlar.	4
2.3 Maskeleme İşlemi	4
2.4 Elemanların Tezgaha Alınması.	5
2.5 Parçaların Banyo İçerisine Sokulması	5
2.6 Kaplama Sonrası Uygulanan İşlemler	6
3. JET MOTORU ELEMANLARINA UYGULANAN KAPLAMA YÖNTEMLERİ.	7
3.1 Jet Motoru Elemanlarında Yüzey Temizleme.	8
3.1.1 Yüzey hazırlama ve temizlik uygulama.	8
3.1.2 Yüzey temizleme yöntemi	9
3.1.3 Temizleme teçhizatları.	10
3.1.3.1 Otomatik karıştırıcı.	10
3.1.3.2 Sonik temizleme cihazı.	12
3.1.3.3 Ultrasonik temizleme cihazı	15
3.2 Jet Motoru Elemanlarında Yüzey Hazırlama.	18
3.2.1 Kimyevi aşındırma.	18
3.2.2 Çalışma safhası.	19
3.2.3 Çalışma safhası bilgileri	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	sayfa
3.3 Jet Motoru Elemanlarının Kaplanması	24
3.3.1 Akımsız kaplama	24
3.3.1.1 Akımsız kaplamanın özelliği.	24
3.3.1.2 Akımsız kaplama uygulaması .	26
3.3.2 Elektrolitik kaplama yöntemleri . .	29
3.3.2.1 Kadmiyum kaplamalar	31
3.3.2.2 Bakır kaplamalar	33
3.3.2.3 Nikel-Kadmiyum kaplamalar. .	36
3.3.2.4 Kurşun kaplamalar	38
3.3.2.5 Kurşun-İndiyum kaplamalar. .	39
3.3.2.6 Krom kaplamalar	40
3.3.2.7 Nikel kaplamalar.	42
3.3.2.8 Gümüş kaplamalar.	45
3.3.3 Anodik uygulamalar	50
3.3.3.1 Alüminyum Eloxal kaplamaları	51
3.3.3.2 HAE Metodu.	54
3.3.3.3 DOW-17 Metodu	57
3.3.4 Kimyevi uygulamalar.	60
3.3.4.1 Magnezyum malzeme kromatı .	61
3.3.4.2 Alüminyum malzeme pasivleme.	63
3.3.4.3 Siyah oksitleme	64
3.3.5 Metal püskürtme yöntemi	66
3.3.5.1 Genel açıklamalar	66
3.3.5.2 Metal püskürtme teçhizatları	68
3.3.5.3 Metal püskürtme için yüzey hazırlama.	69
3.3.5.4 Metal püskürtme uygulaması .	70
3.3.5.5 Metal püskürtme kalite istek- leri	71

İÇİNDEKİLER (devam)

	sayfa
3.4 Jet Motoru elemanlarını stokajlayarak korozyondan koruma	81
3.4.1 İşlemler sırasında ara stokaj işlemi	81
3.4.2 İşlem yöntemleri.	81
3.4.3 Ara stokaj uygulama.	81
3.4.4 Uygulama sonrası son stokaj işlemi	83
3.4.5 Son stokaj uygulama yöntemleri . . .	83
3.4.6 Stokaj yağları hakkında bilgiler . .	84
3.4.7 Stokaj uygulama.	87
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	sayfa
1. Temizleme solvent çeşitleri	17
2. Kimyevi aşındırma banyoları	23
3. Akımsız kaplama banyoları.	28
4. Bakır tabaka kalınlıkları	33
5. Elektrolitik kaplama banyoları.	48
6. Anodik uygulama banyoları	59
7. Kimyevi uygulama banyoları.	65
8. Yapışma çekme dayanımı değerleri	75
9. Bükme deneyi değerleri.	75
10. Çelik malzemelere metal püskürtme örnekleri .	76
11. Alüminyum malzemelere metal püskürtme örnekleri	77
12. Nikel malzemelere metal püskürtme örnekleri .	78
13. Titan malzemelere metal püskürtme örnekleri .	79
14. Cr-Ni çelik malzemelere metal püskürtme örn..	80
15. Stokaj yağları.	86

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Jet Motoru elemanları, zamanla aşınmaya ve çalışma sebebi ile bozulmaya uğramaktadırlar. Bu bozulma sebeplerini, ana yapı elemanlarının aşırı zorlanması, çalışma ortamlarının bozucu etkisi ve yapıyı oluşturan elemanların dayanım yetersizliği oluşturabilmektedir.

Bu durumdaki Jet Motoru elemanlarının tamir edilerek, yeniden kullanıma verilebilme oranlarının artırılması amacıyla, yüzey kaplama işlemleri uygulanmaktadır.

Zamanla sürekli bozulmaya uğrayan ve kullanım yerinde malzeme yetersizliği saptanan elemanlara da, daha bozulma öncesinde uygulanan kaplama işlemi ile oluşturulan yeni yüzeyler sayesinde, bozulmanın oluşması engellenebilmektedir.

Jet Motoru elemanlarına, endüstride bilinen ve uygulanan kaplama yöntemlerinin hemen hemen hepsi uygulanabilmektedir. Bu çalışmada çok kullanılan genel amaçlı ve özel Jet Motoru elemanlarına özgün kaplama yöntemleri işlenmiştir.

2. KAPLAMAYA GENEL BAKIŞ

Uygulanan kaplama işlemlerinin başarısı, uygulanan yöntemin çalışma akış sırasının belirlenen şekilde yapılmasına bağlıdır. Genel olarak bir kaplama yönteminin uygulamada işlem akış basamakları aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

1. Ön temizleme
2. Mekaniki işlem ile hata giderme
3. Temizleme
4. Kimyasal aşındırma, yüzey hazırlama
5. Mikro temizleme, yağ giderme
6. Kaplama uygulama
7. Artıkıl giderme
8. Yüzey kontrolü
9. Stokajlama

Uygulamalar sırasında dikkat edilmesi gereken ve bir kaplama işleminin tanınması için gerekli olan bilgiler, aşağıda alt bölüm başlıkları şeklinde verilmiştir.

2.1 Yüzey Kaplama Banyoları

Yüzey kaplama işlemi göreceklemanlar, analiz sonucunda belirlenen bileşimlerin sağlandığı ve belirlenen ısılara özen gösterilmesi suretiyle ancak özel kaplama banyolarında işlem görebilirler. Bu özel kaplama banyo karışımları, işlem göreceklemanların metalurjik özelliklerine göre belirlenirler. Kaplama işlemlerinde kullanılan banyoların kimyasal olarak doğrudan elde edilmesi imkansızdır. Ham malzeme olarak adlandırabileceğimiz kimyasal ve metalik kökenli malzemeler, elde edilmesi istenilen karışımın, teknik değerlerine göre seçilip, çeşitli katkı maddeleri ile güçlendirilirler.

Banyo hazırlanmasında daima, banyo ana çözeltisi suya yavaşça ilave edilmelidir. Bununla beraber karıştırmaya ağır ağır başlanarak, çözelti ilavesi sona erip uniform bir emülsüyon elde edilinceye kadar karıştırma işlemine devam edilmelidir.

Banyoların genel kullanımını için, banyolarda işlem göreceklemanların ve banyoların temizliği önemlidir. Banyo karışımı hiç bir şekilde balmumu veya kirli parçacık tortusu ihtiva etmemelidir. Bu temizlik işlem gören yüzeylerin homojenliği ve yüzey kalitesi bakımından her zaman gereklidir. Sürekli temizleme işlemi ve banyo karışımı değiştirilmesi güç ve ekonomik olmayan bir işlem olduğundan, kullanılan banyoların asgari seviyelerde kirletilmesi için, tüm parçalar gereken temizleme işleminden geçirilmelidir. Çalışma gereği, kirli banyoların kullanımını zorunlu olursa, banyoda türbülans oluşmaması için azami gayret sarfedilmelidir.

Banyoların, kaplama işlemi öncesinde ve belirlenen süreler dahilinde, periyodik laboratuvar analizleri yapılarak, kullanıma uygunluğu saptanmalıdır.

Zamanla kirlenen ve kaplamanın gereksinim duyduğu özellikleri yitiren banyolar, ilave edilen katkı maddeleri ile güçlendirilirler. Yeni hazırlanmış banyolar da bazı ağır çalışma koşullarında tam reaksiyon ve kaplama görevini gerçekleştiremeyebilir. Geliştirilmekte olan kaplama yöntemlerinde saf olarak adlandırabileceğimiz banyoların yapabilecekleri görevlerden daha fazlası istenmektedir. Bu nedenlerle de, yine bazı kimyasal maddeler katılarak banyolar güçlendirilmekte ve bazı özel nitelikler kazandırılmaktadır.

Kısaca, başlangıçta banyolarda bulunmayan veya belirli miktarlarda bulunan özellikleri, banyolara kazandırmak mevcut özellikleri geliştirmek, istenmeyen bazı özellikleri de en aza indirmek veya yok etmek amacı ile banyolara ilave edilen maddelere, katkı maddeleri denir. Banyolara ilave edilen başlıca katkı maddeleri şunlardır.

1. Vizkozite indeks geliştiriciler
2. Akma noktasını düşürücü katkılar
3. Köpük önleyici katkılar
4. Oksidasyon önleyici katkılar
5. Dağıtıcı katkılar
6. Yapışkanlık verici katkılar,

Kaplama işlemleri sırasında, tamamen uygunluğu tespit edilen banyolar kullanılmalıdır. Elektrolitik uygulamalar sırasında ideal banyolar için verilen uygulama süreleri ve akımları kullanılır. Banyolar her hangi bir sebeple istenilen özelliklerini yitirirse, tespit edilen süreler ve akım yoğunlukları dahilinde yapılacak kaplama işlemi yeterli gelmeyecektir.

Kaplama işlemi uygulamalarında, ideal banyolar kullanılırken, tespit edilen akım yoğunluğu ve bekleme sürelerinin aşılması da kaplama yüzeylerinin bozulmasına sebebiyet verir.

2.2. Üst yüzey işlemleri görececek elemanlar

Yüzey kaplama işlemi uygulanacak parçalar, pislik , korozyon, yabancı madeler, gres, yağ, boya ve üst yüzey hataları ihtiva etmemelidir. Parçanın kaplama işlemi gerektiren üst yüzeyi kaplama işleminden önce uygun metodlar ile kaplama işlemi için hazırlanmalıdır. Genel olarak yüzey temizliği diye adlandıracağımız bu işlemler yine jet motoru elemanlarının özel malzemelerde oluşması sebebi ile, çok özel yüzey temizleme ve akabinde yüzey aşındırma işlemlerini içerecektir.

Bu özel yüzey temizleme işlemleri direk olarak yüzey kaplama işlemlerinin kalitesi ve uygulanabilirliğine etkili olması sebebiyle, bu çalışma kapsamına dahil edilmiş ve çok fazla detayına girmeden incelenmiştir.

Temizleme işlemini takiben kaplama amacı ile gereken taşıma, tezgaha alma ve banyo içine daldırma için parça ile temas gerekirse, parçanın temizleme işlemi gören yüzeyleri ile çıplak el temasından kesinlikle kaçınılmalıdır. Eğer temizlenmiş yüzey ile temas zorunlu olursa pamuk. v.b gibi koruyucu eldiven kullanılması gerekir. Temizlenmiş yüzey ile çıplak el temasının doğurduğu yüzey bozukluğu ve kaplama yüzeyine olumsuz etkisi, yapılan deneme çalışmasında gözlenmiştir.

Yapılan temizleme işleminden sonra kaplama prosesi uygulanmasına mümkün olan en kısa süre içinde geçilmesi korozif etkiden korunmada en etkili yöntemdir.

2.3. Maskeleye işlemi

Kaplama işlemi görmeyecek veya görmesi istenmeyen yüzey veya bölgeler kaplamadan etkilenecek şekilde mayi içerisine daldırılacak ise bu kısımların uygun koruyucu maskeleye diye adlandıracağımız yöntem ile kapatılması gerekecektir. Örtme bandı, balmumu gibi malzemelerden oluşacak maske malzemesi, banyo sıvısı ve ana malzeme ile banyo içi reaksiyona girmeyecek özellikte olmalıdır. Aksi bir durum, eğer yöntem çalışma safhasında belirtilmez ise maske gereken her durumda yapılmalıdır.

2.4. Elemanların tezgaha alınması

Eğer üst yüzey kaplama işlemi için elektrolitik yöntem kullanılacak ise, kaplama işlemi göreceklemanlar tezgaha iyi bir kontak sağlayacak şekilde monte edilmelidir. Tezgaha montaj ve yerleştirme işleminde dikkat edilmesi gereken nokta, çalışma bölgesinde aşırı ısınma, ark sebebiyle kıvılcımlanma veya kimyevi tortu oluşumunu engelleyici bir şekilde yerleştirme yapılmalıdır. Elektrolitik uygulamalarda her zaman yangın tehlikesi mevcuttur ve iş güvenliğini tehlikeye sokabilecek kimyevi buhar oluşumu söz konusudur. Bu bakımdan montaj işlemlerinin ihtisas ve dikkat gerektiren bir işlem olması gerekir. Eğer işleme tabi tutulacak parçaların belirli yüzeyleri işlem görmeyecek iseler kontaklama işlemi bu işlem görmeyecek yüzeylere yapılmalı, bu yüzeylerde iletkenliği etkileyecek tabaka mevcut ise imkanlar dahilinde bu tabaka çıkarılmalı, oksit tabakaları mevcut ise zımparalanmalı ve kontaklama işlemi tamamlanmalıdır. Bir banyo içerisinde birden daha fazla eleman üst yüzey işlemi görecekle ise, parçaların birbirleri ile temasına kesin olarak izin verilmemelidir. Temas etme durumu söz konusu olursa bu temas, parçaların mekaniki olarak hasarlanmasına, uygulanan işlemin başarısız olmasına elektriki ark sebebi ile oluşacak yangınlara sebep olur.

2.5 Parçaların banyo içerisine sokulması

Parçalar, yerleştirme, daldırma ve çıkarma sırasında banyo içerisinde herhangi bir türbülans oluşturmayacak şekilde işlenmelidir. Bu işlemlerde banyo sıvılarının zararlı etkisinden korunulmalıdır. Parçalar bütün olarak işlem görecekle iseler, parçaların üst yüzeyleri banyo sıvılarıyla tamamen yıkanacaktır, yani hava ile temas tamamen kesilecek şekilde daldırma işlemi uygulanacaktır. Genel olarak yüzey temizleme ve hazırlama işlemleri uygulanan ve tamamen uygun olan banyo ile yapılan çalışmalarda ileri bölümlerde belirli yöntemler için tespit edilmiş uygulama sürelerine kesin

üyulması gerekir. Adı geçen uygulama sürelerinin aşılması halinde yapı parçalarının tahribatına sebep verilir. İstenilen kaplama kalitesinin oluşmamasıda uygun sürelerin aşılması sebebiyledir.

2.6 Kaplama Sonrası Uygulanan İşlemler

Banyo dışına alınan parçalar hareketli soğuk su banyosu içinde çalkalanır veya soğuk su düşü altında iyice yıkanır. Hava su tertibatlı su ve hava jeti altında temizlenmiş parçaların üst yüzeyinde kalmış tortu ve kirler mekanik olarak temizlenir. Temizleme işleminin başarısı parçaların ıslak durumda iken yani son daldırma işleminden hemen sonra püskürtme işlemine tabi tutulmasına bağlıdır. Banyo işleminden hemen sonra yapılacak bu işlem korozyon başlangıcını ve oluşmasını engelleyecektir. Bekleme işlemi korozyon hasarlarını oluşturacaktır.

Temizleme işlemi tam başarılammayan karmaşık yapıllı parçaların oyuklu gözlerindeki henüz temizlenmemiş banyo sıvısının tamamen çıkarılmasına itina gösterilmelidir. Bu işlem için metal olmayan döner fırçalar kullanılarak yapılmalıdır. Perlon fırça mevcut değilse fırça malzemesi ana malzemeye uygun olmalıdır. Örneğin Krom-Nikel parçalar için krom-nikel fırça, bakır alaşımlı parçalar için piring fırça vb.

Bu işlemden sonra parçalar sıcak su banyosuna daldırılmalı ve bunun içinde parçalar su sıcaklığına erişinceye kadar bekletilmeli sonra yağsız, kuru ve tazyikli hava ile kurutulmalıdır.

3. JET MOTORU ELEMANLARINA UYGULANAN YÜZEY KAPLAMA YÖNTEMLERİ

Jet Motoru elemanlarına uygulanan kaplama işlemleri Jet Motoru elemanlarının tamir ve yenilenme oranlarının artmasıyla, çalışma gereği aşınan ve kullanılamaz duruma düşen parçaları, yenileyerek tekrar kullanıma verilebilir hale getirmek amacıyla uygulanmaktadır. Aynı zamanda oluşturulan yeni yüzeyler ile, parça üzerinde aşınma ve bozulmasının azaltılması sağlanmaktadır. Uygulanan kaplamalar işlem genel akışı olarak, aşağıda sıralanan başlıklar altında incelenebilir.

1. Ön hazırlık ve temizleme
2. Yüzey hazırlama
3. Kaplama uygulama
4. Son kontrol ve stokajlama

Uygulanan kaplama işlemlerinde, kaplama yüzeyinin dayanım ve kalitesi, kaplanacak yüzeyin özelliğine, temizliğine, hazırlanmasına, banyo bileşimi ve kullanılan teçhizata bağlıdır.

Jet Motoru elemanlarının yüzey kaplama işlemlerini beş temel gurup altında inceleyebiliriz. Bunlar, Akımsız kaplama, Elektrolitik kaplama, Anodik uygulama, Kimyasal uygulama ve Metal püskürtme yöntemleridir. Birbirlerinden aşırı farklılıkları olmayan yöntemler arasında böyle sınıflama, uygulama farklılıkları ve elde edilen yüzeylerin kullanım amaçlarına göre yapılmıştır.

Yapılan sınıflamada, mekanik işlenebilir metalik tortu oluşturan kaplamalar, Akımsız kaplama, Elektrolitik kaplama ve Metal püskürtme yöntemleridir. Anodik uygulama ve Kimyasal uygulama, malzeme yüzeyine nüfuz madde sebebi ile kaplama sayılmalarının yanında, aslında üst yüzey işlemleridir. Çünkü bu kaplamalar, genelde mekaniki dayanım göstermezler. Bu kaplamalar daha çok korozyon koruyucusu ve diğer işlemler için birer astar yüzeylerdir.

3.1 Jet Motoru Elemanlarında Yüzey Temizleme

3.1.1 Yüzey hazırlama ve temizlik uygulama

Kaplama işlemleri için parça hazırlamak amacı ile yapılması gereken temizleme işlemleri için genel olarak klorlu hidrokarbon bileşiği olan Tri-Kloretilen ve Per-Kloretilen kullanılır.

Bu konu başlığı altında bahsi geçecek olan temizleme, malzeme özelliğine göre gereken ön temizliği yapılmış elemanların, kaplama amacıyla yapılan mikro seviye temizleme işlemleridir.

Mikro seviye temizleme işlemleri, erime özelliğine sahip malzemeli elemanlara uygulanmaz. Plastik kökenli ve lake yapıştırıcı içeren elemanlar, Tri ve Per-Kloretilen içerisinde bozunmaya uğrarlar. Bu şekilde ısıya duyarlı ve korozyona dayanıksız çelik, alüminyum ve magnezyum malzemeli elemanların, mikro seviye temizleme işlemleri doğrudan lokal temizleme ile yapılmalıdır. Titan malzemeli elemanlar ve çekilmiş, haddelenmiş, kaynaklanmış elemanların mikro seviye temizleme işlemleri için stabilize edilmiş Tri-L-Kloretilen kullanılmalıdır.

Parça bünyesinde var olan veya hata giderme sırasında makina işlemleri ile oluşturulan talaş kalıntıları mikro seviye temizleme işlemlerinden önce, bilinen diğer temizleme yöntemleri ile giderilmelidir. Bu hafif talaşlar, Hidroklorür bileşiği olan temizleme buharınının, yani temizleme ortamınının bozulmasına sebep olacaktır. Temizleme banyosu sıcaklığı, banyo özelliği ve ömrü açısından önemli bir noktadır. Hidroklorür kökenli Tri-Kloretilen banyosu 120°C'ın, Per-Kloretilen banyosu 150°C'ın daha üzerinde termik bozunmaya uğrar. Oluşturulan eriyik banyosunun hafif alkalik olmasına dikkat edilmelidir, 7'nin altındaki PH değerlerinde bulunan asit eriyikleri temizlenen elemanların korozyona uğrasına sebebiyet verir. Ağırlık oranı %5'in üzerinde kirli tortu içeren banyo eriyikleri kullanılmamalıdır.

Temizleme işlemlerinde kullanılan eriyikler termik olarak hidroklorüre ayrıştığı için akciğerleri tahrip özelliği vardır. Temizleme işlemlerinde oluşturulan buharlar mümkün mertebe solunmamalıdır. Solunum zorunlu olursa mutlaka koruyucu teçhizat kullanılmalıdır. Ayrıca yanıcı etkisinden dolayı her zaman yangın tehlikesi ve patlama tehlikesi vardır. Cildi tahrip özelliğinden dolayı temasın kaçınılmaz olduğu durumlarda koruyucu teçhizatın kullanılması gerekir.

3.1.2 Yüzey temizleme yöntemi

Ön temizliği yapılmış ve kurutulmuş soğuk parçalar uygun tertibatlar ve sepetler içerisinde sistemin buhar bölgesi içerisine sokulurlar. Banyo içerisine sokulan parçalar eğer 30°C'dan daha düşük ısılarda iseler gerekli kondansasyon sağlanabilir. Bu ısı derecesine uyma ince çeperli parçalar için daha önemlidir. Buhar banyosu içinde kondansasyon işlemi son buluncaya kadar beklenir. Kondansasyon işlemi tamamlandıktan sonra daha fazla beklemeye gerek yoktur.

Sistemin buhar bölgesinden dışarıya alınan parçaların üzerlerindeki tüm eriyik tortularını çıkarmak için henüz sıcaklıklarını kaybetmeden basınçlı hava yardımı ile işlem sürdürülür. Parçaların soğuması tamamlandıktan sonra, malzeme üzerindeki yağ tabakasının anorganik parçacık içermesi sebebi ile kondansasyon işlemi yetersiz kalırsa, temizleme eriyiklerinin mekaniki olarak uygulanarak temizleme işleminin tamamlanması gerekir. Bu gibi durumlarda, elde tipik yıkama teçhizatları mevcut değilse, malzemelerin elle kompres, duş, daldırma veya sıvama yardımıyla temizlenmesi gerekir. Tüm temizleme işlemlerinden sonra, parçaların kuru, temiz, yağsız filtrelili ve basınçlı hava yardımı ile kurutulması gerekir.

3.1.3 Temizleme Teçhizatları

Yüzey kaplama işlemi uygulanacak elemanlar ön temizleme ve kurutma işlemi tamamlandıktan sonra, mikro seviyede yüzey temizleme ve yağ giderme işlemine tabi tutulurlar. Bu mikro seviyede yapılacak temizleme işleminin, uygun ve yeterli seviyede yapılmasıyla, uygulanan kaplama işleminin homojenitesi ve başarılabilmesi sağlanır. Mikro seviyede yapılacak temizleme işleminden önce yapılacak ön temizleme ve kurutma işlemi, mikro temizleme proseslerinde kullanılan temizleme teçhizat ve elemanlarının asgari seviyede kirletilmesi ve uzun ömürlü kullanımlara izin vermesi bakımından önemlidir.

Mikro seviyede yapılan temizleme işlemlerinde yaygın olarak kullanılan teçhizatların ve bu teçhizatlar ile yapılan çalışmalar sırasında dikkat edilmesi gereken önemli noktaların hatırlatılması faydalı olacaktır.

Mikro seviyede yapılan temizleme işlemlerinde, sistem olarak değişik uygulamaların yapıldığı, üç tip örnekleme ile sistemlerinin çalışma prensipleri aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

1. Otomatik karıştırıcı
2. Sonik temizleme cihazı
3. Ultrasonik temizleme cihazı

3.1.3.1 Otomatik karıştırıcı

Otomatik karıştırıcılar, sistemlerinde hareketli bir solvent karıştırma, türbülans oluşturabilecek yine hareketli bir sepet içeren ve öngörölmüş çalışma sıcaklıklarının elde edilebileceği ısıtma düzeneğine sahip ve ısı kontrollerinin de sağlanabileceği termostatlı bir yapıdadırlar.

Otomatik karıştırıcılarda tercih edilen temizleme solventleri, su ile seyreltilmiş alkali tipi, temizleme sıvıları bahsinde geçen karışımların her biri için ayrı ayrı oluşturulabilen banyo terkipleridir.

Otomatik karıştırıcı ile yapılan mikro seviye temizleme işlemlerinde, parça temizleme kapasitesi, otomatik karıştırıcı boyutları ile sınırlıdır. Otomatik karıştırıcı sepetine konan temizlenecek parça sepet en alt pozisyona indiğinde tamamen temizleme sıvısına dalmış yani temizleme sıvısı ile tamamen yıkanmış durumda olmalıdır. Sepet en alt pozisyona indiğinde, sepet salınımı ve banyo sıvısı karıştırıcısı çalışmaya başlayacaktır. Sepetin aşırı yüklenmesi durumunda, istenmeyen temizleme sıvısı sıçraması ve yetersiz seviyede parça temizliği oluşur.

Otomatik karıştırma cihazına parça yerleştirme daldırma ve karıştırma işlemleri sırasında temizleme sıvısı ile temas etmekten sakınılmalıdır. Otomatik karıştırıcı ile çalışma sırasında, cihaz kapağı sürekli olarak açık tutulacağından temizleme sıvısı sıçrama tehlikesi her zaman mevcuttur.

Otomatik karıştırma cihazı içinde temizleme sıvısı belirlenen seviyenin altına inerse, bu seviye tekrar tamamlanmalı ve istenilen seviye tamamlandıktan sonra ısıtıcı ve karıştırıcılar devreye sokulmalıdır. Sistemdeki termostat düzeneği ancak bu temizleme sıvısı seviyesi tamamlandıktan sonra çalışmaya başlayacağı için, seviye düşüklüğü ısı kontrol kabiliyetini kaybettirecektir ve istenmeyen kaza ve hasarlara sebebiyet verecektir.

Yüksek ısılara çıkma, bu yüksek ısı şartlarında çalışma ve bu tip cihazlarda her zaman mevcut olan yangın tehlikesi sebebi ile gerekli uyarı, çalışma şartları ve emniyet kurallarına riayet edilmesi gerekir. Bu tip cihazların elektrik aksamı ve sigorta tertibatları sık sık gerekli emniyet kontrollerinden geçirilmelidir.

Belirlenen ve parça özelliğine göre öngörülen temizleme süreleri sonunda, temizleme işlemi bitirilmesi, temizleme parçası, otomatik karıştırıcıdan çıkarılırken üzerindeki temizleme sıvısının tamamen karıştırıcı içine süzülmesine izin verilmesi, temizleme sıvısının ekonomik kullanımı için gereklidir.

3.1.3.2 Sonik temizleme cihazı

Düşük sıcaklık seviyelerinde kaynama özelliğine sahip temizleme sıvılarının ısıtılmaları sonucunda oluşan temizleme buharlarının, temizleme işlemi uygulanacak ısı seviyesi daha düşük, soğutulmuş elemanlar üzerinde yoğunlaşma ve çözme etkisi ile temizleme işlemi yapılır.

Ön temizlik, kurutma ve soğutma işlemi uygulanmış temizlenecek elemanların malzeme özelliğine ve kirlilik oranına belirlenen temizleme sıvısı uygun seçilmiş ise buharlaştırılan çözücü etkisi ile elemanların yağları ve diğer kirlilikleri giderilebilir.

Temizleme sıvısı buharı insan sağlığı için son derece zararlıdır. Temizleme işlemleri sırasında oluşturulan buharlaşma ve kondansasyon sırasında çalışma bölgesi yeterli derecede havalandırılmalıdır ve oluşan buharların solunulmasından sakınılmalıdır. Çalışan personel yüksek seviyede buhar konsantrasyonuna maruz kalırsa, baygınlık ve ölüm tehlikesi mevcudiyete gelir. Buharın uzun süreli cilde teması cild tahribat ve yanıklarına oluşturur. Uzun süreli uygulamaların yapılması gerekli durumlarda daha özel ilaveli koruyucu teçhizat kullanarak çalışma zorunluluğu vardır. Temizleme işlemi sırasında oluşturulacak buharlı ortamlar için her zaman yangın tehlikesi vardır. Bu sebeble solvent buharı olan yerlerde kıvılcımlanma ve ateş oluşturabilecek bir şekilde çalışma yapılamaz. Uzun süreli direk olarak ultraviole ışına maruz kalan buhar konsantrasyonu yüksek ortamlar içinde yangın tehlikesi mevcuttur. Çalışma bölgesinin kurulması sırasında bu tip cihazların direk olarak ultraviole ışına maruz kalmayacak bölgelere yerleştirilmesine dikkat edilmesi gerekir.

Mikro seviyede yapılan temizleme işlemlerinde kullanılan çözücü temizleme özelliği olan solventler pahalı ve temini zor kimyasal malzeme olduklarından, oluşturulan banyoların temiz ve ekonomik kullanımına dikkat edilmesi gerekir.

Aynı zamanda banyoların değişim ve temizleme işlemleri uzun zaman alan zor ve tehlikeli uygulamalar gerektirdiği için aşağıda sıralanan işlemlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

1. Mikro seviye temizliği yapılacak elemanlar, bilinen diğer temizleme yöntemleri ile, ön temizleme ve kurutma işlemine tabi tutulmalıdır.
2. Temizlenecek elemanların sıcaklığı, kondansasyon oluşabilecek sıcaklığa kadar düşürülmelidir.
3. Temizlenecek parça sıcaklığı, buhar sıcaklığına ulaşıncaya kadar, cihaz ortamında bırakılmalı, daha fazla beklenmemelidir.
4. Kondansasyon işlemi tamamlandıktan sonra, buhar yatışması beklenmelidir.
5. Cihaz kapağı, parça giriş ve çıkışı dışında sürekli kapalı tutulmalıdır.
6. Temizlenmiş eleman dışarıya alınırken üzerindeki solvent tamamen cihaz içerisine akıtılmalıdır.
7. Temizlenecek elemanların ölçü ve ağırlıkları cihaza uygun olmalıdır.
8. Cihaz üzerinde hava akımı oluşması engellenmelidir.
9. Cihaza parça giriş ve çıkışları sıçrama oluşturmayacak şekilde yapılmalıdır.
10. Cihaz içerisindeki temizleme solventi seviyesi cihaz ısıtıcılarınının yaklaşık 5+ 6 cm üzerinde olmalıdır.
11. Sıcak halde bulunan temizleme solventi üzerine soğuk olarak solvent ilavesi yapılmamalıdır.
12. Lokal olarak temizleme yapılması gereken durumlarda püskürtme gerekirse, solventin buhar sıcaklığının altındaki ısılarda yapılmalıdır.

Hatalı olarak kullanma veya belirli bir kullanım süresi sonunda cihazın temizleme işlemi gerekirse, işlem bu konuda eğitilmiş ve tecrübeli personel tarafından yapılmalıdır. Sonik temizleme cihazının iç temizliği için çözücü temizleme solventi tamamen boşaltılmalı ve temizleme kapakları açılmalıdır. Kısa bir süre için ısıtıcı çalıştırılarak kalan solventin buharlaşması sağlanmalı ve gerekli havalandırma işlemi yapılarak, kalan buharın ortamdaki tamamen uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Bütün havalandırma işlemlerine rağmen, kalan temizleme solventi buharlaşmaya ve kondansasyona devam edecektir. Bu engellenemeyen buharlaşma ve tekrar kondansasyon işlemi cihaz içerisinde çalışma sırasında temizlikçi eleman tarafından solunacak ve personel sağlığını tehdit edecektir. Koruyucu maskenin kullanılmadığı kısımların temizliği sırasında, birbirini kollayan ve devamlı irtibat halinde bulunan iki personel kullanılması, istenmeyen zehirlenme olayı halinde anında müdahale ile can kaybı oluşmasını önleyecektir.

Alınan tüm önlemlere rağmen, buhar solunumunun yapıldığı durumlarda, hasta açık havaya alınmalı ve suni tenefüs veya oksijen verilmelidir. Zehirlenmeye uğrayan personel baygın değilse kusturulmalıdır. Yapılan ilk acil müdahalenin ardından mutlaka yetkili kişi nezareti altında hastahaneye gönderilmelidir.

Temizleme solventi ile temas edildiği veya solvent sıçraması olduğu durumlarda, solvent ile ıslanan giyecek mutlaka çıkarılmalı, ıslanan yüzeyler temizlenmelidir. Cihaz temizliği için kullanılan, kumaş, deri, v.b. gibi malzemeler başka bir işlem için veya başka amaçla kullanılmak için saklanmamalıdır.

Temizleme sonucunda, cihaz içinden çıkartılan kirli solvent, başka bir amaç veya başka bir partide kullanılmak amacıyla saklanmamalıdır. Tehlikeli artık olarak adlandırılan, bu maddeler, belirlenen federal ve lokal yönetmeliklere göre yok edilirler.

3.1.3.3 Ultrasonik temizleme cihazı

Temizleme cihazı içerisinde konan temizleme solventinin ısıtma sisteminde ısıtılarak oluşturulan buharının, cihazın yoğunlaşma bölgesinde, soğutularak yoğunlaştırılması, sistemin soğutucu kısmındaki temizlenecek eleman üzerinde kontrollü olarak buhar+sıvı şeklinde süzülmesi, süzülürken çözdüğü yağ ve kir ile akıtılması prensibine dayanır. Eğer çözücü eleman temizlenecek, eleman için uygun olarak seçilmiş ise, çözücünün etkisi ile malzemenin tüm mikro seviyedeki yağ ve kirlilikleri giderilebilir.

Temizleme işleminde kullanılan solventin asgari seviyede sarfiyatı ve çözücü kaybı, soğuk alanda yoğunlaşma sebebi ile korunmuş olur. Sıvı çözücü sıvılaşıp toplam kanalında birikir ve su separatörleri tarafından filtrede edilerek tekrar ısınma bölgesine döner. Temizleme çevriminin sürekli olarak yapılabilmesi, tek sefer olarak yapılan temizlemelerde elde edilemeyen, eleman temizliğinin dezavantajlarını giderir. Sonik temizleme cihazında tek uygulamada giderilemeyen kirlilik mevcutsa ikinci uygulama için, temizlenecek eleman cihaz dışına alınarak soğutulur ve ikinci işlem yapılır. Ultrasonik temizleme cihazında proses süresi uzatılarak temizleme kabiliyeti artırılır.

Temizleme işlemi başlatıldığında, temizlenecek eleman üzerinden, çözücü buhar yardımı ile çözülen artı-kıl çözücü buharın serbest hava boşluğuna asılır, burada artı-kıl kirlerden arıtılır ve durulanır. Yoğunlaşmış çözücü buhar bölgesinden akar ve kiri kaynayan sıvıdan ayırır. Buharın temizleme etkisi, mekanik olarak uygulanan yöntemler ile artırılabilir, bu işlem buhar alanında sıvı çözücü veya buhar püskürtülmesi ile yapılır.

Temizlenecek eleman buhar alanında son durulama veya kurutma için, yoğunlaşma bitinceye kadar, veyahut artı-kıl bölge sıcaklığı, buhar sıcaklığına erişinceye kadar bekletilir.

Temizleme işlemleri tamamlandıktan sonra, buharlaştırma işlemi kesilir, buhar bölgesi tamamen yoğuştuğundan sonra, temizlenen eleman cihaz dışına alınır. Cihaz içinde kalan artıktaki kirlilik ve filtre elemanları temizlenir. Ultrasonik temizleme uygulaması emniyetli, hızlı, ekonomik bir yöntemdir. Ultrasonik yağ giderme işlemi diğer yöntemler ile giderilemeyen yarıklar, çatlak ve deliklerin kirliliklerini gidermek ve temizleme kabiliyetini artırmak için kullanılır.

Temizleme işlemi uygulama sırasında, ultrasonik temizleme cihazına, temizlenecek elemanların giriş ve çıkışı sırasında hava akımı olmamalıdır, cihazda oluşacak hava akımı, direkt olarak çözücü buhar kayıplarını oluşturacaktır. Herhangi bir işin prosesinden önce soğutucu ekipmanın ısısı, ısıtılan çözücünün yoğuşma sıcaklığının üzerine çıkmamalıdır, soğutucu kısımdaki sıcaklık aşırı yükselirse, kondansasyon süresi uzayacak ve istenmeyen teçhizat hasarları oluşacaktır. Seri işlem amacıyla dizayn edilen, konveyör tipli ultrasonik temizleme cihazlarında çalışılırken, temizlenecek parçalar düzgün olarak sıralanmalı, elemanların temizleme bölgesine girişi, çıkışı veya buhar bölgesinden geçişi en fazla 12 feet/dak olmalıdır. Bunun sebebi cihazın parçaları ve çözücü kaybının azaltılmasıdır.

Ultrasonik temizleme cihazının derinliği iki feet veya daha fazla olmamalıdır, cihazın kullanılan havalanma boşluğu, derinlik artışı ile artacağından, işlem uygulama sırasında, proses süresini ve temizleme sıvısı kaybını artıracaktır. Ultrasonik temizleme cihazı için minimum havalanma oranı dakikada kendi boşluğunun iki katı kadar olmalıdır, her hangi bir işleme başlamadan önce minimum on dakika havalandırma yapılmalıdır. Havalandırma işlemi sırasında çözücü muslukları kapalı tutulmalıdır, gerekli durumlardaki püskürtme işlemleri sırasında da püskürtme, buhar ve havalanma boşluğunda yapılacağı için, çözücü musluklarının kapalı olması, çözücü kaybını azaltacaktır.

ÇİZELGE 1 : Solvent Çeşitleri (Solvent ASTM Publication, 1982)

TEKNİK ÖZELLİK	BİRİM	TRICHLORO-ETHYLENE	PERCHLORO-ETHYLENE	METHYLENE CHLORIDE	1,1,1, TRICHLOROETHYLENE
Molekül ağırlığı	-	131,4	165,9	142,7	131,4
Kaynama noktası	°C	86,7	121,1	93,4	73
Özgül ısı	KCal/Kg	0,223	0,218	0,210	0,199
Buharlaştırma ısı	KCal/Kg	57,8	50,1	53,6	43,1
Donma noktası	°C	-86,4	-22,35	-47,9	-21,6
Azeotrop kaynama	°C	73,9	87,1	80	73,9
Çözülme noktası	ccm/ppm	100	100	100	100
Buhar seviye kontrol	°C	135	180	195	115
Termostat ayarı	°C	120	120	120	120
Minimum buhar basıncı	PSIG	7	40	43	4
Max.Buhar basıncı	PSIG	15	60	65	10

3.2 Jet Motoru Elemanlarında Yüzey Hazırlama

3.2.1 Kimyevi aşındırma

Metalik malzemelerin kimyevi aşındırılması işlemine metalin asit ve alkali eriyikleri içerisinde çözündürümü diyebiliriz. Kimyevi aşındırma işlemi ana malzemenin özelliklerine göre şu kısımlara ayırarak inceleyebiliriz.

- (A) Titan malzemelerin kimyevi aşındırılması
- (B) Nikel malzemelerin kimyevi aşındırılması
- (C) Alüminyum malzemelerin kimyevi aşındırılması
- (D) Paslanmaz çeliklerin kimyevi aşındırılması

Kimyevi aşındırmanın amacı, mikron mertebesinde yüzey aşındırılmasını temin ederek, arzu edilen profili temin edebilmektir. Bu yöntem kullanılarak aynı aktif üst yüzeyli yapı parçasının tüm yüzeylerindeki aşınmayı aynı seviyede kontrol kabiliyeti sağlanır. Kimyevi yöntem uygulanacak elemanın, bu işlemde etkilenmesi istenmeyen kısımları, koruyucu maskeleme işlemi ile kapatılmalıdır. Kimyevi aşındırma işlemi uygulanacak elemanlar için aşağıdaki noktaların göz önünde bulundurulması gerekir.

1. Aşındırma sürati, aşındırılacak elemanın yüzey aktivitesine ve aşındırıcı elektrolitik sıvının ısı konsantrasyonuna bağlıdır. Aşındırılacak elemanın yüzey hataları ve farklılıkları aynen aşınma sonunda devam edecektir, butür hataların aşınma öncesinde giderilmesi gerekir.
2. Aşındırılacak eleman farklı aktivitede üst yüzey, örneğin kaynak dikişi veya homojen olmayan döküm hataları içerirse, bu kısımlar farklı derecelerde aşınacaktır.
3. Aşındırılacak elemanlar, gerilmesiz olarak işleme tutulmalıdır.
4. Aşındırma işlemi öncesinde iç köşeler yuvarlatılmalıdır.

5. Dar kanallar aşındırma işlemine tabi tutulmamalı, mekaniki olarak işlenmelidir.
6. Aşınma süratleri gösterge süratleri tespit edildikten sonra, mutlaka ilk önce deneme parçaları kullanılmalıdır.
7. Aşındırma işlemi sonunda, yüzey sertleştirilmesi yapılacak elemanların, bu kabiliyetinde azalma oluşur.
8. Aşındırma işlemi görmüş Titan kökenli elemanlara ısı işlem uygulayarak gevrekliğin alınması gerekir.

3.2.2 Çalışma safhası

1. Gerginliğin alınması
2. L-Trikloretilen buharı ile yağların alınması
3. maskeleye
4. Isıtma ile yağların giderilmesi
5. Kimyevi aşındırma
6. Soğuk suyla yıkama
7. Sıcak suyla yıkama
8. Basınçlı hava ile kurutma
9. Ölçme kontrolü.

3.2.3 Çalışma safhasına ait bilgiler

1. Gerekli durumlarda, parça gerginliğinin alınması.
2. L-Trikloretilen buharı ile yağların alınması.
3. Gerekli görülen kısımların maskelenmesi.
4. Isıtma uygulayarak, yağların giderilmesi.

Titan ve Alüminyum malzemelerde, 10 dakika süre ile ısıtarak yağların giderilmesi. (Banyo No: 1.)

Çelik ve Nikel malzemelerde, 10 dakika süre ile ısıtarak yağların giderilmesi. (Banyo No: 2.)

5. Kimyevi aşındırma

(A) Titan malzemeler

Titan malzemeli parçalar, örneğin MV 1370 veya MV 1374 malzemeleri, HNO_3/HF eriyiği içerisinde aşındırılmalıdır.

Banyo oluşumu : HNO_3 386 g/l
 HF 44 g/L
 Katalizör 40 g/l

Banyo ısısı : 45-50°C

Banyo deposu : PVC

Aşındırma kla-

vuz değeri : 8-10 Mikron/Dakika

(B) Nikel malzeme (Nimonik)

Nimonik malzemeli parçalar, $\text{Fe}_3\text{NHO}_3 / \text{H}_2\text{SO}_4$ eriyiği içerisinde aşındırılmalıdır. Parçalar banyo eriyiği ısısında bulundurulmalıdır.

Banyo oluşumu : $\text{Fe}_3(\text{NHO}_3) 9\text{H}_2\text{O}$ 100 g/l
 H_2SO_4 290 g/l
 H_2O 610 g/l

Banyo ısısı : 55-60°C

Banyo deposu : Polietilen veya plastikte kaplanmış Krom-Nikel çelik

Aşınma değeri : Aşınma değeri tecrübe ile belirlenmelidir.

Aşındırma hızı: 10 Mikron/Dakika

NOT : Kullanılmayan banyonun ömrü ancak 24 saat Bu yüzden aynı gün kullanılmayacak banyo yeniden hazırlanmalıdır.

(C) Aluminyum malzemeler

Aluminyum malzemeli parçalar, soda eriyiği içine ilave edilen, Dapco 630 karışımı içerisinde aşınma işlemine tabi tutulmalıdır.

Banyo oluşumu	:	(1) NaOH	120-150 g/l
		Al. Talaşı	5 g/l
		Dapco 630	37-45 g/l
		H ₂ O (Damıtık).	Kalan miktar
		(2) NaOH	200 g/l
		Al. Talaşı	25-35 g/l
		Dapco 630	75-97 g/l
		H ₂ O (Damıtık).	Kalan miktar
Banyo ısısı	:	80°C	
Banyo deposu	:	Çelik	
Aşınma değeri	:	Aşınma değeri tecrübe vasıtası ile belirlenmeli.	
Aşındırma hızı	:	Banyo (1)	10 Mikron/dak.
		Banyo (2)	30 Mikron/dak.

Aluminyum malzemeli parçalar, kimyasal aşınma işlemi sonrasında, son işlem olarak Nitrik asit / Hidrofluor asit içerisine daldırma suretiyle aşınma işleminin devam etmesi önlenir. Aşağıda karışımı verilen banyo terkiibini kullanarak, aşındırma işlemi sonrasında, soğuk suyla yıkamayı takiben, yaklaşık olarak 10 saniye süre ile son işlem yapılır.

Banyo oluşumu	:	HNO ₃	386 g/l
		HF	44 g/l
		H ₂ O	570 g/l
Banyo ısısı	:	Oda sıcaklığı	

(D) Çelik malzemeler

Korozyona dayanıklı, Krom çelik ve Krom-Nikel çelik malzemeler, aşağıda karışımları verilen banyolar içerisinde, kimyasal aşındırma işlemine tabi tutulmalıdır.

Banyo oluşumu	:	(1) HF	60 g/l
		HCL	44 g/l
		HNO ₃	40 g/l
		H ₂ O	856 g/l
		(2) FeCl ₃ · 6H ₂ O	520-560 g/l
		H ₂ O	Kalan miktar
Banyo ısısı	:	(1)	50-60°C
		(2)	Oda sıcaklığı
Banyo deposu	:	(1)	Krom-Nikel kaplanmış Polietilen
		(2)	Plastik
Aşınma değeri	:	Aşınma değeri tecrübe vasıtası ile belirlenmelidir.	
Aşındırma hızı	:	(1)	8 Mikron/dakika
		(2)	3 Mikron/dakika

Çelik malzemelerde, alüminyum malzemeli parçalar gibi aşındırma devamının engellenmesi amacıyla son işleme tabi tutulurlar. Çelik malzemeli parçalar aşındırma işlemi sonrasında, soğuk su ile yıkamayı takiben, yaklaşık 5-10 saniye sürelerle aşağıda verilen banyo karışımı içerisinde son işleme tabi tutulur.

Banyo oluşumu	:	HNO ₃	500 g/l
		H ₂ O	500 g/l
Banyo ısısı	:	Oda sıcaklığı	

ÇİZELGE 2 : Kimyevi aşındırma banyoları (ASTM,1976)

BANYO NO	BANYO ADI	BANYO ISISI (°C)	BANYO BİLEŞİMİ	BİLEŞİM ORANI (gr/lt)
1	Sülfürik asit	20	H ₂ SO ₄	715-735
2	" "	10-20	H ₂ SO ₄	800-900
3	" "	10-20	H ₂ SO ₄	880-980
4	Hidroklorik asit	20	HCL	180-200
5	Hidroflorik asit	20	HF	150-200
6	Nitrik asit	20	HNO ₃	% 50-53
7	Kromik asit	20	CrO ₃ BaCrO ₄	150-170 2-4
8	Nitrik asit / Hidroflorik asit	20	HNO ₃ HF	60-70 6-8.5
9	FeCl ₃ /HCL	25	FeCl ₃ HCL	250-300 100-120
10	CrO ₃ /H ₃ PO ₄	20	CrO ₃ H ₃ PO ₄	340-380 150-200

3.3 Jet Motoru Elemanlarının Kaplanması

Jet motoru elemanları, yapı itibari ile birbirinden değişik ve kompozit malzemeli parçalardan oluşmaktadır. Bu yapı malzemesi farklılıkları ve zenginliğinden dolayı endüstride bilinen kaplama türlerinin hemen hemen hepsi ile birlikte, çok özel kaplama yöntemleri de uygulanmaktadır.

Bu bölümde, çok kullanılan genel amaçlı ve özel jet motoru elemanlarına özgün kaplama yöntemleri açıklanmıştır. Uygulanan kaplama yöntemleri, oluşturulan yüzeyler ve uygulanan yöntemlerin özellikleri dikkate alınarak beş temel grup altında incelenmiştir.

- Bunlar, 1. Akımsız kaplama
 2. Elektrolitik kaplama
 3. Anodik kaplama
 4. Kimyasal kaplama
 5. Metal püskürtme yöntemleridir.

3.3.1. Akımsız kaplama

Akımsız Nikel kaplama olarak anılan, bu kaplama yöntemi, uygulama alanı genişliği ve kolaylığı sebebi ile jet motoru elemanlarında yaygın olarak kullanılır. Akımsız Nikel kaplamanın esas amacı, korozyon ve aşınma direnci artırımıdır. Bu özelliğinin yanında ikinci amacı, kullanım yerine göre ölçü toleransları dışındaki aşınmış yüzeylerin kaplama ile tekrar kazanılmasıdır.

3.3.1.1. Akımsız kaplamanın özellikleri

Diğer kaplama yöntemlerine göre, akımsız olarak imal edilen kaplamaların önemli avantajı, muntazam olarak elde edilebilen kaplama kalınlıklarıdır. Düzgün yüzeylere uygulanan kaplama işlemlerinin yanında, komplike olarak şekillendirilmiş elemanlara uygulanmasında çok nadir olarak \pm %5'lik ölçü farklılıkları gözlenmiştir. Akımsız Nikel kaplamaların aşınma direnci, sert Krom ve galvanizi ayrılmış Nikel'in aşınma değerleri arasındadır. Kaplama

sonrasında ısıl işlem uygulanması suretiyle de sert krom kaplamanın aşınma direnci elde edilebilir.

Akımsız olarak imal edilen Nikel kaplamaları, elde edilen 15 Mikron kalınlığın üzerindeki kaplama tabakalarıyla, elektrolitik olarak kaplanmış Nikel kaplama tabakalarının iki katı aşınma direnci ve mukavemetine sahip oldukları gibi yaklaşık aynı korozyon dayanımına sahiptir.

Akımsız Nikel kaplamaların, kaplama ana yapısını Nikel-Fosfor oluşturur. Uygulama sırasında Nikel-Fosfor oranlaşma aralığı % 90-95 Nikel, % 5-10 Fosfor arasındadır. Diğer malzemelerde olduğu gibi, akımsız Nikel kaplamaların korozyon dayanımı, yükselen Fosfor miktarı ile birlikte artar. Ancak yükselen Fosfor miktarı ile birlikte malzeme gevrekliğide artar. Akımsız Nikel kaplamaların önemli bir dezavantajı olan bu gevreklik ve kırılma artışı, genelde kaplama sonrası uygulanan ısıl işlemler ile giderilemez.

Kaplama sonrası giderilemeyen bu malzeme gevrekliği, yüksek hadde ve darbelere hassasiyet gösterir. Çalışma şartları kaplanan parça açısından darbe ve vuruş gerektirir ise, kaplama uygulanabilirliği için toleransların gözden geçirilmesi gerekir.

Akımsız Nikel uygulama için amaç mukavemet ve aşınma direnci artışı sağlamak olursa, elde edilecek yüzeyin çekme dayanımı en fazla 1390 MN/m² değerinde olacaktır, bu çekme dayanımının üzerindeki çelik malzemeler bu yöntem ile kaplanmamalıdır. Akımsız Nikel mukavemet ve aşınma direnci sağlamak amacı ile bu çekme değerinden daha düşük çekme değerine sahip elemanların tamamına uygulanabilir. Bu sert olarak elde edilebilen yüzeyler sayesinde, Akımsız Nikel kaplama Alüminyum malzemelere çok amaçlı olarak uygulanır.

Akımsız Nikel kaplama yöntemi ile 0.1 mm civarında kaplama yüzey kalınlığı elde edilebilir. Kaplama işlemi sonrasında son derece homojen ve düzgün olarak elde edilebilen yüzeylerin, gözeneksiz olması sebebiyle yüksek kimyevi dayanım ve bunun paralelinde yüksek korozif

etkili çeşitli ortamlarda iyi bir korozyon dayanımı gösterirler. Akımsız Nikel kaplamaların yüzey düzgünlüğü ve parlaklığı, kaplama sonrası makina işlemi gerektirmeden kullanılabilmesini sağlar. Kaplama yüzeyi kalınlığının uygulama sırasında kontrol edilebilmesi tolerans kayıplarının, toleranslar dahilinde kazanılmasına imkan sağlar.

3.3.1.2. Akımsız kaplama uygulaması

Akımsız Nikel kaplamaları, ana malzeme özelliğine göre aşağıdaki elemanlara uygulanabilir.

- (A) Çelikler
- (B) Paslanmaz Krom ve Krom-Nikel çelikler
- (C) Alüminyum malzemeler
- (D) Bakır kökenli alaşımlar.

Akımsız Nikel kaplamaları, tüm diğer kaplamalarda olduğu gibi, gereken işlemlerin tam yerine getirilmesi sayesinde istenilen şekilde başarılabilir. Aşağıda işlem basamakları şeklinde verilen yöntemin uygulaması şu şekilde olmalıdır.

1. Tri-Kloretilen buharı ile yağların giderilmesi
2. 300°C' da 2 saat süre ile gevrekliğin alınması
3. Gerekli maskeleme işleminin yapılması
4. 6-8V'da 5 dakika süre ile gevrekliğin alınması
5. Soğuk suyla yıkama
6. Kimyevi aşındırma
 - (A) Çelikler için 6-8V'da 30-6 sn
 - (B) Paslanmaz çelikler için, 6-8V'da 45sn anodik, 15sn katodik aşındırma
 - (C) Alüminyum alaşımlar için, oda sıcaklığında 2 dakika süreyle aşındırma
 - (D) Bakır ve alaşımları için, oda sıcaklığında 2-3 dakika süreyle kükürt asidi içinde aşındırma

7. Soğuk suyla yıkama
8. Ön Nikel kaplama, 3.2-5.5 A/dm² akım yoğunluğunda
9. 2 dakika süre ile zinkat işlemi
10. Soğuk suyla yıkama
11. %53 Nitrat asidi içinde çinko tabakaların giderilmesi
12. Soğuk suyla yıkama
13. Oda sıcaklığında 1 dakika zinkat işlemi
14. Soğuk suyla yıkama
15. Sıcak suyla yıkama
16. Shipley NL-63 içinde akımsız kaplama, 88-90°C'da 15-20 mm/sn Nikel kaplama hızında
17. Soğuk ve sonra sıcak suyla yıkama
18. Basınçlı hava ile kurutma
19. Maskeleme sökümü
20. 300°C'da 2 saat süreyle gevrekliğin alınması
21. Kaplama yüzeyinin çatlak kontrolü
22. Yüzey kalitesi kontrolü
23. Kaplama tabakası kalınlık kontrolü
24. Stokajlama işlemi

NOT: Uygulamalar sırasında adı geçen banyolar için konu devamında verilen Akımsız kaplama banyolarına bakınız.

ÇİZELGE 3 : Akımsız kaplama banyoları (ASTM,1976)

BANYO NO	BANYO ADI	BANYO ISISI (°C)	BANYO BİLEŞİMİ	BİLEŞİM ORANI (gr/ltr)
1	Yağ temizleme	20	NaCN NaOH	130-170 65-85
2	Çelik aşındırma	50-60	HF HCl HNO ₃	60 44 40
3	Aluminyum aşındırma	80	NaOH Al (Talaş) Dapco-630	120-200 5-35 37-97
4	Bakır aşındırma	55-60	Fe ₃ (NHO ₃) H ₂ SO ₄	100 290
5	Ön nikel kaplama	20	NiCl 6H ₂ O HCl Ni (Metal tuzu)	210 87-150 52-67
6	Zinkatlama	20	NaOH ZnO FeCl ₃ NaCN	120 20.3 2 0.98
7	Shipley NL-63	80-100	NiSO ₄ 6H ₂ O Na ₂ HPO ₄ HC ₂ H ₃ O ₂ NaOH Mo ₂ O ₃	14-16 16-20 10-14 6-9 .008-.009

3.3.2 Elektrolitik kaplama yöntemleri

Elektrolitik kaplama yöntemi, metalik tuz banyoları ile kaplama uygulanacak malzeme arasında kurulan elektriksel bağ sonucunda, kaplama banyosundaki malzeme yüzeyinde biriken elektrolitik kalıntıların bütünleşmesi ile oluşturulan yeni yüzeyler prensibine dayanır.

Elektrolitik kaplama yöntemlerinin, güvenilir bir şekilde uygulanması ve oluşturulan yüzeylerin uygulama sırasında kontrol edilebilmesi gerekir. Elektrolitik kaplama yöntemlerinin uygulanabilirliği, yüzey kalitesi ve kaplama kalınlığı kontrolü ;

1. Kplama işlemi göreceğ elemanın, şekline, boyutlarına, malzemesine, yüzey hazırlanmasına ve elektriki geçirgenliğine,

2. Kplama teçhizatının, boyutlarına, kalitesine ve gücüne,

3. Kplama banyolarının, hazırlanmasına, temizliğine, sıcaklığına, yoğunluğuna ve bileşimine,

4. Uygulanan yöntemin uygun işlem akış şekillerine bağlıdır.

Elektrolitik kaplama yöntemlerinde, kaplama işlemi göreceğ elemanlar, kaplama teçhizatı ile iyi bir kontak sağlayacak şekilde monte edilmelidir. Teçhizat ve kaplama işlemi göreceğ malzeme arasındaki bağlantı sırasındaki dikkat edilmesi gereken nokta, çalışma bölgesinde aşırı ısınma, ark sebebi ile kıvılcımlanma ve kimyevi tortu oluşumunu engelleyici bir yerleşim sağlayabilmektir. Elektrolitik kaplama uygulamaları sırasında her zaman yangın tehlikesi ve çalışma güvenliğini tehlikeye sokacak kimyevi buhar oluşumu mevcuttur. Bu bakımdan elektrolitik kaplama yöntemlerinde montaj işlemi ihtisas ve dikkat gerektiren bir noktadır. Elektrolitik kaplama uygulamalarında, işleme tabi tutulacak elemanların kontak kurulacak yüzeylerinin iletken yapıda olması gerekir.

Elektrolitik kaplama uygulamalarında, bir banyo içerisinde, birden fazla eleman kaplama işlemi görecektir. Temas durumu söz konusu olursa, bu temas parçaların mekanik olarak hasarlanmasına, istenilen kalitede kaplama yüzeylerinin oluşturulmamasına ve ark sebebi ile yangın çıkmasına neden olacaktır.

Elektrolitik uygulamalarda, banyo içerisindeki bekleme süreleri ve diğer şartlara kesinlikle uyulması gerekir. Belirlenen çalışma şartlarına uyulmaması, istenilen kaplama kalitesinin oluşmamasına ve yapı parçalarının bozulmasına sebebiyet verir.

Elektrolitik kaplama yöntemlerinin, endüstrideki uygulama alanı ve uygulanan kaplama çeşitleri oldukça fazladır. Bu çalışmada jet motoru elemanlarına en çok uygulanan elektrolitik kaplama yöntemleri işlenmiştir. Bu kaplama yöntemleri şunlardır,

1. Kadmiyum kaplama
2. Bakır kaplama
3. Nikel-Kadmiyum kaplama
4. Kurşun kaplama
5. Kurşun-İndiyum kaplama
6. Krom kaplama
7. Nikel kaplama
8. Gümüş kaplama

Elektrolitik kaplama yöntemlerinin, açıklama ve uygulamaları, bu bölüm başlıkları altında incelenmiştir. Uygulamalar sırasında konu içerisinde geçen banyolar ve içerikleri konu devamında elektrolitik kaplama banyoları çizelgesi formunda verilmiştir.

3.3.2.1 Kadmiyum Kaplama

Banyo sıvısı ile kaplama işlemi uygulanacak malzeme arasında, akım uygulanmak suretiyle kurulan bağ neticesinde, kaplama işlemi uygulanan malzeme yüzeyine nüfuz eden tabaka sayesinde, ana malzeme kullanım özelliği ve kullanım iyileştirilmesi amacıyla uygulanan elektrolitik kaplama yöntemlerinden kadmiyum kaplama genelde

- (A) Paslanmaya dayanıksız çelik malzemelere
- (B) Paslanmaz Krom çelik ve Krom-Nikel çeliklere
- (C) Bakır ve bakır kökenli alaşımlara

yaygın olarak uygulanır.

(A) şıkında belirtilen korozyona dayanıksız çelik malzemelere kadmiyum kaplamanın esas amacı korozif özelliğin minimize edilmesidir. Bu korozif malzeme iyileştirilmesi yanında ikinci bir avantaj olarak yüzey kalitesi iyileştirilmesi ve malzemenin metalik birleştirilmesini gerektiren konstrüksiyonlarındada düzelen malzeme özelliği ile birlikte artan birleşme uyumu kalitesidir.

(B) şıkında belirtilen paslanmaz krom-çelik ve krom-nikel çelik malzemelerde uygulanan kadmiyum kaplamada esas amaç kullanım sonucu aşınma ve bozulmaya uğrayan malzeme yüzeyinin tolerans limitleri dahilinde oluşan aşınma hasarları malzemedeki kadmiyum kaplama neticesinde tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Bu iyileştirici özellik yanında paslanmaz krom-nikel çeliklerin gerilim ve tane sınırları korozyonunu önleyici etkisi kazanılan ikinci bir avantajdır. Kadmiyum kaplamalarda kaplama sırasında ve kaplama sonrasında gözenek oluşmamasına dikkat edilmesi gerekir. Kaplama öncesi yapılacak yüzey hazırlama işleminin talimatlara uygun yapılması, gözenekli yapıya yatkın kadmiyum kaplamanın bu dez avantajını bertaraf edecektir. Keza kaplama sonrası kadmiyum kaplanmış yüzeylere gözenek kontrolü yapılması gerekir.

(C) şıkında belirtilen bakır kökenli malzemeler ve magnezyum gibi asal olmayan malzemelerde uygulanabilirliği 250°C altında çalışma ısılarına sahip malzemeler üzerine olmalıdır. Belirtilen bu 250°C çalışma limiti ana malzemede oluşacak ısıl gerilmelerin, kadmium kaplanmış tabakalardakine uyumsuzluğu neticesinde oluşabilecek bozulma ve malzeme homojenitesinin düzensizliğinin bertaraf edilmesi amacıyla saptanmıştır.

Kadmiyum kaplama uygulamalarında aşağıda işlem basamakları şeklinde verilen akış takip edilmelidir.

- 1 Triklor etilen buharıyla yağları giderme
- 2 Malzeme gerginliğini giderme
- 3 6-8 V! da 5 dakika süreyle kutup değiştirerek 20 saniye katodik, 10 saniye anodik olarak yağların temizliği
- 4 Soğuk suyla yıkama
- 5 Korozyona dayanıksız çeliklerde 6-8'V da 60 sn süreyle sülfürik asid içinde aşındırma (Anodik) Paslanmaz çeliklerde 6-8'V da 15 sn kadodik, 45 sn anodik olarak sülfürik asid içinde aşındırma.
Bakır malzemelerde 2-5 sn sülfürik asidi/nitrat asidi içinde yakma.
2 Hacim H_2SO_4 - 1 Hacim HNO_3 - 1 Hacim H_2O
- 6 Soğuk suyla yıkama
- 7 1-8 dakika süreyle 6'V da açık akım devresiyle ilk nikel kaplama
- 8 Soğuk suyla yıkama
- 9 Kadmiyum kaplama 6-10 dakika, 2-4 V da 3-4 A/gdm akım yoğunluğunda
- 10 Soğuk suyla yıkama
- 11 $20-30^{\circ}\text{C}$ da 15-30 sn süreyle Alkan, Protekt i- içinde bekletme
- 12 Soğuk suyla yıkama
- 13 Sıcak suyla yıkama
- 14 Basıncılı hava veya santrifüj yardımıyla kurutma

- 15 200°C da 1-2 saat süreyle gevrekliğin giderilmesi
- 16 Çelik parçaların çatlak kontrolü
- 17 Mikrometre veya damlama testi ile tabaka kalınlığı ölçülmesi
- 18 Pürüz, gözenek ve düzgünlük kontrolü
- 19 Gözenek kontrolü
Oda ısısında 1 hacim HCL ve 99 hacim sudan oluşan bir eriyik içine koyulur, 10 dakika içinde kadmiyum tabakada Hidrojen kabarcığı oluşması, müsaade edilmeyen gözenek mevcuttur.
- 20 Korozyon dayanıklılığı testi, tuz püskürtme yöntemi ile kontrol edilebilir.
- 21 Stokajlama işlemi

3.3.2.2 Bakır kaplama

Bakır kaplamanın amacı, diğer kaplama türleri gibi çalışma şartlarına göre koruyucu bir yüzey elde edilebilmesidir. Ana malzemenin, çalışma ortamı, çalışma şartı ve çalışma konumu açısından sertleşme eğilimi mevcut olan durumlarda yüzeyi bakır ile kapatıp ortamdan izale edilerek sertleşme özelliğini giderilmesidir. Karbonlaşma, nitratlanma ve sertleşme eğilimli malzemelerin yüzeyleri bakırla kaplama işlemiyle koruyucu bir yüzey elde edilebilir. Ancak bakır kaplama kalınlığı 25 mm den daha büyük olursa gözeneksiz bir düzgün yüzey elde edilebilir.

Bakır tabakası kalınlığı aşağıdaki değerlerden alınır.

Çizelge 4 : Bakır tabaka kalınlıkları. (Parker, 1984)

MALZEME	İNCH	MM
Korozyona dayanıksız çelik	0.0005-0.0007	13-18
Paslanmaz çelik	0.0001-0.0003	2.5-7.6
Nikel	0.0006-0.0008	15-20

- Bakırla kaplama işlemini şu kısımlara ayırabiliriz
- (A) Korozyona dayanıksız çeliklerde hava boşluksuz kaplama (mekaniki işlenmez)
 - (B) Korozyona dayanıksız çeliklerde hava boşluksuz kaplama (mekaniki olarak işlenecek)
 - (C) Korozyona dayanıksız çeliklerde bakırla kaplama
 - (D) Paslanmaz çeliklerde bakırla kaplama
 - (E) Nikel malzemeli maddelerde bakırla kaplama

Bakır kaplama uygulamalarında aşağıdaki işlemler yapılır.

- 1 Tri klor etilen buharıyla yağların çıkarılması
- 2 Lüzumu halinde pas giderme
- 3 Malzeme gerginliğinin giderilmesi
- 4 5-10 dakika süreyle 6-8 V'da sırayla 10 sn Anodik, 5 sn Katodik elektrolitik olarak yağ giderme son işlem Anodik olacak .
- 5 Soğuk suyla yıkama
- 6 A-B-C şıklarındaki korozyona dayanıksız çeliklerde sülfirik asit içinde 60sn süreyle 6-8 V'da Anodik olarak aşındırma
- 7 (D) şikkındaki paslanmaz çelikler sülfirik asit içinde 6-8 V da 15 sn Katodik, 45sn Anodik veya 30-60 sn Anodik aşındırma
- 8 (D) şikkı için oda ısısında 2 dakika süre ile demir (III) Clorid/Tuz asidi içinde aşındırma (2. seçenek)
- 9 Nikel malzemeler demir (III) Clorid/Sülfürük asid içinde oda sıcaklığında 2 dakika süre ile aşındırma
- 10 Soğuk suyla yıkama
- 11 İlk nikel kaplama parçalar akımsız banyoya alınmalı ve 15 sn sonra katod olarak kutuplanarak 6 V açık akım devresinde 1-2 dakika süre ile ilk nikel kaplaması yapılır.
- 12 Soğuk suyla yıkama
- 13 Gereкли tabaka kalınlığı sağlanıncaya kadar

- 1-3 A/ dm² akım yoğunluğunda, kutupları değiştirmek suretiyle 15-20 μ m Cu/std
- 14 Soğuk sonra sıcak suyla yıkama, kurutma.
 - 15 Tabaka kalınlığı kontrolü
 - 16 Gözenek kontrolü
 - 17 Gevrekliğin alınması
 - 18 HB 302 sertlikten büyük sertlikteki çeliklerin çatlak kontrolü
 - 19 Bakır tabakası düzgün, pürüzsüz ve birbirine bağlı olmalıdır. Az bir miktarda renk değişimi ve leke kabul edilebilir.
 - 20 Gaz geçirmeyecek şekilde bakırla kaplanmış parçalar, kaplanmamış yüzeyler üzerinde bakır veya bakır tuzlarına ait izleri göstermelidir.
 - 21 İnce bakır tabakaları metal giderme banyosu "Ludigol" içine kısa süre daldırılarak, bakır tuzları artıklarında HCL içine kısa süre daldırma ile giderilebilir. Daha kalın tabakalar ise mekaniki olarak çıkarılmalıdır.
 - 22 Nitratlanan maddeler yapışma kontrolüne tabi tutulmalıdırlar. Bu maksatla maddeler 200°C da 1 saat süre ile ısıtılmalı ve tabii tutulur. Kabarcık oluşmasına müsaade edilmez.
 - 23 Kısmen veya tamamen bakırla kaplanmış elamanlar stokajlanır.

ESKİMİŞ VE HATALI BAKIR TABAKALARININ ÇIKARILMASI

- 1 Triklor etilen buharı ile yağların giderilmesi.
- 2 Bakırın çıkarılması, metal çıkarma banyosu (Ludigol) nitrik asid içinde
- 3 Soğuk su ile yıkama.
- 4 Sıcak su ile yıkama.
- 5 Basınçlı kuru hava ile kurutma.
- 6 Nikel parlaklığının giderilmesi için 2 dakika süre ile Anodit olarak H₂SO₄ içinde aşındırma
- 7 Soğuk su ile yıkama

- 8 Sıcak su ile yıkama
- 9 Basınçlı hava ile kurutma
- 10 Gerektiğinde stokajlama

3.3.2.3 Nikel-Kadmiyum kaplamalar

Nikel kadmiyum kaplamalar, düşük ve yüksek alaşımlı çelikler üzerinde korozyondan koruyucu kaplama olarak kullanılır. Kadmiyum kaplamanın hemen hemen hepsi ancak 230 °C max bir ısıya kadar sementasyon edilebildikleri için ve 320 °C da çekme kuvvetinin altında gerilme çatlaklıklarına sebep olacağından, motor imalinde kullanılması sınırlıdır. Nikel kaplamalar, yüksek ısılarda her ne kadar iyi bir korozyon dayanımına sahip iselerde ancak asgari 40 µm'lik bir tabaka kalınlığının oluşturulabilmesi gerekir. 500 °C da ve uzun çalışma sürelerinde yeterli bir korozyon korumasını sağlayan, nikel-kadmiyum kaplamalarının kullanılması bu gibi şartlarda geçerlidir.

Kaplamanın yapılmasında ilk olarak nikel sonra kadmiyum tabakası kaplanır. (Ni: Cd=2:1) Neticede kromlanır ve daha sonra diffüzyon işlemi yapılır. Ana malzemenin özelliğine göre 330 °C üzerinde ısıl işlem gerektiren malzemeler olduklarından, ana malzemesi 330 °C üzerinde ısıya tutulması sakıncalı olan parçalar nikel-kadmiyum kaplama işlemine tabi tutulmamalıdır.

Nikel-kadmiyum kaplaması yapılan malzemeler kaplama işleminden sonra yüzey kalitesi yönünden kontrol edilemezler. Kontrol işlemi için yüzeyin bozulması gerekir. Kontrol işlemlerinde kullanılmak amacıyla, deneme parçaları kullanılması gerekir.

Kaplama sonrası yapılması gereken kontrol işlemleri bu deneme parçaları üzerinde yapılır. Kontrol parçaları hazırlama işlemide ana malzeme ile paralel olarak, aynı şartlarda olmalıdır ve ön işlem şartlarında ana malzeme ile aynı ortamlarda yapılmalıdır.

Nikel-Kadmiyum kaplama uygulamalarında aşağıda işlem basamakları şeklinde verilen akış takip edilmelidir.

- 1 Gerginliğin alınması 4 saat süreyle 200°C da
- 2 Gerekli durumlarda uygun maskeleme
- 3 Elektrolitik olarak yağların çıkarılması
Kutupları değiştirmek suretiyle 5-10 dakika
6-8 V'da 10 sn katodik, 30 sn anodik
- 4 Soğuk suyla yıkama
- 5 Aşındırma
 - 5.1 Paslanmaya dayanıksız çelikler, 6-8 V'da 30-40 sn anodik.
 - 5.2 Paslanmaz çelikler 6-8 V'da 15 sn katodik, 45 sn anodik olarak H₂SO₄ içinde aşındırma
- 6 Soğuk suyla yıkama
- 7 İlk nikel kaplama (paslanmaz çeliklerde)
5-10 dakika süreyle 4-6 V' açık akım devresinde
- 8 Nikel kaplama 50°C 3 A/dm²
Not: Nikel tabakası kalınlığı 5-10 µm tabaka kaba yüzü, düzgün, gözeneksiz ve kabarıksız olmalıdır. Tabaka kalınlığı numuneden alınır.
- 9 Soğuk suyla yıkama
- 10 Kadmiyum kaplama
 - 10.1 (3)'deki gibi yağ çıkarma (gerekirse)
 - 10.2 Soğuk suyla yıkama (3. işlem yapılırsa)
 - 10.3 6-8 V'da 15 sn katodik, 45 sn anodik olarak H₂SO₄ içinde aşındırma (gerekirse)
 - 10.4 Soğuk suyla yıkama (gerekirse)
 - 10.5 Kadmiyum kaplama 2,7 A/dm²
Not: Kadmiyum tabaka kalınlığı 2.5-5 µm dir. Nikel kaplamadan hemen sonra kadmiyum kaplama yapılmalıdır. Kadmiyum tabaka kalınlığıda deneme numunesinde tesbit edilir.
 - 10.6 Soğuk suyla yıkama
- 11 Nötürleştirme 0.1 hacimde %HNO₃
- 12 Kromla kaplama. 30 sn süreyle oda ısısında
- 13 Soğuk suyla yıkama

- 14 Sıcak suyla yıkama 65°C ' 1 saat.
- 15 Basınçlı hava ile kurutma
- 16 Hava devirdaimli fırında, 60 dakika 330°C 'da Diffüzyon işlemi.
- 17 Gerekli durumlarda stokajlama
- 18 Göz kontrolü : Yapılan kaplama işlemi difüzyon işleminden sonra mat bir yüzey göstermeli ve kabarma olmamalıdır. Pürüzsüz kaplama yüzeyi hissedilebilmeli, lekесiz, beneksiz ve şeritsiz olmalıdır.

Yapışma kabiyeti : 370°C 'da 2 saat, takiben 540°C 'da 2saat ısıtma işleminden sonra yüzey bozulması olmamalıdır.

Korozyon testi : Tuz püskürtme yöntemi ile yapışma kabiyeti yeterli görülen elemanlara uygulanır.

3.3.2.4 Kurşun kaplamalar

Çelikten imal edilmiş Jet Motoru elemanlarının eş çalışan veya sabit konumdaki konstrüksiyonlarının gereği geçme bağlantılarından daha iyi bir uyum sağlanmasının arzu edildiği veya gerek duyulduğu durumlarda, bu bağlantıyı sağlamak amacıyla uygulanır. Geçme bağlantılarının tolerans kayıplarının giderilmesi, oldukça kalın olarak elde edilebilen yüzeyler sayesinde mümkün olabilmektedir. Mekaniki olarak fazla dayanım göstermeyen kurşun kaplama tabakaları kalınlığı, ana malzeme özelliğine etki etmeyecek şekilde tespit edilmelidir. Kurşun kaplama uygulamalarında istenilen yüzeylerin elde edilebilmesi için, aşağıda işlem basamakları şeklinde verilen formun takip edilmesi gerekir.

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağ giderme
- 2 Elektrolitik yağ giderme, 5 dakika 6-8 V'da 20 sn katodik, 10 sn anodik
- 3 Kurşun kaplama, $2 \text{ A/dm}^2 \sim 70 \mu\text{m Pb/saat}$
- 4 Soğuk suyla yıkama, basınçlı havayla kurutma
- 5 Gevrekliğin giderilmesi, 2 saat, 170°C 'da

3.3.2.5 Kurşun-İndiyum kaplamalar

Kurşun-İndiyum kaplamalar, düşük seviyelerde alaşımlandırılmış ve sementede edilmiş çelik kökenli Jet Motor elemanlarının yüzeylerine uygulanır. Kurşun-İndiyum kaplamalar kendi başlarına özellik arz etmelerine karşılık uygulama olarak kurşun kaplamalarının devamı niteliğindedirler. Kurşun-İndiyum kaplamalar, 3.3.2.4 alt bölüm başlığında açıklanan Kurşun kaplamaların uygulanmasından hemen sonra uygulamaya devam edilerek İndiyum'lama işlemi ile tamamlanırlar.

Kurşun-İndiyum kaplamalar yatak yapı elemanlarında difüzyon tabakaları olarak görev yaparak, sementasyon işlemlerine yatkınlığı genişletirler. Kurşun kaplanmış yüzeyler üzerine ısıl işlemi takiben uygulanan İndiyumlama sadece kurşun tabakalar içerisine nüfuz eden İndiyum miktarları ile kurşun yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi ve mekaniki dayanım kazandırılmasıdır. Aşağıda işlem basamakları şeklinde açıklanan sıra içinde yapılacak uygulamalar ile istenilen kalitede Kurşun-İndiyum tabakalar oluşturulabilir.

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağ giderme
- 2 Elektrolitik olarak yağ giderme, 5 dakika 6-8 V 20 sn katodik, 10 sn anodik
- 3 Kurşun kaplama $2 \text{ A/dm}^2 \sim 70 \mu\text{m Pb/saat}$
- 4 Soğuk suyla yıkama, basınçlı havayla kurutma
- 5 Gevrekliğin alınması, 2 saat, 170°C 'da
- 6 İndiyum kaplama, $1-2 \text{ A/dm}^2 \sim 20 \mu\text{m İn/saat}$
- 7 Soğuk suyla yıkama
- 8 Sıcak su la yıkama
- 9 Basınçlı hava ile kurutma
- 10 Difüzyon işlemi, 170°C 'da, yağ içinde 2 saat
- 11 Sıcak suyla yıkama
- 12 Tri-Kloretilen buharı ile yağ giderme
- 13 Gerekli durumlarda stokajlama K-7 ile

3.3.2.6 Krom kaplamalar

Jet Motoru elemanlarına elektrolitik kaplama yöntemleri içerisinde en yaygın olarak Krom kaplamalar uygulanır. Krom kaplamaların esas amacı sert ve dayanıklı yüzeyler elde edebilmektir. Sert krom kaplamalar, çelik paslanmaz çelik, nikel ve bakır kökenli jet motor elemanlarına yaygın olarak uygulanır. Krom kaplamaları esas malzeme özelliğine göre aşağıdaki başlıklar altında inceleyebiliriz.

- (A) Paslanmaya dayanıksız çelik elemanlar
- (B) Paslanmaz Krom çelik ve Krom-Nikel çelik elemanlar
- (C) Nikel elemanlar
- (D) Bakır kökenli jet motor elemanları

Sert krom kaplamaları, çelik kökenli elemanların korozyon dayanımını iyileştirmek ve her şeyden önce üst yüzey aşınma dayanımını artırmak amacı ile uygulanır. Yeterli derecede korozyon dayanımının elde edilebilmesi en az 50 mikron tabaka kalınlıklarının oluşturulabilmesi ile mümkündür. Daha önceden krom kaplanmış yüzeyler üzerine ve arka arkaya aynı yüzey üzerine iki kez krom kaplanmasına izin verilmez. Hatalı veya eksik oluşturulmuş krom kaplamalarının kaplama işleminden önce giderilmesi, temizleme ve aşındırma işlemlerini takiben tekrar krom kaplama uygulamasına geçilmelidir. İdeal bir krom kaplamanın, uygulama sırası aşağıdaki şekilde yapılır.

- 1 Per-Kloretilen buharı ile yağların giderilmesi
- 2 Malzeme gerginliğinin alınması, 2 saat, 250°C'da
- 3 Köşe ve kenarların akım yoğunluğunu düşürmek için Kurşun kaplama, 1 A/dm 10 m Pb/saat
- 4 Elektrolitik yağ giderme, 6-8 V'da 1 dakika
20 sn katodik, 10 sn anodik
- 5 Soğuk su ile yıkama

- 6 Kimyevi aşındırma,
- (A) Çelikler için, sülfürik asit içerisinde 6-8 V'da, 60 sn anodik,
- (B) Paslanmaz çelikler için, sülfürik asit içerisinde, 6-8 V'da 45 sn anodik, 15 saniye katodik,
- (C) Nikel malzemeler için, Fe_3Cl içinde, 4-6 V'da, $50^{\circ}C$ 'da, 90-120 sn, 45 sn'si anodik, 15 sn katodik sıra ile,
- (D) Bakır malzemeler için, Sülfürik asit içinde 6-8 V'da 15-20 sn anodik aşındırma
- 7 Soğuk suyla yıkama
- 8 (A)ve (B) malzeme için pürüzlendirme, krom aside içinde 4-5 V'da 30-120 sn, (A)malzeme için $15-45 A/dm^2$, (B) malzeme için $2-5 A/dm^2$,
- 9 Krom kaplama, $50-80^{\circ}C$ 'da, 3-12 V'da , $20-80 A/dm^2$
- 10 Soğuk suyla yıkama
- 11 Sıcak suyla yıkama
- 12 Elektrolitik temizleme banyosu içinde, 2 dakika $90-100^{\circ}C$ 'da temizleme
- 13 Soğuk suyla yıkama
- 14 Sıcak suyla yıkama
- 15 Basınçlı hava ile kurutma
- 16 Gevrekliğin giderilmesi, $200-300^{\circ}C$ 'da, 2 saat
- 17 Yüze kontrolü: kaplama ana malzemeye iyice yapışmalı, pürüzsüz ve gözeneksiz olmalıdır
Kaplama kalınlığı ölçülmesi: Deneme numunesi kullanarak.
Magnetik çatlak kontrolü

3.3.2.7 Nikel kaplamalar

Jet Motoru elemanlarına Krom kaplamalardan sonra en fazla uygulama alanı olan Nikel kaplamalardır.

Bu bölüm, paslanmaya dayanıksız çelik, paslanmaz çelik Nikel ve Bakır malzemelerden mamul parçaların elektrokimyevi olarak Nikel kaplama işlemi içermektedir ve şu ana başlıklar altında incelenebilir.

- (A) Paslanmaya dayanıksız çelik elemanların kaplanması
- (B) Paslanmaz krom ve krom-nikel çeliklerin kaplanması
- (C) Nikel malzemelerden mamül elemanların kaplanması
- (D) Bakır malzemeleden mamül elemanların kaplanması
- (E) Codep tabakaların nikel kaplanması
- (F) Kobalt malzemelerden mamül elemanların kaplanması

Nikel kaplamanın amacı çeliğin korozyon ve oksitlenme dayanımını artırmak ve ölçü toleransları dışındaki parçaların tekrar ölçüye getirilmesi sağlamaktır. Nikel kaplama uygulamaları sırasında aşağıda sıra takip edilmelidir.

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağların alınması
- 2 Gerginliğin alınması
- 3 Gerekli durumlarda püskürtme işlemi
- 4 Elektrolitik olarak yağların çıkarılması
- 5 Soğuk suyla yıkama
- 6 Aşındırma
- 7 Soğuk suyla yıkama
- 8 Ön Nikel kaplama
- 9 Nikel kaplama
- 10 Soğuk suyla yıkama
- 11 Sıcak suyla yıkama
- 12 Kurutma
- 13 Gevrekliğin alınması
- 14 Kontrol
- 15 Stokajlama

Aşağıda verilen sıra içinde yapılacak uygulamalar Nikel kaplamalarda istenilen yüzeyin eldesine imkan sağlayacaktır.

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağların giderilmesi
- 2 Gerginliğin alınması
- 3 Paslanmaz çelikten mamül (B+C) malzemeler üzerine nikel kaplanacak küçük yüzeyler elektrolitik olarak yağları çıkarılmadan önce ıslak ve kuru olarak püskürtülmelidir. Gerekirse (F) malzemeler için değişik püskürtme yapılar. Gri döküm parçalara püskürtme işlemi uygulanmaz.

4 Yağların çıkarılması

- 4.1 5-10 dakika süreyle 6-8 V'da kutupları değiştirmek suretiyle 10 sn katodik, 30 sn anodik olarak yağların çıkarılması (A+B+C için)
12-20 A/dm² akım yoğunluğunda
- 4.2 50-70°C'da 5-15 dakika süreyle ısı ile yağ çıkarma (D), 1 dakika süreyle(E)

5 soğuk suyla yıkama

6 Aşındırma

6.1 (A) Paslanmaya dayanıksız çelikler

60sn süreyle anodik olarak 6-8V'da(4-18 A/dm²)
sülfürik asit içinde aşındırma, 30sn süreyle
akımsız sülfürik asit içinde pas alma

6.2 (B) Paslanmaz çelikler

15sn süreyle katodik, 45sn süreyle anodik
3-8 V'da(4-18 A/dm²) sülfürik asit içinde
aşındırma.

6.3 (C) Nikel malzemeler

Oda ısısında, 2 dakika süreyle Fe₃Cl tuz asidi
içinde aşındırma

6.4 (D) Bakır malzemeler

Oda ısısında, 1-2 dakika süreyle H₂SO₄/HNO₃
içinde aşındırma,

Banyo terkibi: 2 Hacim % H₂SO₄
1 Hacim % HNO₃
1 Hacim % H₂O

- 6.5 (E) Codep tabakalarının aşındırılması
Oda ısısında 1 dakika süreyle H_2SO_4 / HNO_3 içinde toplam olarak üç kez uygulama
- 6.6 (F) Kobalt malzemeler
15sn süreyle anodik olarak sülfürik asit içinde aşındırma.
- 7 Soğuk suyla yıkama
- 8 Ön Nikel kaplama (B+C+D)
Parçalar akımsız banyo içine alınmalı ve 15sn sonra katodik olarak kutuplanmalıdır. 5-10 dak. süreyle 4-6 V'da ($4-8 A/dm^2$) açık akım devresinde kaplama
- 9 Nikel kaplama
2-7 A/qdm'de $40-50^\circ C$ 'da, ayrışmayı takiben $25 \mu m Ni/h$ oluşur.
- 10 Soğuk suyla yıkama
- 11 Sıcak suyla yıkama
- 12 Basıncılı ve santrifüj yardımıyla kurutma
- 13 Gevrekliğin giderilmesi
- 14 Kontrol:
- | | | |
|-----------------------------------|--------------------|----------|
| -Çekme gerilimi | kp/mm ² | : 0-10,5 |
| -Yüzey sertliği | HV | : 300 |
| -Korozyon dayanımı(Tuz püs.) | Saat | : 48 |
| -Tabaka kalınlığı ($CuSO_4$ 'de) | dakika | : 6 |
| -Göz kontrolü | | : iyi |
- Nikel tabakası pürüzsüz ve gözeneksiz olmalı, yapışma kabiliyeti, ısı işleminden sonra, Nikel tabakasında kabarcık oluşmamalı.
- 15 Stokajlama
Paslanmaya karşı dayanıksız çelik veya böyle $5 \mu m$ Nikel tabakalarıyla kısmen nikel kaplanmış maddeler k " 3 Stokaj yağı ile stokajlanır.
- 16 Nikel tabakalar metal giderme banyosunda işlem ile çıkartılır.

3.3.2.8 Gümüş kaplamalar

Bu bölüm paslanmaya karşı dayanıksız çelik, paslanmaz Krom-Çelik ve Krom-Nikel Çelik, Nikel ve Kobalt ve aynı şekilde Bakır malzemelerinde mamul parçaların gümüşle kaplanmasını tarif eder. Şu kısımlara ayrılır.

- (A) Paslanmaya karşı dayanıksız çelikten mamul parçaların gümüş kaplanması
- (B) Paslanmaz krom-çelik ve krom-nikel çelikten mamul parçaların gümüş kaplanması
- (C) Nikel ve kobalt malzemelerinden mamul parçaların gümüş kaplanması
- (D) Bakır malzemelerinden mamul parçaların gümüş kaplanması.

Gümüş kaplamanın gayesi parçaları sıkışıp aşınmasına ve sürtünme korezyonuna karşı korumaktır. Bir gümüş tabakası, korezyona karşı koruma kaplaması göstermez.

Gümüş kaplama başarısı için aşağıdaki sıra takip edilir.

- 1 Triklor etilen buharla yağların çıkarılması
- 2 Gerginliğin alınması
- 3 Elektrolitik olarak yağların çıkarılması
- 4 Soğuk suyla yıkama
- 5 Aşındırma
- 6 Soğuk suyla yıkama
- 7 Ön nikel kaplama (A). (B) ve (C)
- 8 Soğuk suyla yıkama
- 9 Ön gümüş kaplama
- 10 Gümüş kaplama
- 11 Soğuk suyla yıkama
- 12 Sıcak suyla yıkama
- 13 Tazyikli hava ile kurutma
- 14 Gevrekliğinin alınması
- 15 Kontrol
- 16 Stokajlama

(Çalışma safhasına ait bilgiler.)

- 1 Triklor etilen buharları yağların çıkarılması
- 2 Gerginliğin alınması
- 3 Elektrolitik olarak yağların çıkarılması. 5 dakika süre ile 6-8 V'da kutupları değiştirmek ile 20 sn katodik, 10 sn anodik, en sonunda anodik olarak.
- 4 Soğuk suyla yıkama
- 5 Aşındırma
 - 5.1 (A) Paslanmaya karşı dayanıksız çelikler 6-8 V'da 1 dakika süre ile sülfürik asid içersinde aşındırma.
 - 5.2 (B) Paslanmaz çelikler 6-8 V'da 45 sn anodik 15 sn katodik olarak sülfürik asid içersinde aşındırma. Kampanalardaki küçük parçalar 5-10 sn süre ile $\text{FeCl}_3\text{-HCl}$ -3.5.3 e göre aşındırılmalıdır.
 - 5.3 (C) Nikel ve kobalt malzemelerin , oda ısısında 1.5-2 dakika süre ile demirli-Kloroit/tuz asidi içersinde yakılması.
Seçenek: (RR-Parçaları için uygulanmaz) 5-10 dakika süre ile oda ısısında %25 HNO_3 içersinde %2 TURCO 4104 ile aşındır.
 - 5.4 (D) Bakır malzemelerinin 2-5 sn süre ile oda ısısında sülfürik asid/nitrik asid içersinde aşındırma.
2 hacım H_2SO_4 (d=1.84)
1 hacım HNO_3 (d=1.42)
1 hacım H_2O
- 6 Soğuk suyla yıkama
- 7 Ön nikel kaplama (A), (B) ve (C)
1-2 dakika süreyle 6 V'açık akım devresinde (kampana ünitesi: 5-10 dakika süre ile 6 V'açık akım devresinde).
- 8 Soğuk suyla yıkama

- 9 1.2 dakika süre ile 6 V, açık akım devresinde ön gümüş kaplama.
- 10 Gümüş kaplama. Münferit parçalar 1-2 A/gdm de tabaka kalınlığı elde edilinceye kadar kampa- na 6 V'da, 1 A/gdm $\approx 35 \mu\text{m}$ gümüş/saat olur.
- 11 Soğuk suyla yıkama
- 12 Sıcak suyla yıkama
- 13 Tazyikli hava ile kurutma
- 14 Gevrekliğinin alınması
- 15 Kontrol WPS ve AMS 2410 talimatları aşağıdaki kontrolleri gösterir.
 - 15.1 HB=302 sertlikteki çelik parçalarında çatlak kontrolü
 - 15.2 Mikrometre vasıtasıyla tabaka kalınlığının ölçülmesi
 - 15.3 Göz kontrolü. Gümüş kaplama pürüzsüz, göze- neksiz, muntazam ve birbirine bağlı olmalıdır.
 - 15.4 Gümüş kesilme deneyinde, ana malzemeden ayrıl- madan kesilmelidir.
 - 15.5 Somunların köşe ve kenarlarındaki gümüşün kırpıntısına müsaade edilir. Vida dış adımlarındaki tabakanın ancak kesiksiz olması gerekir.
- 16 Stokajlama. Tümü tamamen veya kısmen gümüş kaplanmış kuru stokaj yağı ile stokajlanır.

Not:

Gümüş tabakalar "plaka çıkarma" usulü ile çıkarılır. (Entplating).

ÇİZELGE 5 : Elektrolitik kaplama banyoları (ASTM,1976)

BANYO NO	BANYO ADI	BANYO ISISI (°C)	BANYO BİLEŞİMİ	BİLEŞİM ORANI (gr/lt)
I	Elektrolitik tem.	20	Radikal-IOI5	100
2	Çelik aşındırma	50-60	HF HCl HNO ₃	60 44 40
3	Bakır aşındırma	55-60	Fe ₃ (MHO ₃) H ₂ SO ₄	100 290
4	Nikel aşındırma	20	NiCl ₂ 6H ₂ O HCl	200-240 60-80
5	Gümüş aşındırma	20	Ag KCN K ₂ CO ₃	I-3 100 100
6	Codep aşındırma	70-80	HNO ₃ H ₃ PO ₄	150-170 200-240
7	Ön nikel kaplama	20	NiCl 6H ₂ O HCl Ni (Metal tuzu)	210 87-150 52-67
8	Kadmiyum kaplama	20	Cd (Metal tuzu) NaCN NaOH	24-30 115-125 10-30
9	Kadmiyum işlemi	22-30	Alkan Protekt CK	100
IO	Bakır kaplama	70-75	Cu (Metal tuzu) KCN KOH	55-65 20-32 10-35
II	İlk nikel kaplama	40-50	Ni (Metal tuzu) NiCl ₂ 6H ₂ O H ₃ BO ₃	90-110 15-30 30-40

ÇİZELGE 5: Elektrolitik kaplama banyoları (devam)

BANYO NO	BANYO ADI	BANYO ISISI (°C)	BANYO BİLEŞİMİ	BİLEŞİM ORANI (gr/lt)
I2	Kurşun kaplama	20	Pb (Metal tuzu) HBF ₄ H ₃ BO ₄	90-120 15-30 8-38
I3	İndiyum kaplama		İn (Metal tuzu) KCN KOH	I40-I5I I30-I50 25-32
I4	Krom kaplama	50-55	CrO ₃ H ₂ SO ₄	225-275 0.4-0.6
I5	Sert krom kaplama	50-55	CrO ₃	280-320 0.4-0.6
I6	Nikel kaplama	40-50	Ni (Metal tuzu) NiSO ₄ 6H ₂ O NiCl ₂ 6H ₂ O H ₃ BO ₃	60-80 I85-2I0 I70-I80 30-40
I7	Gümüş kaplama	20	Ag (Metal Tuzu) KCN K ₂ CO ₃	30-36 90-I00 90-IIO

3.3.3 Anodik uygulamalar

Anodik uygulamalar, asidik oksitleyici banyolar ile malzeme arasında kurulan zayıf elektriksel bağ neticesinde kaplama işlemi gören malzeme yüzeyinde kuvvetli metalik oksit tortu oluşturarak, yeni yüzeyler elde edilmesi prensibine dayanır.

Anodik uygulamaların esas amacı, korozyona karşı daha iyi bir korunma sağlanması ve aşınma dayanımının artırılmasıdır. Anodik uygulamalar elektrolitik ortamlarda yapılmaları sebebi ile, elektrolitik uygulamalardan farklılıkları yoktur. Böyle bir sınıflama gereği, Anodik uygulamalarda oluşturulan yüzeylerin mekaniki dayanımdan daha çok bir koruma görevi görmesi ve diğer üst yüzey işlemleri için astar yüzey oluşturmaları sebebiyledir. Bu sebeplerden dolayı Anodik uygulamalar, hem kaplama hemde üst yüzey işlemi sayılabilirler. (Blum,1979)

Genelde kaplama ağırlıklı olarak Alüminyum ve Magnezyum malzemelere, sadece üst yüzey koruması olarak Çelik ve Nikel malzemelere uygulanırlar. Anodik uygulamalarda yeni oluşturulan yüzeyler, ana malzemelerin özelliğine göre yüzeylerinin kuvvetli oksitlendirilmesi olduğu için, kaplama tabakalarının 1/2-1/3'ü ilave yüzeyler geri kalan 1/2-2/3 miktar ise ana malzeme içerisine nüfuz etmiş tabakalardır. Bu sebeplerinden dolayı Anodik uygulamalar da oluşturulan yeni yüzeyler çok az miktarda ölçü değişikliklerine imkan tanırırlar. Bu ilave yüzeyler küçük tolerans kayıplarının giderilmesine yardımcı olurlar.

Anodik uygulamaları şu ana başlıklar altında inceleyebiliriz,

1. Alüminyum malzemelere Eloxal kaplanması
2. Magnezyum malzemelerin HAE-Metodu
3. Magnezyum malzemelerin DOW-17 Metodu

3.3.3.1 Aluminyum Malzemeli Parçaların Eloxal Kaplanması

Aluminyum malzemeli jet motoru elemanlarının eloxal ile kaplanma işlemini şu kısımlarda inceleyebiliriz.

- (A) Sülfürik asit içinde Eloxal kaplama (5-20 μm)
- (B) Krom asidi içinde Eloxal kaplama (Bengough metodu)
(0,2-2 μm)
- (C) Sülfürik asit içinde kalın Eloxal ($\geq 20 \mu\text{m}$)
- (D) GS-Eloxal tabakaların boyanması
- (E) Eloxal tabakaların çıkarılması

Eloxal ile kaplamanın esas amacı, korozyona karşı bir koruma sağlamak ve aşınma dayanımını artırmaktır. Aynı zamanda kaplama işlemi gören elemanda kaplama yüzeyi sebebi ile yaratılan ölçü değişikliği, kaybedilen aşınma yüzeylerinin tekrar kazanılmasını sağlar. Eloxal kaplama işleminde kaplama tabakasının 1/3'ü dış ilave yüzey, kalan 2/3'lük kısım ise ana malzeme içerisine nüfuz etmiş tabakadır. Kalın Eloxal kaplama işlemlerinde bu oran 1/2,1/2'dir. Kaplama işlemi gören bir deliğin yarı çapı Eloxal tabaka kalınlığının 1/3'ü civarında küçülür. Eğer Eloxal tabaka 20 μm 'den daha fazla istenirse kalın Eloxal kaplama yapılması daha uygundur. Kalın Eloxal kaplanacak Demir parçalar, metalurjik kontrollerinin yapılması amacı ile Krom aside içerisinde Eloxal oksit kaplanır, kontrol edilir ve sonra kalın Eloxal oksit kaplama yapılır. Kol ve çubuk pres malzemelerinden mamül döküm parçalar ve yüksek seviyede zorlanmaya maruz kalmayan parçalar Eloxal kaplamadan önce çatlak kontrollerine tabi tutulmalıdır.

% 5'den daha fazla Bakır veya % 7,5'den daha fazla alaşım maddeli Aluminyum malzemeler normal olarak sadece sülfürik asit içinde Eloxal kaplanmalıdır. Eğer Krom asidi Eloxal kaplama için öngörülürse, ancak max 30°C ısı ve 45V düşük bir gerilimle elektrolite oksit kaplanmalıdır.

(A) Sulfürük asit içinde Eloxal kaplama

- 1 Tri-Kloretilen buharıyla yağların giderilmesi
- 2 2-5 dakika süreyle 50-70°C'da ısıtmak suretiyle yağların giderilmesi
- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 HNO₃ / HF içerisinde 30 sn süreyle oksitlerin giderilmesi
- 5 Soğuk suyla yıkama
- 6 HNO₃ içinde 1 dakika süreyle pas çıkarma
- 7 Soğuk suyla yıkama
- 8 20-40 dakika süreyle 20°C'da , 13 Volt'da 1,6A/dm² sulfürük asit içinde Eloxal kaplama

Not: Parçalar banyoya akımsız alınmalı ve bundan sonra Anodik olarak kutuplanmalıdır.

Tabaka kalınlıkları: 20 dakika5-10 µm
 30 "12-15 "
 60 "15-20 "

- 9 10 dakika süreyle tazyikli soğuk suyla yıkama
- 10 Gerekli olursa boyama işlemi
- 11 20-40 dakika süreyle 95-100°C'da yoğunlaştırma
- 12 Soğuk suyla yıkama
- 13 Sıcak suyla yıkama
- 14 Basıncılı hava ile kurutma
- 15 Kaplanmış olan tabakanın muntazam ve kabarıksız görünümü için kontrol

(B) Krom asidi içinde Eloxal kaplama (Bengough metodu)

- 1 Bölüm (A)'da açıklanan 1-7 arası işlemlerinin aynısı tekrar edilir.
- 2 33-37°C'da basınçlı hava banyosu hareketi altında krom asidi içinde Eloxal kaplama

Tabaka kalınlıkları: 20 dakika <1 µm
 30 " 1-2 "
 40 " 2 "

- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 Sıcak suyla yıkama
- 5 Basınçlı hava ile kurutma
- 6 Kaplanmış yüzeylerin kabarcık ve yüzey kontrolü
- 7 Kaplama tabakasının kalınlık kontrolü
- 8 Kaplanmış tabaka ağırlık kontrolü, min 20 mg/q dm
- 9 Yaklaşık 250 saat sonra, tuz püskürtme testinde deneme işlemleri için hazırlanan numune üzerinde max %5 civarında çekme mukavemeti ve % 10 civarında kalıcı genleşme göstermelidir.

(C) Sülfürik asit içinde kalın Eloxal kaplama

- 1 Bölüm (A)'da açıklanan 1-7 arası işlemlerinin aynısı tekrar edilir.
- 2 Banyo ısısını kaplama kalınlığına göre ayarlayarak Eloxal kaplama. 3°C'da kalın, -20°C'da ince tabaka

Kaplama işlemi süresi uygun model parça kullanarak tespit edilir. Isıya ait klavuz değer -8 ile -10°C 5 dakika 10V, 5 dakika 15V, sonra 19V gerilim ile

0,5 saat 20-30 µm

1 saat 40-50 µm

2 saat 50-60 µm

- 3 Kaplama işlemi gören parçalara 30 dakika süreyle iyice soğuk suyla yıkama
- 4 5 dakika süre ile kaynatılmış minerali tamamen giderilmiş suda yoğunlaşma
- 5 Basınçlı hava ile kurutma

(D) Eloxal kaplamaların çıkarılması

Hatalı ve eskimiş Eloxal kaplamalar $\text{CrO}_3 / \text{H}_3\text{PO}_4$ eriyiği içerisinde 80-100°C'da çıkarılırlar.

Daldırma süreleri: GS ve Bengough tabakalar 1 saat
Kalın Eloxal tabakalar 3 saat

3.33.2 HAE-Metodu

Bu bölümde açıklanan metod, alev ve koyu kahverengi HAE- Kaplamalarının magnezyum malzemeli parçaların kaplama yöntemidir. Buluşundan sonra Harry A.Evangelides diye isimlendirilen HAE-Metodu, anodik bir uygulamadır ve alternatif akımla çalışır. Aşağı yukarı aynı üst yüzeyle yüklenecek olan banyonun üç akım barından değişimle durumuna göre ikisi katod ve biriside anod olarak kutuplanır. HAE-Metodu, magnezyum Alüminyum ve manganez elementlerinin filizlerinden oluşan, çok mukavemetli aşınmaya dayanıklı kaplamaların oluşmasını temin eder. Kaplamalar aynı zamanda iyi bir korozyon koruyucusudur. Alev renkli tabakanın kalınlığı 5-10 μm , koyu kahverenginin ise 50-75 μm 'dir. Daha kalın olarak oluşturulabilen kaplama tabakaları da vardır, ancak bunlar düşük korozyon koruması gösterirler. Oluşan kaplama tabakası %50 iç yüzey, % 50 dış yüzeydedir, alev renkli tabakanın, ortalama pürüz derinliği yaklaşık 2 μm , koyu kahverengi kaplamanın ise 6-10 μm 'dir. Koyukahverengi tabakanın sertliği Mohs sertlik skalasına göre 7-8, alev renkli kaplanmış ve cilalanmış parçanın korozyon dayanımı, kromajlanmış ve cilalanmış elemanlara nazaran daha büyüktür. Korozyon dayanımının daha da iyileştirilmesi maksadıyla alev renkli kaplamalar için, Bi-Kromat son işlemi, koyukahverengi kaplamalar içinse, klima yaşlanmalı ve yaşlanmasız Kromat Dikromat-Bifluoridli son işlemler mümkündür.

Harry A.Evangelides'in "Magnezyuma ait HAE-Muamele" kitabından diğer açıklayıcı bilgiler öğrenilebilir.

HAE-Metodu uygulanmasından önce çelikten oluşan yapı elemanlı kısımlar uygun yöntemler ile mutlaka maskelenmeli, çalışma sehpa ve takımları magnezyum malzemeli elemanlardan oluşmalı ve çalışma sehpasına magnezyum civata tertibatları ile tutturma yapılmalıdır. Bir parçadaki belirli yüzeyler alev rengi, diğerleri koyu kahverengi ile kaplandıysa, parçaya ilk önce alev rengi ve sonra koyukahverengi çekilir.

(Çalışma Safhası)

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağların giderilmesi
- 2 HAE kaplamasının yerleştirilmesi
- 3 Duşta soguk suyla yıkama
- 4 Sıcak suyla yıkama
- 5 Basınçlı hava ile kurutma
- 6 Kontak yerlerinin işleme
- 7 Kontrol

(Çalışma safhasına ait bilgiler)

- 1 Tri Kloretilen buharı ile yağların çıkarılması
- 2 HAE kaplamasının yerleştirilmesi
Parçalar akımı kesilmiş olan banyoya alınmalıdır
Banyo ısısı 28°C'da, üç akım barı birlikte yük-
lenmelidir.
- 3 Alev renkli kaplamada, üç akım barı daima 400 A
bulunacak şekilde gerilim 0 Volt'dan 70 Volt'a
kadar yükseltilmelidir. Kaplama 8-10 dakika
sonra oluşursa akım kesilir.
- 4 Koyu kahverengi kaplamada, üç akım bazı devamlı
olarak 600 Amper bulunacak şekilde, gerilim 0 V
70 volt'a kadar yükseltilmelidir. Kaplama oluşun-
ca akım kesilir. Müsade edilen akım yoğunluğu :
1,5-15 A/qdm, uygulanan akım yoğunluğu işlem süre-
sine etkili olur.
A/qdm Saat
2, 5 2,50
6-10 1,50
11-15 0,75
- 5 Duşta soğuk suyla yıkama
- 6 Sıcak suyla yıkama
- 7 Basınçlı hava ile kurutma
- 8 Kontak kurulan bölmeler, 1 dakika süreyle 60 V'da
HaE işlemine tabi tutma
- 9 Kaplama yapılan yüzeyin, muntazam birbirine bağlı
ve beneksiz olması gerekir.

(Hasarlanmış HAE kaplamalarının düzeltilmesi)

- 1 Soğuk Per-Kloretilen ile yağların çıkarılması
- 2 Düzeltme eriyiğinin sürülmesi, eriyik kendi kendine kahverengi bir tabaka oluşturuncaya kadar sürülmelidir. Düzeltme eriyiği: 100 g Se₂/L ,
5 ml Lissapo N/L
- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 Basınçlı hava ile kurutma
- 5 Cilalama işlemi yapılmamış üst yüzeylerin düzeltilmesi, Kahverengi Heresite P 413 Lakesinin ince tabaka halinde sürülmesi, 30 dakika süreyle 200°C'da fırınlama.
- 5 Kısmen lakelenmiş parçalar üzerindeki hasarlanmış alev renkli HAE tabakasının düzeltilmesi,
 - 5.1 Soğuk Per-Kloretilen ile yağların çıkarılması
 - 5.2 1 dakika süreyle 60 Volt'da HAE uygulama
 - 5.3 soğuk suyla yıkama
 - 5.4 Sıcak suyla yıkama
 - 5.5 Basınçlı hava ile kurutma
 - 5.6 HAE tabakasının küçük korozyonlu yerlerinin düzeltilmesi
 - 5.7 Soğuk Per-Kloretilen ile yağların çıkarılması
 - 5.8 Bir cam tüple Krom asidinin sürülmesi, eriyik kurumamalıdır, tesir süresi 2 Dakika
 - 5.9 Soğuk suyla yıkama
 - 5.10 Sıcak suyla yıkama
 - 5.11 Basınçlı hava ile kurutma

(HAE tabakalarının çıkarılması)

- 1 HAE tabakasının 90-100°C'da Krom asidi içerisinde çıkarılması
- 2 Duşta soğuk suyla yıkama
- 3 Max 30 sn süreyle Hidrofluor asidi içerisinde oksitlerin giderilmesi
- 4 Soğuk suyla yıkama, sıcak suyla yıkama, kurutma

3.3.3.3 Mağnezyum malzemeler için üst yüzey koruması olarak DOW-17 metodu

Bu kısımda DOW-17 yöntemi ile mağnezyum malzemeli parçalar üzerine DOW-17 tabakalarının kaplanması anlatılır. DOW-17 yöntemi anodik bir uygulama yöntemidir. İsteğe göre alternatif veya doğru akım devreleri ile yüklenebilir. Doğru akım devreleri kullanılması halinde, banyo kullanım süresinin iki katı zaman zarfında, anot/katot olarak kutuplama yapılır. Alternatif akım devrelerinin kullanılması durumunda, banyo depoları katot olarak kutuplanır. Banyo depoları iletken olmayan malzemeden ise, banyo içine asılan bir çelik malzeme ile katot vazifesi görülür. Aynı zamanda boya maddesi için astar olarak iş gören korozyona aşınmaya karşı dayanıklı kaplamaları DOW-17 yöntemi sağlar. DOW-17 kaplamaları krom oksitten oluşurlar (Cr_2O_3), oldukça gevrek ve parçaların şekil değişim işleminde pullanan açık yeşil tabakanın kalınlığı 15-20 μm , koyu yeşilin ise 30-70 μm 'dir. Daha kalın olarak da elde edilebilen kaplama tabakalarının korozyon dayanım gücü azalmaktadır. DOW-17 tabakalarının, yaklaşık %80 kısmı dış yüzey, geri kalan %20 kısım ise ana malzeme içerisine nüfuz etmiştir.

DOW-17 tabakaların oluşturulabilmesi için diğer yöntemlerdeki gibi yüzey hazırlama işlemlerinin tamamen uygulanması gerekir. Tabakanın kaplanmasından önce, çelikten oluşan kısımlar çok iyi şekilde maskelenmeli ve parçalar mağnezyum sehpalardaki mağnezyum tertibat ve vidalar ile tespit edilmelidir.

Çalışma safhası

- 1 Isıtma ve Tri-Kloretilen buharı ile yağların alımı
- 2 Oksitlerin giderilmesi
- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 Kaplama
- 5 Kontrol

(Çalışma safhasına ait bilgiler)

- 1 Tri-Kloretilen buharıyla yağların çıkarılması
- 2 30 sn süreyle 100°C'da Ardrex 185-4 içerisinde ısıtma ile yağların giderilmesi
- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 30 sn süreyle 90-100°C'da negatif katolizör'lü krom aside içinde oksitlerin, alımı
- 5 Soğuk suyla yıkama
6. 65-75°C'da DOW-17 kaplamasının uygulanması
Parçalar sistemin akımsız olması durumunda banyoya alınmalı, akım barları birlikte yüklenmelidir. Gerilim, 30 Volt'da başlanarak her dakika için 10 Volt olmak üzere 75 Volt'a kadar yükseltilmeli. Akım düşerse voltaj kesilmelidir. Koyu yeşil ve daha kalın tabakaların oluşturulabilmesi amacıyla gerilim 100 Volt'a kadar yükseltilebilir. Yanlız 1-5 A/dm² arasındaki akım şiddetini aşmamalıdır.
- 7 Kontak yerleride çıkarıldıktan sonra soğuk yıkama
- 8 Sıcak suyla yıkama
- 9 Basınçlı hava ile kurutma ve kontrol.

(DOW-17 tabakalarının çıkarılması)

1. 5 dakika süreyle 100°C'da ardrex 185-4 içinde ısıtma ile yağların alınması
- 2 Soğuk suyla yıkama
- 3 90-100°C'da negatif katolizörlü krom asidi içinde DOW-17 tabakalarının çıkarılması
- 4 soğuk suyla yıkama
- 5 Sıcak suyla yıkama
- 6 Basınçlı hava ile kurutma
- 7 Stokajlama işlemi
8. Kaplama işlemi uygulanırken, bu stokaj işlemi kaplama sonrasında uygulanır
- 9 Kaplama işleminden önce öngörülen yöntemlerin uygulanması suretiyle stokaj alma işlemi yapılır.

ÇİZELGE 6 : Anodik uygulama banyoları (ASTM, 1976)

BANYO NO	BANYO ADI	BANYO ISISI (°C)	BANYO BİLEŞİMİ	BİLEŞİM ORANI (gr/lt)
1	Isıtarak yağ giderme	60-80	NaCN NaOH	I30-I70 65-85
2	Oksit giderme	20	HNO ₃ HF	4I5-460 5.2-5.9
3	Eloxal kaplama	I5-30	H ₂ SO ₄ Al	285-3I0 3-I2
4	Eloxal kap. (Bengouth)	35-40	CrO ₃	55-60
5	Sert Eloxal kaplama	0-I0	H ₂ SO ₄ Al Al ₂ (SO ₄) ₃	I20-I45 3-I2 I8-30
6	HAE Kaplama	I5-30	KOH KF Na ₃ PO ₄ I2H ₂ O Al K ₂ MnO ₄	I30-I70 30-40 33-40 9-II I7-20
7	DOW-I7 Kaplama	50	Ni NiCl ₂ 6H ₂ O H ₃ BO ₃	90-II0 I5-30 30-40
8	Elektropolisaj	20	Poligrate 250	I225

3.3.4 Kimyevi uygulama

Kimyevi banyolar içerisine daldırma suretiyle, malzeme yüzey yapısının değiştirilebilmesine imkan tanıyan, kaplama işleminden daha çok, sadece üst yüzey işlemdir. (Elektroforming).

Uygulanan kimyasal daldırma işlemlerinde banyo özellikleri, katkı maddeleri ve banyo sıcaklıkları, uygulanan yöntemde reaksiyonun hızı ve kalitesini etkiler. Kimyevi uygulamalarda kullanılan kimyasal banyolar, sürekli kullanımlı katkı maddeli banyolardır. Kimyevi uygulamalarda, yüzey kaplama banyolarına ilave edilen katkı maddelerinin tamamı kullanılabilir.

Kimyasal uygulamalarda, Anodik uygulamalardan daha pasif ve güçsüz, bunun yanında uygulama kolaylığı ve genişliği bakımından daha elverişli yüzeyler elde edilebilir. Kimyasal uygulamalar ile elde edilen yeni yüzeyler, daha korozyon koruyucusu ve diğer üst yüzey işlemleri için astar tabaka görevini üstlenirler.

Kimyasal olarak elde edilen kaplama katmanlarının mekanik dayanımı ve kalınlık oluşturma kabiliyeti olmadığından, tolerans kayıplarının giderilmesinde kullanılamazlar.

Jet Motoru elemanlarında, yaygın olarak kullanılan kimyasal kaplama uygulamaları şunlardır,

1. Magnezyum malzemeli jet motoru elemanlarının kromatlanması
2. Alüminyum malzemeli jet motoru elemanlarının pasivleştirilmesi
3. Siyahlama ve siyahoksitleme işlemleri.

Jet Motoru elemanlarında uygulanan kimyasal kaplama yöntemlerinin işlem basamaklarında adı geçen kimyasal kökenli banyolar, konunun devamında çizelge halinde verilmiştir.

3.3.4.1 Mağnezyum malzemeli oksitlenmiş parçaların kromajı

Bu kısımda, mağnezyum malzemelerden imal edilmiş çok şiddetli oksitlenmiş ve korozyona uğramış parçalar üzerine kromaj kaplamalarının uygulanması anlatılacaktır. Kromaj tabakaları, korozyon dayanımını iyileştirir ve boyama işi için çok iyi bir astar fazifesi görür. Kuvvetli derecede korozyona uğramış üst yüzeylere kromaj tabakası kaplanmadan önce püskürtme işlemi ile yüzeyin temizlenmesi gerekir. Çelik, Nikel ve kobalt malzemelerden imal edilmiş parçalar ve kadmiyum kaplama uygulanmış çelik parçalar bu yöntemler ile aşındırılmaz. Kromaj işlemi sonucu elverişli olmayan tabaka oluşumunu engellemek için, özellikle hassas parçalarda esas yapı parçası yerine, numune parça işleme tabi tutulmalı ve ölçüsel oluşturulabilen katmanın kontrolü yapılarak, esas kaplama işlemine geçilmelidir.

Kromat kaplamada, kaplama tabakasının %50 -%70 kısmı malzemenin içine nüfuz eder ve geri kalan %30- %50 kısmı dış yüzey kaplaması şeklindedir. Dış yüzey kaplamaları kalınlık itibari ile 2-5 μm 'lik tabakalardır.

Çalışma safhası

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağların çıkarılması
- 2 Isı uygulama ile yağların giderilmesi
- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 Krom oksidi içinde oksitlerin giderilmesi
- 5 Soğuk suyla yıkama
- 6 Hidrofluor asidi içinde oksitlerin çıkarılması
- 7 Soğuk suyla yıkama
- 8 Kromajlama
- 9 Soğuk suyla yıkama
- 10 Sıcak suyla yıkama
- 11 Basıncılı hava ile kurutma
- 12 Kontrol

Çalışma safhasına ait bilgiler

- 1 Gerekili durumlarda Tri-Kloretilen buharı ile yağların çıkarılması
- 2 70-80°C'da, 2-5 dakika süreyle ısıtarak yağların giderilmesi (Banyo No: 1)
- 3 Soğuk suyla yıkama
- 4 30-60 sn süreyle krom asidi içinde oksitlerin çıkarılması (Motor elemanları sık sık ve uzun süreler ile 90-100°C'da katalizörlü krom asidi içinde işleme tutulmamalıdır.)(Banyo No: 7)
- 5 Soğuk suyla yıkama
- 6 Hidrofluor asidi içinde 30 -60 sn süreyle oksit giderme işlemi (Banyo No: 7)
- 7 soğuk suyla yıkama
- 8 Magnezyum malzemeler, 30-45 dakika 85-100°C'da kromajlama işlemi. (Banyo Nd: 2)
- 9 ZRE malzemeleri, , 30 dakika süreyle 95 -100°C'da kromajlama işlemi (Banyo No: 3)
- 10 Soğuk suyla yıkama
- 11 Sıcak suyla yıkama
- 12 Basınçlı hava ile kurutma
- 13 Parçalar birbirine bağlı, koyu, beneksiz krom tabakası ile kaplanabilmiş olmalıdır. Kromaj işlemi görmüş elemanlar boyama işleminden önce 1 saat süreyle 135-150°C'da kurutma işlemine tutulurlar.

Hasarlanmış krom tabakalarının düzeltilmesi

- 1 Soğuk Per-Kloretilen ile yağların çıkarılması
- 2 Düzeltme eriyiğinin sürülmesi, eriyik kahverengi bir tabaka oluşturuncaya kadar uygulanır.
Düzeltme eriyiği: 100 g SeO₂, 5 ml Lissapol
- 3 Büyük hatalar için 15sn Hidrofluorik oksit alma
- 4 10-15 dakika kromajlama (Madde 8'e göre)
- 5 Soğuk suyla yıkama
- 6 Sıcak suyla yıkama
- 7 Basınçlı hava ile kurutma

3.3.4.1 Alüminyum malzemeli elemanların pasivleştirilmesi

Alüminyum malzemeli elemanlar üzerine uygulanan bu pasivleştirme işlemi sonucunda oluşturulan pasif tabaka korozyon koruması sağlar ve aynı zamanda boyama işlemi göreceklemanlar için iyi bir astar tabaka teşkil ettirir. Krom asidi absorbe edici özelliğe sahip Al-Cr-Oksit tabaka ısı dayanımı 150°C civarındadır. Boya tabakaları, Eloxal tabakaları, korozyon tabakaları ve eskimiş pasivleştirilmiş tabakalar, pasivleştirme işleminden önce çıkarılmış olmalıdır

Çalışma safhasına ait bilgiler

1 Isıtma suretiyle yağların çıkarılması, 3-19 dak.
70-80°C'da. (Banyo No: 1)

2 Soğuk suyla yıkama

3 Oksitlerin çıkarılması (Banyo No: 7)

Oksit çıkarma işleminde mümkünse aşınması muhtemel alüminyum parça mevcutsa, oksitler çıkarılmamalıdır
Örneğin:Kadmiyumlanmış çelik parçalar,döküm parçalar gözeneklidir.

4 Soğuk suyla yıkama

5 Pasivleştirme: 30sn -5 dakika, Bonder-720 içinde parçanın arzu edilin altın rengi elde edilinceye kadar pasivleştirme işlemi. (Banyo No: 4)

6 Soğuk suyla yıkama

7 Sıcak suyla yıkama, max 1 dakika 500°C'da sıcak suya 2 g Bonder-720 ilavesi ile.

8 Basıncılı hava ile kurutma, boyama işleminden önce yapılmış olan kaplama en az 30 dakika oda ısısında sağlamlştırılmalıdır.

9 Kontrol: Yapılmış olan kaplama, altın sarısı-kahverengi tonlarda, birbirine bağlı olmalı
Çok uzun pasivleşme sonucu ortaya çıkan tozlu tabaka, alt tabakaya zarar vermeden silinmelidir.

10 Hasarlı pasiv tabaka VP 2782 Bonder pastası ile renk tonu elde edilinceye kadar 20-189 sn sürme yapılır.

3.3.43 Siyah Oksitleme

Siyah oksitleme veya siyahlaştırma diye adlandırılan bu yöntem sayesinde elde edilen siyah tabaka ile çok az miktarda korozyon koruması elde edilir ve bu işlem esaslı itibarı ile bilhassa taşıyıcı ve kayıcı yüzeylerde sürtünme ve aşınma azaltılması konusunda yağ tabakasına ait astar malzemesi olarak iş yapar. Siyahlaştırma banyosunda sıcak eriyiğe maruz kalan, işlem elemanları, çekme gerilmesi altında gerilme çatlakları ve gerilim korozyonuna eğilim gösterirler. Bu sebeple çekme gerilmesi altında çalışan elemanların siyah oksitleme işleminden kaçınılmalıdır.

Çalışma safhasına ait bilgiler

- 1 Tri-Kloretilen buharı ile yağların çıkarılması
 - 2 5-10 dakika Ardrox- 185-4 içinde, 100°C'da ısıtarak yağların giderilmesi. (Banyo No: 1)
 - 3 Soğuk suyla yıkama
 - 4 Antox Suppa ve soğuk su içinde yıkamayla oksit giderme. (Banyo No: 7)
 - 5 Sıcak suyla yıkama
 - 6 135°C'da 5 Dakika süreyle ön siyahlama (Banyo No: 5)
 - 7 145°C'da 10-40 dakika süreyle siyahlaştırma işlemi. (Banyo No: 5)
- Kuvvetli ısı uygulamasına rağmen 135-145°C ısılar elde edilemez ise, siyahlaştırma tuzu ilave edilir.
- 8 Soğuk suyla yıkama
 - 9 10 sn süreyle siyanür banyosuna sokma (Banyo No: 6)
 - 10 Soğuk sonra sıcak suyla yıkama, kurutma
 - 11 Magnetik çatlak kontrolü uygulama
 - 12 K3 veya 63 nolu stokaj yağı ile stokajlama
 - 13 Aynı şartlar ve malzemelerdeki siyahlaşma aynı olmalıdır.
 - 14 Kızılımsı kahverengi ve yeşil renk kabul edilmez
 - 15 Siyahlaştırılmış üst yüzeyler 50±3°C'da 120 saat süreyle %100 nisbi rutubetteki ortamda korozyon emareleri göstermemelidir.

ÇİZELGE 7 ; Kimyevi uygulama banyoları (ASTM,1876)

BANYO NO	BANYO ADI	BANYO ISISI (°C)	BANYO BİLEŞİMİ	BİLEŞİM ORANI (gr/lt)
I	Yağ temizleme	20	NaCN NaOH	I30-I70 65-85
2	Magnezyum Kromat	85-100	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ MgF_2 CrO_3	I35-I80 I-2 4.5-5.2
3	ZRE Kromat	95-100	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	II-18 I5 30 6-10
4	AL Pasivleştirme	20	CrO_3 BaCrO_4	I70-I80 I.7-2.4
5	Ön siyahlama	82-100	NaOH	240
6	Siyahlaştırma	I40-I45	NaOH NaCN	525 575
7	Ön fosfat		P_2O_7	210

3.3.5 Metal püskürtme yöntemi

3.3.5.1 Genel açıklamalar

Özel nitelikte yüzeyler elde edilmesi için veya aşınmış parçaları gerekli ölçüye çıkarmak amacıyla yeni veya kullanılmış yapı elemanlarının, metaller, metal alaşımli seramik malzemeler ile veya bilêşik malzemelerden meydana gelen bir toz veyahut tel ile metal püskürtme suretiyle (alev veya plazma püskürtme) tabaka oluşturulması işlemine metal püskürtme işlemi denir.

Meydana getirilen tabakanın kalitesi bir çok faktöre bağlıdır.

- Yapı parçalarının geometrik şekli
- Yapı parçalarının sertliği ve malzemesi
- Motordaki zorlanma ve çevre koşulları
- Püskürtülecek malzemenin bileşimi ve kalınlığı

Kaplama için yüzey hazırlama işleminde buharla yağların çıkarılması ile ilgili tertibatın parçalar çözümü maddede içinde kalmayacak şekilde dizayn edilmesi gerekir. Çözücü maddenin buharının parçayı tamamen kaplaması ve damlaması zorunludur. Bu tertibat katı kirlenme maddelerini toplamayacak şekilde olmalıdır.

Metal püskürtülecek yüzey veya kısım hazırlanması amacıyla temizleme işlemi sonrası yüzey aşındırması genelde tane büyüklüğü değişen alüminyum-oxid püskürtme suretiyle yapılır. Bu püskürtme işleminden zarar görmemesi istenilen yüzey veya kısımlar bu işleme özgün özel maskeler ile korunmalıdır. Püskürtme tertibatının gerek basınçlı püskürtme işlemine gerekse enjektör prensibine uygun olması ve püskürtme katmanlarının meydana getirilmesi için temiz pürüzlü yüzeyler oluşturulabilecek şekilde olması zorunludur. Teçhizatın hava basınçını ölçmek için ölçme aletleri ince maddeleri çıkartmak için toz emme tertibatı ve daimi temiz ve kuru hava akımı sağlamak için iki hava filtresine ihtiyaç vardır.

Püskürtme işleminde kullanılan malzeme nem, yağ, kir ve diğer kirletici maddelerden arınmış olmalıdır. Depolanmış püskürtme maddesini kuru durumda tutmak için özel ısıtıcılı odaların hazır olması gerekir.

Metal püskürtme işleminde kullanılan işlem gazları için temizlik derecesi çok önemlidir. Bu işlemde kullanılan gazların min/ Argon %99.969, Helyum %99.995, Oksijen %99.5, Azot %99.995, Hidrojen %95 lik olması zorunludur.

Plasma kaplaması, asal (veya nispeten asal) gaz veya gaz mikstüre'lerini ionize duruma getirinceye kadar ısıtan yüksek yoğunluktaki elektrik arkını kullanır. Bu gazın genişlemesi sonucunda oluşan oldukça yüksek hızı sağlar. Toz halindeki metal sıcak alevin içersine püskürtülür, eritilir ve arzu edilen yüzey üzerine sevk edilir. Plazmanın ana avantajları daha yüksek sıcaklıklara (20.000° den 30.000°F'a kadar veya 12.000°C den 16.000°C kadar) bulaşma ve kaplamadaki oksidlenmenin kontrolüne müsade eden asal ortamdır. Plasma ekipman makul fiatla kolayca bulunabilir ve bakım atelyesinde uygun bir şekilde yerleştirilebilecek orta büyüklükte çalışma sahası gereklidir. Kaplama seçimi sağlar ve normal derecede bir beceri gerektirir.

Tüm bu kaplamalar mekaniki olarak yüzeye uygulanmaktadır. Bu kaplamaların sert yüzey eritme kaynak tipiyle karıştırılmaması gerekir. Parçanın ısısı en az 400°F (204°C) tın altında sağlanmalıdır. Böylece parçada çöküntü yani yapısal değişiklik en aza indirgenir. Her bir kaplama alaşımı farklı karakteristiklere sahip olup, değişik parçalardan en iyi randıman almak için kullanılır. Plasma kaplamaları, jet motor parçalarının tamirlerinin artması ile aşınan parçaları tekrar restore ederek servise verilebilir bir duruma döndürmek için kullanılmaktadır.

Metal püskürtme işleminde meydana gelen alevler, yüksek oranda ultraviyole ışınları bulunan ve yüksek yoğunlukta bir ışık sacarlar, ayrıca yüksek bir ses meydana gelir. Ultraviyole ışın güneş yanığı ve gözdeki korone

tabakasında iltihaplanma meydana getirir. Bu nedenle görevli personel için uygun koruma teçhizatı kullanma zorunluğ u vardır. Asbest yanmaz elbiseler, kaynakçı miğferleri koruyucu gözlük ve kulaklıklar, eldiven ve gerekli durumlarda oksijen maskesi ile çalışmak gerekir.

Genel olarak metal püskürtme tabakaları darbe ve vuruntu zorlamalarına karşı hassastırlar. Bu sebeble püskürtme tabakaları ancak gerekli son ısıl işlemlerde dahil olmak üzere tüm mekanik işlemlerinin tamamlamış olmaları tercih edilir. Katmanlanması gereken yeni parçaların ölçülere tam olarak uygun olmaları önemlidir, metal püskürtme tabakalarının ölçüsel uygunsuzlukları dengelemesi bu nedenle istenmez. Ölçülere uygun olmayan yapı parçalarında büyük veya küçük boyutlu püskürtme tabakaları meydana gelmektedir. Extrem durumlarda tabaka müteakip bir son işlemlerle tekrar çıkarılabilir.

Bu sebeble ana malzemedeki bütün kaynaklar ısıl işlemler ve kimyasal yüzey işlemleri metal püskürtme işlemleri ile tabaka meydana getirmeden önce yapılır. Yapı parçasının püskürtme tabakasının çıkarılmasını zorunlu kılan sonradan yapılacak işleme hiç bir suretle izin verilmez

33.5.2 Metal püskürtme teçhizatı

Metal püskürtme işlemi için kullanılan cihazlar ve tertibatların kontrol edilmiş, denenmiş, değerlendirilmiş ve öngörülen kullanma amacına uygunluğ u saptanmış olmalıdır. Metal püskürtme işlem yaprakları kısmında bu teçhizat numaraları standartları verilmiştir. Püskürtme tabancasının metal püskürtme işlemi için imal edilen, otomatik olarak tabakaları oluşturabilecek yapıda olması zorunludur. Buna bağı olarak yardımcı ve yanıcı gaz akışını muntazam ayarlayabilen ($0.55-7.03\text{kg/cm}^2$ arasında) regülatörlere ihtiyacı vardır. Püskürtme tabancasında oluşacak akış, akışmetreler vasıtası ile tesbit edilebilmelidir. Bu tertiba-

tın içine de düzenli ve sevki edilen miktarda max \pm %5 lik bir oynama ile kaplama malzemesi sevkiyat tertibatı gerekir.

3.3.5.3 Metal püskürtme işlemi için yüzey hazırlama

Püskürtme yapılacak parçaların yüzeylerine, püskürtme yapılmadan önce mutlak suretle kuru, curuf, yağ ve diğer pisliklerden temizlenmiş olmalıdır. Bu temizleme işlemleri ana malzeme özelliğine göre belirlenen özel yöntemler ile temizlenmelidir. Diğer bütün yağ artıkları ve diğer organik kalıntıların girinti ve oyuklarından tamamen çıkarılması amacıyla püskürtme işleminden 1-2 saat önce 90° - 260° C arasındaki sıcaklıklardan hava devir daimli bir fırında tutulmalıdır. Bu işlem için sıcaklık yıpratma ve tavlama sıcaklığını aşmamalıdır. Püskürtme yapılması gereken bütün bölgeler özel bir kapatma bandı, uygun kapatma tertibatı veya metco masking compound ile maskelenerek korunacaktır. Delikler ve kanallar için grafit pimler veya lastik tapalar ile kapatılacaktır.

Bu işlemler yapıldıktan sonra metal püskürtme işleminden önce yüzeyler talaş kaldıran işler ile vaye püskürtme yapma sureti ile pürüzlendirilecektir. Talaş kaldırma işlemi ile pürüzlendirme, oluklar meydana getirme veya kaba vida dişi açmak suretiyle olur. Talaş kaldırmayan işleme tabi tutulmuş yüzeylere metal püskürtme tabakasının yapışma kabiliyetini artırmak için püskürtme yapılacaktır. Pürüzlendirme işlemi için gerekli olan işletme basıncı ve püskürtme süresi püskürtme maddesinin ve kullanılan teçhizatın çeşidine, pürüzlendirilecek malzemeye veya istenilen yapışma kabiliyeti ölçüsüne bağlıdır. Ölçü yoğunluğunun tamamlanabilmesi için aşındırma işlemlerine püskürtme süresinde püskürtme basıncının seciminde özel itina gösterilmesi gerekir.

Metal püskürtme işlemine hazırlanan yüzeyler temiz muhafaza edilecektir, kirlenen yüzeyler (örneğin parmak izi) yeniden temizlenecek ve pürüzlendirilecektir.

Metal püskürtme yapılacak yüzeyler, muhtemel nemi gidermek amacıyla ve gerektiğinde püskürtme tabakası ile iş parçasının sıcaklık genişmesini kontrol için ısıtılır. İş parçası sıcaklığı, oksid tabaka, renk solması, çekme veya istenmeyen ısıl bozulmaları önlemek için asgari seviyede tutulur. İlk ısıtma sıcaklığı tavlama sıcaklığını kesinlikle aşmamalıdır.

3.3.5.4 Metal püskürtme uygulaması

Hazırlanan yüzeylerin kirlenme veya oksidlenmesini asgari seviyede tutabilmek amacıyla metal kaplama işlemi mümkün olan en az gecikme ile yapılmalıdır. En son pürüzlendirme ve tabaka oluşturma püskürtmeleri arasındaki gecikme zamanı en fazla iki saatle sınırlandırılmalıdır. Bu maximum iki saat zarfında parça temiz ve kuru durumda muhafaza edilmelidir. Eğer bu süre içinde kaplama yapılmaz ise hazırlık safhası tekrar edilir.

Parçalar tek tek veya grup halinde özelpüskürtme tertibatlarına yerleştirilir. Tertibat hareketlidir, püskürtme tertibatının parçanın yüzeyine dikey hareket etmesi gerekir. Yapı gereği bu mümkün olmaz ise dikey doğrultudan azami 30° kadar sapmalar olabilir. Yatık çalışma durumunda oluşturulacak yüzeylere aşırı dikkat gerekir. Üst tabaka oluşturulmadan önce astar tabaka oluşturulur. Astarın ve takiben üst tabakanın sürülme püskürtmeleri arasındaki gecikme parçanın sıcaklığına zarar verici şekilde düşebilecek bir süre sürmemelidir ve bu gecirme hiç bir suretle 30 dakikadan fazla sürmemelidir.

Üst tabaka, astar tabakanın püskürtülmesinden hemen sonra belirlenen kalınlıkta püskürtülür. Bu üst tabaka her katmanının sürülmesi arasındaki gecikmeyi asgaride tutarak, gerekli tabaka kalınlığı elde edinceye kadar katmanlar halinde bir çok kez püskürtülür. Uygulama safhaları işlem yaprakları şeklinde bir sonraki kısımda verilmiştir.

3.3.5.5 Metal püskürtme için kalite istekleri

(A) Göz kontrolü

Çizelgedeki taleplerin yerine getirildiğinden emin olmak için, püskürtme tabakası göz kontrolünden geçirilecektir. Püskürtülen tabaka müsavi olmalı, tabakada topaklaşma, erimiş veya yapışmış malzeme parçacıkları, çatlaklar, renk solgunlukları ve boşluklar olmamalıdır. Püskürtme maddesiyle ana malzeme arasında veya yapışkan tabaka ile örtü tabakası arasında ayrılma, kavlamaveya kötü yapışma gibi durumlar olmamalıdır.

(B) Metalografik değerlendirme

Mikro taşlama işleminin metalografik değerlendirilmesi termik olarak püskürtülmüş tabakaların kalitelerini belirtmesinde kullanılan önemli bir yöntemdir. Belli bir uygulamada kullanılacak tabakaya verilecek izin, metalografik incelemenin sonucuna bağlı olduğu için, incelenecek deney parçası mutlaka yapı parçasını temsil ediyor olmalıdır.

Taşlama imalatı için kullanılan numune hassas bir keski ile yapı parçasının yada numunenin kaplanmış yüzeyinden dikine kesilerek alınacaktır. Aşırı bir ısınmanın ve bunun sonucu tabakada çatlakların meydana gelmesini önlemek amacıyla soğutma maddesini akışı ve kesme hızı iyi ayarlanacaktır. Ayrılmış parçalar, kaplama zedelenmeyecek ve kaplamanın dış kenarları kolayca işlenecek şekilde sıkıştırılıp polisaj yapılacaktır.

(C) Yapışma-çekme mukavemeti

Yapışma-çekme mukavemeti, ön yüz çekme denemesi ile hesaplanır. Bu sırada elde edilen değerler, yapışan yüzeye dik olarak çekme zorlaması uygularken termik püskürtme tabakalarının yapışma çekme mukavemeti hakkında fikir edin-

me olanağı verir. Deney, malzemenin, püskürtme malzemesinin malzeme yüzeyine uygulanan ön işlemin ve püskürtme koşullarının püskürtülen tabakadaki yapışma-çekme mukavemetine olan etkisi hakkında karar vermek için veya metal püskürtme koşullarını kontrol etmek için yapılır.

Çekme deneyi 1. sınıf DIN 51 221 talimatındaki çekme kontrol makinası ile yapılacaktır. Yapıştırılan deney parçaları yapıştırılan birleşme yerlerinden kesme ve bükme gerilimlerinin meydana çıkmaması için her ucundan çapraz mafsalla çekme kontrol makinasına sıkıştırılacaktır. Yapışma çekme deneyi uygulanacak nümuneyi yapıştırmak için Typ 2214 yapıştırıcısı veya eşdeğeri uygun bir malzeme kullanılacaktır. Yapıştırıcı mavi boya maddesi ile renklendirilecektir.

Ön yüz çekme denemesi yapılacak nümune, basınçlı 2 gövdeden ve uygun tabakayla teçhiz edilen bir yardımcı parçadan ibarettir. Yardımcı parçanın kenarları dik açılı ve çapaksız olacaktır. Yardımcı parçalar ya benzeri malzemeden veya yapı parçasındaki aynı bileşim ve sertliği temsil eden bir malzemeden imal edilecektir.

Yapı parçalarında olduğu gibi, yardımcı deney parçalarında aynı ısıl işlem, aynı yüzey işlemi ve aynı kaplama yöntemleri uygulanacaktır. Yardımcı deney parçalarının dış çapı örtülecektir. Püskürtülen tabaka "D" ile işaretlenen yüzeye nakledilecektir. Yardımcı deney parçasının dış çapına sıçrayan püskürtme malzemesi kaplama işlemi bittikten sonra çıkartılacaktır.

Püskürtme maddesinin nihai kalınlığı yapı parçasındaki püskürtme maddesinin ölçülerini aynen arzetmelidir. Tabaka 0.127mm lik asgare kalınlığın altında olmalıdır. Tabaka kalınlığı yüzeyde en çok 0.0762mm farklılık gösterebilir. Takip edilen müsavi tabaka kalınlığının imalinde kullanılan yöntemlerin hiç birisi tabakanın yada alt tabakanın (astarın) hasarlanmasına veya zedelenmesine neden olmamalıdır.

Mavi boya maddesi yapıştırıcıya ağırlık olarak üçü beş oranında katılıp iyice karıştırılacaktır. Yardımcı deney

parçası ve yükleme tertibatı birbirine takılacak ve sertleşme sürecinde tertibatın içine sabit basınç altında sıkıştırılacaklardır. Yapıştırılan yüzeylerden taşan tutkal kalıntıları alınacaktır. Bir tek değerlendirme işlemi için 4 adet yapışma-çekme deneyi alınır. Bu 4 deneyin sonuçları ayrı ayrı not edilir..

Deney oda sıcaklığında uygulanacaktır. Çekme kontrol makinasının çekişi 1.3mm/dak olmalıdır. Deneyin başarılı olması için gerekli azami yapışma-çekme dayanımı, püskürtülen malzemeye bağlı olarak tablo 8'de belirtilmiştir.

Çekilen her nümunedeki kırık yüzey 20 ila 30 kere büyütülerek, maviye boyanmış yapıştırıcının olup olmadığı incelenecektir. Büyütme esnasında maviye boyanmış yapıştırıcı tespit olunuyorsa, yapıştırıcının püskürtülen tabakaya ne kadar ısındığını tespit etmek amacıyla nümuneyi tekrar incelemek gerekir. Yapıştırıcı, tabakanın belli bir yerine tamamen nüfus etmiş ise deneyi tekrarlamak amacıyla bu deney geçersiz sayılacaktır.

(D) Bükme deneyi

Püskürtme tabakasının adhezyonu ve duktilitesi bükme deneyiyle kontrol edilecektir. Değerlendirme için 4 adet bükme nümunesi gereklidir. Deney saçları aynı malzemeden veya yapı parçasını temsileden aynı bileşim ve sertlikteki bir malzemeden mamul olmalıdır. Bir tarafı kaplı nümuneler bükme çapı $d=12.7$ mm olan zımba üzerinde bükülmelidir. Püskürtme tabakasının kalınlığı tablo 9'e göre alınacaktır.

Caiz çatlak teşekkülü, püskürtme malzemesine, deney malzemesine ve bükme açısına bağlıdır. Bükme deneyi, kıyaslama resimleri ile değerlendirilecektir. Bu resimler çatlak teşekkülünde değerlendirme ölçülü olarak kullanılacaktır. Bükülme bölgesindeki püskürtme malzemesinin kavlaması caiz değildir. Mevcut püskürtme malzemesine ait kıyaslama resminin numarası tablo 9'den alınacaktır. Kıyaslama resimleri çizelgenin altında ihtiyaca göre genişletilebilecek bir nümune halinde bir araya getirilmiştir.

(E) Derinlik deneyi

Derinlik deneyinde püskürtme tabakasının düktilitesi ve adhezyonu incelenecektir. Deney sacları aynı malzemeden veya yapı parçasını temsil eden aynı bileşim ve sertlikteki bir malzemeden mamul olmalıdır. Bir tarafı kaplı numuneler Erichsen derin çektirme tertibatında veya aynı değerdeki başka bir tertibatta derinlik deneyinden geçirileceklerdir. Kontrol küresinin çapı 22,2250mm, kalıptaki deliğin çapı da 34,9250mm'dir. Talep edilen nüfuz derinliği elde edildiği zaman deneme durdurulmalı ve nümune değerlendirilmelidir. Derinlik deneyindekicaiz çatlak teşekülü, püskürtme malzemesine, tabaka kalınlığına, deney malzemesine ve talep edilen nüfuz derinliğine bağlıdır. Püskürtme malzemesinin kavlanması caiz değildir.

(F) Sertlik deneyi

Sertlik deneyiyle, termik püskürtme tabakasının gözeneklilik durumu hakkında karar verilebilir. Püskürtme tabakalarının sertliği, deneyler için kullanılan numunelerde ölçülebilmektedir. Püskürtme yapılmış yapı parçasında sertliğin ölçülmesi tabakalar hasarlandığı için genellikle imkansız kabul edilir.

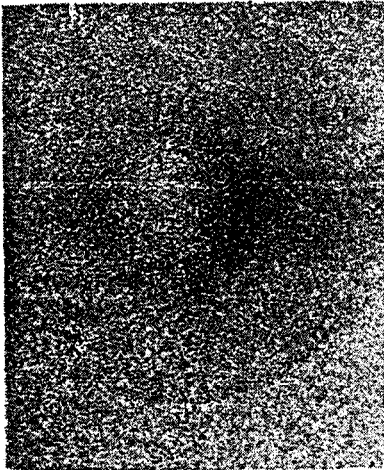
Püskürtme tabakasının üst yüzeyi pürüzsüz olmalıdır. Kontrol edilecek parça kontrol sırasında hareket etmeyecek şekilde sertlik kontrol aletine tespit edilir. Kaplanmış yüzey nüfuz maddesinin eksenine dik olarak durmalıdır.

Çizelge. 8: Yapışma çekme dayanımı değerleri

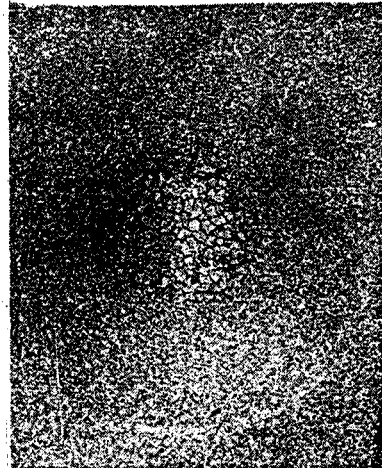
Bileşim	Tane Büyüklüğü	Tabaka Kalınlığı	Yardımcı Deney Nu.	Dayanım kp/mm ²
%88 WC %12 Co	-325 mesh + 5 micron	0,15-0,20	AMS 5613 AMS 4928 AMS 4117	4,55 4,55 3,10
%88 WC %12 Co	-200 mesh +325 mesh	0,20-0,24	AMS 5613 AMS 4928 AMS 4117	4,55 4,55 3,10
%99 Al	-170 mesh +325 mesh	0,40-0,45	Incoenel 718	0,84
%48 Cr %28 Ni % 2 Al % 6 C	-200 mesh +10 micron	0,356+0,1	AMS 5765	2,15
%88 WC %12 Co	-44 mesh +15 micron	0,15-0,20	AMS 5613	3,9

Çizelge. 9: Bükme deneyi değerleri

Bileşim	Tane Büyüklüğü	Tabaka Kalınlığı	Bükme Açısı	Resim
%99 Al	-170 mesh +325 mesh	0,1-0,177 Astar 0,5-0,635 Üst	180°	1
% - Ni %-- Cr % -Co	-200 mesh + 10 micron	0,13+0,05	180°	2



Şekil.1 Bükme numunesi



Şekil.2 Bükme Numunesii

ÇİZELGE 10 : Çelik malzemelere metal püskürtme örnekleri (MTU,1977)

KAPLAMA TABAKASI	Ag.Cu	99.5 Zn	WC-Co	87 Al ₂ O ₂ 13 TiO ₂	75Ni 25C
Takviye Gazı	Oksijen	Oksijen	Argon	Azot	Oksijen
Yanıcı Gaz	Asetilen	Asetilen	Helyum	Hidrojen	Asetilen
İşparçası-Püskürme Mesafesi (mm)	150±25	150±25	60-80	125±25	200±25
Önerilen Tabaka Kalınlığı (mm)	max 0.15	0.1-0.4	0.1-0.2	max 0.5	max 0.15
Püskürtme Malzemesi Doğal Durumu	Kablo Ø 2.3mm	Kablo Ø 3.1mm	Toz	Toz	Toz
Ön Sıcaklık (°C)	100	80	max 200°C	-	80-90
Sementasyon Sıcaklığı(°C)	920	-	500	max 540	500
Yüzey Sertliği	Rb 65	-	Rc 60	Rc 63	Rb 65
Yüzeyde Gözenek (%)	2	II	I-2	4-8	2
Üst Tabaka Son İşlem Şekli	Torna	Torna	Taşlama	Taşlama	Torna

ÇİZELGE 11 : Alüminyum malzemelere metal püskürtme örnekleri (MTU,1977)

KAPLAMA TABAKASI	75Ni 25C	99Mo	Bronz	99Ni 5Al	99Al ₂ O ₃
Takviye Gazı	Oksijen	Oksijen	Oksijen	Oksijen	Azot
Yanıcı Gaz	Asetilen	Asetilen	Asetilen	Asetilen	Hidrojen
İşparçası-Püskürme Mesafesi (mm)	200±20	130±20	150±25	150±25	100±25
Önerilen Tabaka Kalınlığı (mm)	I.I-I.3	-	0.I5-I.I	max I.2	0.I5-0.20
Püskürtme Malzemesi Doğal Durumu	Toz	∅ 2.3mm Tel	∅ 3.2mm Kablo	Toz	Toz
Ön Sıcaklık (°C)	80-90	100	100	100	100
Sementasyon Sıcaklığı(°C)	500	320	-	920	1090
Yüzey Sertliği	Rb 65	Rc 40	Rb 82	Rb 65	Rc 50
Yüzeyde Gözenek (%)	2	-	2	2	2-4
Üst Tabaka Son İşlem Şekli	Torna	Taşıma	Torna	Torna	Taşıma

ÇİZELGE 12 : Nikel malzemelere metal püskürtme örnekleri (MTU,1977)

KAPLAMA TABAKASI	99Al	85 Cr ₂ O ₃	99 Mo	WC-CO	60 Al ₂ O ₃ 40 TiO ₂
Takviye Gazı	Azot	Azot	Azot	Argon	Azot
Yanıcı Gaz:	Hidrojen	Hidrojen	Hidrojen	Helyum	Hidrojen
İşparçası-Püskürme Mesafesi (mm)	150 ± 25	50 - 100	150 ± 25	70 ± 10	75 ± 10
Önerilen Tabaka Kalınlığı (mm)	0.6	max 0.15	max 0.5	max 0.15±0.05	max 0.5
Püskürtme Malzemesi Doğal Durumu	Toz	Toz	Tel	Tel	Tel
Ön Sıcaklık (°C):	100	100	150	100	100
Sementasyon Sıcaklığı(°C)	-	920	315	500	540
Yüzey Sertliği	Rh 45-50	Rc 58	Rb, 65	Rc 50	Rc 61
Yüzeyde Gözenek (%)	4-6	2	8-15	0.5	1-2
Üst Tabaka Son İşlem Şekli	Torna	Taşlama	Taşlama	Elmas Taşlama	Taşlama

ÇİZELGE 13 : Titan malzemelere metal püskürtme örnekleri (MTU,1977)

KAPLAMA TABAKASI	98.5 Al ₂ O ₃	75 Ni 25 C	95 Cr-Ni 6 Al	85 Cr ₂ O ₃	WC-Co
Takviye Gazı	Azot	Oksijen	Oksijen	Azot	Argon
Yanıcı Gazı	Hidrojen	Asetilen	Asetilen	Hidrojen	Helyum
İsparçası-Püskürme Mesafesi (mm)	100 ± 25	150 ± 25	150 ± 25	50-100	60-80
Önerilen Tabaka Kalınlığı (mm)	0.8	I.I-I.3	0.15	max 0.15	0.1-0.2
Püskürtme Malzemesi Doğal Durumu	Tel	Toz	Toz	Toz	Tel
Ön Sıcaklık (°C)	100	80 - 90	100	100	100
Sementasyon Sıcaklığı(°C)	1000	max 500	980	920	500
Yüzey Sertliği	Rc 60	Rb 65	Rb 85	Rb 58	Rb 87
Yüzeyde Gözenek (%)	8-15	2	max 2	2	2
Üst Tabaka Son İşlem Şekli	Taşlama	Torna	Taşlama	Taşlama	Taşlama

ÇİZELGE 14 : Krom-Nikel çelik malzemelere metal püskürtme örnekleri (MTU,1977)

KAPLAMA TABAKASI	ZrO ₂	92Pb 8Sn	94Cr-Ni 6Al	99 CrO ₂	99 Al ₂ O ₃
Takviye Gazı	Oksijen	Oksijen	Azot	Azot	Azot
Yanıcı Gazı	Asetilen	Asetilen	Hidrojen	Hidrojen	Hidrojen
İspargası-Püskürme Mesafesi (mm)	50-75	150 ± 25	125 ± 25	75-100	100 ± 25
Önerilen Tabaka Kalınlığı (mm)	max 1.5	max 0.15	max 0.5	max 1.0	0.15-0.2
Püskürtme Malzemesi Doğal Durumu	Toz	Kablo Ø 3.2mm	Toz	Toz	Toz
Ön Sıcaklık (°C)	100	80	250	100	100
Sementasyon Sıcaklığı(°C)	900	920	980	530	1090
Yüzey Sertliği	Rb 65	Rb 65	Rb 90	Rc 58	Rc 50
Yüzeyde Gözenek (%)	2	2	I	3-4	2-4
Üst Tabaka Son İşlem Şekli	Taşlama	Torna	Torna	Taşlama	Taşlama

3.4 Jet Motoru Elemanlarını Stokajlayarak Korozyondan Koruma

3.4.1 İşlemler sırasında ara stokaj işlemi

İmal edilmiş veya henüz işlenmekte olan depolanacak bütün parçalara uygulanan bu işlem, özellikle doğrudan kullanım yerine ve servise verilmeyecek, işlem safhasını tamamlamamış beklemek zorunda olan elemanlar için geçerlidir. Eğer atmosfer ve diğer etkenler ile elemanların aşınmasının önlenme imkanı mevcut ise, işlemler sırasında bu ara stokaj işlemi tavsiye edilmez. Malzeme özelliklerine göre belirlenen sürelerden daha fazla bekleme ihtimali olan (Örneğin, iş ve işlem sırası bekleme veya hafta sonu tatili v.b.) elemanlara mutlaka ara stokaj işlemi uygulanır.

3.4.2 İşlem yöntemleri

Kirlenen parçalar stokajlama işleminden önce esesli bir şekilde temizlenecektir. Üst yüzeyleri korozyondan korunacak olan parçalar uygun bir korozyondan koruyucu yağ içine daldırılacaktır. Koruyucu tabakanın bir püskürtme mekanizması, fırça veya lif bırakmayan keten bez ile uygulanması mümkündür. Daldırma işlemi uygulanan parçalar yaklaşık bir dakikalık bir karıştırma işleminden sonra serbest olarak süzölmeye bırakılır. Bu şekilde stokaj yağında bulunan çözelti maddesi buharlaşabilir. Stokaj yağı parçanın oyuklu kısımlarından, parçayı eğmek sureti ile boşaltılır. Stokajlama işlemi yapılan parçalar, (K7 ve K19 hariç) nakliye sırasında rutubetten kesinlikle koruma altına alınmalıdır. Stokaj tabakaların giderilmesi işlemi kesinlikle mekaniki olarak yapılmamalıdır.

3.4.3 Ara stokaj uygulama

Paslanmaya dayanıksız çeliklerin stokajlanması :
İşlem yerinde geçici depolama sırasında, bir işlem

safhasından sonra metal talaşları temizlenmiş olan parça KO stokaj yağı veya KO-Kuru stokaj elemanı içine daldırılacaktır. Kontrol ve bir sonraki işlemler için, KO tabaka Per-Kloretilen ile yıkama veya Per-Kloretilen buharı ile temizlenir.

Paslanmaz krom çeliği ve krom-nikel çeliği ,nikel ve titan malzemelerin stokajı: El teması etkilerinin ve malzeme yüzeyindeki nemin alınması amacı ile elemanlar KO yağı ve KO-Kuru stokaj elemanı içine daldırılabilirler Üst yüzeyler için aslında koruyucu tabakaya gerek yoktur.

Aluminyum ve Bakır elemanların stokajlanması: Bu elemanlar parti veya seri olarak ayrı bir kısımda birlikte işlem görüyor iseler stokajlama işlemine gerek yoktur. Ancak üst yüzeylerdeki nem giderimi ve el ile temasların etkisini gidermek için KO stokaj yağı veya KO-Kuru ile stokaj işlemi uygulanır. Bu işlem eğer parçalar başka malzemelerden imal edilmiş elemanlar ile aynı ortamlarda işlem görüyor iseler, stokaj işlemi mutlaka yapılmalıdır.

Magnezyum malzemelerin stokajlanması: Bir işlemden sonra ikinci işlem için belirtilen sürelerden daha fazla beklemek zorunda kalacak olan magnezyum malzemeli motor yapı elemanları mutlaka stokaj işlemine tabi tutulmalıdır. Geçici depolama işlemi için elemanların çok iyi şekilde temizleme işlemini takiben KD stokaj yağı veya KO-Kuru stokaj elemanına daldırılacaktır. Kontrol veya ikinci işlem için yapılan stokaj çözümlidir. Bu çözme işlemi için tercih edilen Per-Kloretilen ile yıkama veya Per-Klor etilen buharı ile yağ giderme işlemidir. Magnezyum elemanlar için uygulanan diğer temizleme yöntemleride uygulanabilir.

Kısmen boyanan çelik elemanların stokajı: Alışılmış tarzda, boyanmamış kısımlar fosfatlama işlemine tutulur. Boyanmamış kısımlar, bu fosfatlama işleminden hemen sonra bir fırça veya yumuşak, lif bırakmayan, temiz bir keten bez yardımıyla KO stokaj yağı veya KO-Kuru stokaj elemanı ile stokajlanır.

3.4.4 Uygulama sonrası son stokaj işlemi

Stokajlama işleminden önce kdrunacak bütün parçalar yüzeylerine yapışmış toz ve eski stokaj tabakalarından tamamen temizlenecektir. Parçaların son stokajlama işleminden önce mutlaka kuru olmaları gerektiğinden, gerekli nem giderici işlemlere tabi tutulmaları gerekir. Verilen zaman korozyon korumadaki ömrünü doldurmuş ise parçalar tekrar temizleme işlemine tabi tutularak eski koruyucu tabaka çıkarılacak ve sonra stokajlama işlemi yapılacaktır. Hassas lastik ve plastik kısımlar ihtiva eden elemanların sadece metal kısımları stokaj işlemine tabi tutulacak ve bu hassas kısımların stokaj yağı ile teması önlenecektir.

K0, K0-Kuru, K2, K3 ve K19 stokaj yağı işlem gören elemanlar ambalaj işleminden önce, stokaj yağındaki mevcut çözelti maddelerinin buharlaştırılması amacı ile, daldırma işleminden sonra 1 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilip sonra ambalaj işlemi yapılacaktır.

3.4.5 İşlem Yöntemleri (son stokaj)

Stokaj işleminden önce yapılacak temizleme işlemleri için aşağıdaki malzemeler ile soğuk temizleme yapılmalıdır.

- TURCO-Solv veya aynı değerdeki bir çözeltiyle yıkama
- Petrol ürünleri yıkama
- Yıkama benzini ile yıkama
- Kristal yağı ile yıkama
- TURCO-Carb ile temizleme
- Per-Kloretilen ile yıkama

Aşağıdaki malzemelerde de sıcak temizleme yapılmalıdır.

- Tri-L-Buharla yağları giderme
- Per-Kloretilen buharıyla yağ giderme (Titan mlz hariç)
- TURCO-791 ile yıkama
- Papan A-B ile temizleme

Korozyona koruma süresi, korozyon koruyucu yağlar kısmında yağ özellikleri ile birlikte açıklanacaktır.

3.4.6 Stokaj Yağları Hakkında Bilgiler

"KX" Castrol Rastilo DW 954, korozyona koruyucu etkisi olmayan saf bir su çekiçidir. Çabuk bir koruma için su lekelerini ve akmasını önleyen, özellikle gümüş kaplamalar için kullanılan bir yağdır. Bakır ve alaşımları, kurşun ve kurşun alaşımları için uygulanmaz.

"KO" EXD 67/16 Mobil Oil, yağimsı saydam tabaka yapılı, su giderici ve el teması etkilerini giderici özelliği olan korozyon koruyucu yağdır. Koruyucu etki süresi ambalajsız vaziyette 1 ay'dır,

"KO-Kuru" Castrol Rustilo DW 924, kuru ve saydam tabaka yapılı, su çekici, el teması etkilerini giderici ve korozyona koruyucu yağdır. Ambalajsız iç şartlarda depolama ömrü 3 ay'dır.

"K2" Tectyl 502C, yumuşak kahverengi yapılı saydam tabakalı, korozyona koruyucu yağdır. İş makineleri yatağı ve diğer prezisyon parçaları gibi parlak yüzeylerin depolanmalarının mutlaka üstü kapalı odalarda yapılması veya ambalajın atmosfer şartlarının etkilerine karşı yeterli korumayı sağlaması şarttır. Ambalajsız iç depo şartları altında koruma ömrü 12'ay'dır.

"K3" Tectyl 894, aydam vazeline benzer kahverengi yapıdadır. Su çekici, korozyona koruyucu özelliği vardır. Özellikle makinaların ve üstü kapalı ortamlarda diğer cihaz ve elemanların korozyon emniyetine uygun korozyon koruyucusudur. Ambalajlı iç depolama şartlarında koruma ömrü 12 ay'dır.

"K4" Tectyl 435, saydam balmumu yapılıdır, madeni yağ esasına göre koruyucu tabaka ile yapılan korumadır. Hava şartları çok kötü olmayan ortamlarda ambalaj kılıfı gerektirmeden uygulanabilir. Koruyucu tabaka oluşturmak için, koruma yağı K4 80-95^oC'da ısıtılarak akıcılaştırılır sıcak uygulama sırasında yüzeye yapışan tabaka örtü görevi görür. Kapalı ortamlarda depo şartlarında uzun süre, ambalajsız olarak dış ortam şartlarındaki depolama durumlarında koruma ömrü 12 ay'dır.

"K7" Tectyl 802, tamamen yağ yapılı olan koruma elemanı, genel amaçlı olarak hemen hemen tüm uzun süreli stokaj işlemlerinde uygulanabilir. Devri daim yağı olarakda kullanılan, bu stokaj malzemesi yaygın olarak motor ve dişli parçaların stokaj işlemi için, çalışma şartlarının yağı olduğundan, kullanılır. Koruma süresi hemen hemen parça faaliyet için stokaj sökme işlemine kadardır.

"K10" Tectyl Tecto S, patlamalı motorların iç yapı stokajı için kullanılan SAE 30 motor yağıdır. Yanma makineleri ve elemanları için kullanılır. Kullanım ömrü yine stokaj alma işlemi gerekinceye kadardır.

"K19" Tectyl 846, uygulanıp kurduktan sonra arkasından yapışkan olmayan bir tabaka bırakan çözelti maddesi ile ilaveli korozyon koruma elemanıdır. Katı fazda, açık kahve rengindedir. Herşeyden önce, ince işlenmiş üst yüzeyleri olmayan ve kullanılmadan önce korozyon koruyucu tabakanın çıkartılmasını gerektirmeyen elemanlar için uygulanır. Korozyon koruma tabakasının eleman üzerinden zor çıkabileceği durumlarda veya bir çözelti maddesi ile söküm gerektiren durumlarda kullanılması tavsiye edilmez. Kapalı ortamlarda uzun süre ,açık ve dış ortamlarda 12 ay' kullanım ömrü vardır.

"Ardrox 40" , pas giderme, aşındırma, boya çıkarma ve buharla yağ giderme işlemlerinden sonra, yapı elemanlarının paslanmasını önleyici sıcak stokaj malzemesidir. Ardrox 40 tabakası nüfuz edici madde kontrolüne(Fosfatlama, boyama) zarar vermez. Bu stokaj malzemesi bu nedenle özellikle yapı elemanlarının çatlak kontrolünden önce ara stokajlama işlemi için çok uygundur. Stokajlanacak olan parçalar, banyo sıcaklığını alana kadar banyoda bekletilirler. Banyodan çıkardıktan sonra oyuk kısımlarda kalan sıvı basınçlı hava yardımı ile çıkartılır. Banyo sıcaklığı 90-100°C civarındadır. Banyo terkibi için % 2-3 Hacim Ardrox 40 suya ilave edilir. Banyo konsantrasyonu % 2'ye düşerse banyo bulanır, % 1'e düşerse çamurlaşır.

ÇİZELGE 15: Stokaj yağları (Uhlig ,1963)

KISA İŞARET	TİCARİ İSMİ	MILITARY SPEC.	TEST BENZİNİ MİKTARI	FİLM TABAKA KALINLIĞI
K0	Mobil EXD 67/16	C-15074B	70	5
K0-KURU	Castrol,Rustilo DW 924	-	99	1
K2	Tectly 502C	C-16173C Grade 2	45	50
K3	Tectly 894	C-16173C Grade 3	45	25
K4	Tectly 435	C-11796 Class 1	-	40
K7	Tectly 802	L-3150	-	10
K10	Tectly Tecto S	L-21260	-	8
K19	Tectly 846	C-16173 B Grade 4	43	50

3.4.7 Stokaj uygulama

Metalik üst yüzeyle parçaların stokajı: Paslanmaya dayanıksız çelik parçalar ilgili stokaj yağı içine daldırma suretiyle stokajlanır. Paslanmaya dayanıklı çelik, Nikel, Bakır ve Titan malzemeli parçalar stokajlanmazlar. Metalik yani işlenmiş yüzeylere sahip Alüminyum ve magnezyum malzemeli parçalar daldırma sureti ile stokajlanır.

Kimyasal üst yüzey koruması yapılmış elemanların stokajı, az miktarlarda kalınlıklı ($.5\mu\text{m}$ 'den küçük) Nikel, Bakır, Kadmiyum kaplanmış parçalar veya korozyona uğramış üst yüzeyler ve fosfatlanmış parçalar, KO, KO-Kuru veya K3'e daldırma sureti ile stokajlanır.

Kromlanmış parçalar, elektro oksitlenmiş veya pasivleştirilmiş Alüminyum parçalar, kromatlanmış HAE veya DOW-17 işlemi yapılmış magnezyum parçalar stokajlanmazlar.

Magnetik çatlak kontrolünden önce, paslanmaya dayanıksız çelik elemanlar, Ardrox 40 içine daldırma suretiyle stokajlanır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüzey kaplama işlemleri, jet motor elemanlarının tamir ve yenileme oranlarının artmasıyla, çalışma gereği aşınan ve kullanılamaz duruma düşen parçaları, restore ederek tekrar servise verilebilir duruma döndürmek için ve çalışan parçaların kaplanmak suretiyle kullanıma uygunlaştırılması amacı için kullanılmaktadır. Aynı zamanda oluşturulan sert yüzeyler ile parça üzerinde aşınma azalımı sağlanabilmektedir.

Kaplama işlemlerinde kaplama yüzeyinin dayanıklılığı kaplanacak yüzeyin özelliğine, temizliğine ve hazırlanmasına bağlıdır. Kaplanacak yüzeyler tamamen kirden, yağdan, ve başka yabancı maddeciklerden temizlenmelidir. Ayrı yöntemler olarak açıklanan bu temizleme işlemleri için genel olarak per ve tri-kloretilen buharları kullanılır. Kaplama işlemi uygulanacak elemanlar yüzey pürüzlendirilmesi için çeşitli aşındırma işlemlerine tabi tutulurlar. Jet motor elemanları için detaylı ve geniş kapsamlı yöntem ve uygulamalar içeren bu aşındırma işlemleri ile birlikte yüzey hazırlama işlemleri konusunda ,daha detaylı bir çalışma yapılması, uygulayıcıları aydınlatma ve yönlendirme için yararlı olacaktır.

Yüzey hazırlama ve kaplama işlemleri arasında parça kapalı bir kap içerisinde veya ara stokajlı vaziyette korunmalıdır. Bu işlemin amacı temizlenen yüzeylerin hava şartları ve diğer kirlenmelerden korunmasıdır. Yüzey hazırlama işleminden sonra parçalar mümkün olan en kısa süre içerisinde kaplanmalıdır. Bu süre en fazla olarak iki saat bekleme sünesidir, bu sürenin aşılması durumunda parçalar oksitlenecek ve kirlenmiş kabul edilip, tekrar yüzey hazırlama işlemine tutulacaktır.

Genellikle kaplama öncesinde olduğu gibi yüzey hazırlama işlemlerinden öncede yüzeyin işlem görmeyecek kısımlarının maskeleye suretiyle kapatılması yapılır. Bu işlem sayesinde parçaların kirlenme ve bozulması azalarak zaman ve malzeme açısından tasarruf edilir.

Bu çalışmada jet motor elemanlarına uygulanan kaplama işlemleri, beş temel grup altında incelenmiştir. Bunlar, akımsız kaplama, elektrolitik plakalama, anodik uygulama, kimyasal uygulama ve metal püskürtme yöntemleridir. Birbirlerinden çok aşırı farklılıkları olmayan yöntemler arası böyle bir sınıflama uygulama farklılıkları sebebi ile oluşturulmuştur. Çünkü kaplama uygulanması sırasında çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Farklı yapıdaki ekipmanlar farklı kontrol ayarları gerektirdiğinden, kullanıcı personel kendine özgü uygulamalar yapabilmektedir. Kaplama ekipman ayarları sürekli geliştirilmektedir. Belirli parçada belirli kaplamayı yapma zamanı, teçhizat ayarlamaları kaydedilmelidir. Mevcut olan başka değişik yüzey kaplamaları bazı durumlarda aynıdır ve değişik terimler terimler ile adlandırılabilir. Çoğunlukla bu terimler yanlış anlamaya yada uygunsuz kullanmaya sebep olmaktadır. Bu yazım, tanıtım ve sınıflama amacı farklı durumları açıklığa kavuşturmak ve kaplamanın bir gurubunu diğerinden ayırd etmektir.

Çalışma kapsamının genişliği sebebi ile aşırı detay inişi yapılamayan yöntemlerin, geliştirilmesi ve açıklama uygulamalarına gerek duyulduğunda, sistem olarak alınan bir yöntem gurubunun metalurjik yapılarının laboratuvar çalışmaları desteği ile geliştirilmesi, kullanıcılara sınırsız tasarruf sağlayacaktır. Aynı zamanda yapılacak bu çalışma proseslerin gelişmesine faydalı olacağından kullanım alanlarını genişletebilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1986 January,
Vol.58, N.1, P.7

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1986 March,
Vol.58, N.3, P.5

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1986 May,
Vol.58, N.5, P.16

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1987 Feb,
Vol.59, N.2, P.4

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1987 May,
Vol.59, N.5, P.26

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1987 June,
Vol.59, N.6, P.20

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1987 July,
Vol.59, N.7, P.12

Aircraft Engineering and Aerospace Technology., 1987 September
Vol.59, N.9, P.25

Ardrox-Brent Chemical., 1976, GmbH D-6909 Walldorf

ASTM-Standarts., 1976, American Society For Testing and
Materials, Part.I-B, P.769

Blum. W.-Hogoboom G.B., 1979, Principles of Electroplating
and Alectroforming, Mc Grow Hill Book Compny Inc.N.Y.

Burns R.M.-Brodles W.W., 1975, Protective coating for Metal,
Reinhold New York, P.286

Metal Finishing., 1979, Vol.37, P.404

Harry A.E., 1983, HAE Process for Magnesium, Intercience
Publisher, p.148