

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPLAMA PARAMETRELERİNE BAĞLI OLARAK
KAMPANA FREN PARÇALARININ KOROZYON DAYANIMININ
İNCELENMESİ

Okan Nezh LELOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPLAMA PARAMETRELERİNE BAĞLI OLARAK
KAMPANA FREN PARÇALARININ KOROZYON DAYANIMININ
İNCELENMESİ

Okan Nezih LELOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BURSA 2006

Bu Tez tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

.....
Prof.Dr.Agah UĞUZ
(Danışman)

ÖZET

Bu çalışma kapsamında kampana frenlerde kullanılan metal parçaların kaplama parametreleri incelenmiştir. Yapılan testler sonunda elde edilen sonuçlar değerlendirilerek sanayide kullanılan yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Kampana frenlerde kullanılan emniyet parçalarından birisi olan pabuç adı verilen parça bu çalışma kapsamında değerlendirilmeye alınmış, standart olarak uygulanan kaplama parametreleri dışında kaplanmış, tuz testi; diğer adıyla korozyon dayanım testinden geçirilmiş ve ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sonuçlara göre, istenen koşulların sağlanması ve yüksek kalitede ürün elde edilmesine paralel olarak parçaların dayanıklı ve uzun ömürlü olduğu görülmüştür. Ancak sanayide bir işletmenin varlığını sürdürebilmesi için kalitenin yanı sıra maliyet konusunun da önemli olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sonunda ise hem kaliteli hem de düşük maliyetli üretim yapılabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çinko kaplama, tuz sisi testi, kampana fren pabucu

ABSTRACT

In this study, coating parameters of the metal parts which are used in the drum brakes are investigated. Test results are compared with the methods which are used in industry.

One of the safety part which is called as shoe is taken under evaluation in this study, and coated with different parameters out of the standards, afterwards salt spray tests which is also known as the corrosion resistance tests are applied to the parts and the results are evaluated.

According to the results it is found out that, in parallel with supplying the requested conditions and high quality products, tough and long lasting parts are obtained. But it is also emphasized that besides the quality, cost is an important issue for a company to keep its existence. By the end of the study some advises are given in order to produce with both quality and low costs.

Keywords: Zinc coating, salt spray test, drum brake shoe

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER VE ŞEMALAR DİZİNİ	vi
TABLolar VE GRAFİKLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ve KURAMSAL BİLGİLER	2
2.1 ARAÇ ÜZERİNDEKİ FREN SİSTEMLERİ.....	2
2.2 KAMPANA FREN SİSTEMİ.....	3
2.3 KAMPANA FRENLERİN ÇALIŞMA ŞEKLİ.....	4
2.4 KAMPANA FRENLERİN AYAR DÜZENEKLERİ.....	5
2.4.1 HASSAS AYAR DÜZENEKLİ KAMPANA FRENLER.....	6
2.4.2 AYAR LÖVYELİ DÜZENEGE SAHİP KAMPANA FRENLER.....	7
2.5 KAMPANA FRENLERDE BALATALI PABUÇLAR.....	7
2.6 KAMPANA.....	8
2.7 KOROZYON DENEYLERİ (TUZ SİSİ TESTİ).....	9
2.7.1 TUZ SİSİ DENEYİNİN TANIMI.....	9
2.7.2 NÖTR TUZ SİSİ DENEYİ (NSS).....	10
2.7.3 TUZ SİSİ DENEYİNDE FİLTRELEME.....	11
2.7.4 TUZ SİSİ DENEY CİHAZI.....	11
2.7.5 TUZ SİSİ DENEY ÖRNEKLERİ.....	12
2.7.6 TUZ SİSİNE DENEY ÖRNEKLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ.....	13
2.7.7 TUZ SİSİ ÇALIŞTIRMA KOŞULLARI.....	14
2.7.8 TUZ SİSİ DENEYLERİNİN SÜRESİ.....	14
2.7.9 TUZ SİSİNDE DENEY ÖRNEKLERİNE DENEYDEN SONRA İŞLEM UYGULANMASI	15
2.7.10 TUZ SİSİNDE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	15
2.7.11 TUZ SİSİ DENEY RAPORU	16
2.8 ÇİNKO BANYOSUNDA DEMİR ÇÖKTÜRME İŞLEMİ	16

3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1 DENEY NUMUNELERİ.....	18
3.2 KULLANILAN YÖNTEM.....	18
3.3 KAPLAMA İŞLEMİNDEN ÖNCE BANYOLARIN HAZIRLANMASI.....	20
3.3.1 SICAK YAĞ ALMA BANYOSUNUN HAZIRLANMASI.....	20
3.3.2 ELEKTRİKLİ YAĞ ALMA BANYOSUNUN HAZIRLANMASI.....	20
3.3.3 ÇİNKO BANYOSUNUN HAZIRLANMASI.....	21
3.3.4 PASİVASYON BANYOSUNUN HAZIRLANMASI.....	22
3.4 KAPLAMA BANYOLARINDAKİ KONTROL VE ANALİZLER....	22
3.4.1 SICAKLIK KONTROLÜ.....	22
3.4.2 pH KONTROLÜ.....	22
3.4.3 SICAK YAĞ ALMA BANYOSU ANALİZİ.....	23
3.4.4 ELEKTRİKLİ YAĞ ALMA BANYOSU ANALİZİ.....	23
3.4.5 ÇİNKO BANYOSU TOPLAM KLORÜR ANALİZİ.....	24
3.4.6 ÇİNKO BANYOSU ÇİNKO METALİ ANALİZİ.....	24
3.4.7 PASİVASYON BANYOSU ANALİZİ.....	25
3.5 PABUÇ KAPLAMA PROSESİ.....	25
3.5.1 SICAK YAĞ ALMA.....	25
3.5.2 ELEKTRİKLİ YAĞ ALMA.....	26
3.5.3 DURULAMA.....	26
3.5.4 ASİTLİ ÇİNKO KAPLAMA.....	26
3.5.5 NÖTRLEME.....	27
3.5.6 PASİVASYON.....	27
3.5.7 DURULAMA ve KURUTMA.....	27
3.6 HESAPLAMALI ÇALIŞMA.....	28
3.6.1 PABUÇLARIN KAPLANMASI.....	28
3.6.2 KOROZYON DAYANIMI VE TUZ SİSİ TESTLERİ.....	29

4. SONUÇLAR VE YORUMLAR.....	33
4.1 DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI...	33
4.2 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	41
4.3 HESAPLAMALI SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	43
4.4 ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	47
TEŞEKKÜR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	50

ŞEKİLLER VE ŞEMALAR DİZİNİ

Şekil 2.1	Fren sistemi elemanlarının araç üzerinde yerleşimi.....	2
Şekil 2.2	Fren hidrolik sistemi	3
Şekil 2.3	Kampana fren çalışma şekli.....	5
Şekil 2.4	Hassas ayar düzeneği.....	6
Şekil 2.5	Ayar lövyeli düzenek	7
Şekil 2.6	Kampana.....	9
Şekil 2.7	Tuz sisi püskürtme odası modelinin şeması	16
Şekil 3.1	Parçaların asılması.....	28
Şekil 3.2	2A akımda 500 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları.....	30
Şekil 3.3	1A akımda 750 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları.....	30
Şekil 3.4	3A akımda 1000 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları.....	31
Şekil 3.5	2A akımda 1000 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları.....	32
Şema 3.1	Kaplama banyosu proses akış şeması.....	19

TABLolar VE GRAFİKLER DİZİNİ

Tablo 3.1	Sıcak yağ alma banyosu kullanılan kimyasallar.....	20
Tablo 3.2	Elektrikli yağ alma banyosu kullanılan kimyasallar.....	21
Tablo 3.3	Çinko banyosu kullanılan kimyasallar.....	21
Tablo 3.4	Pasivasyon banyosu kullanılan kimyasallar.....	22
Tablo 3.5	Kaplama banyosu çalışma sıcaklık aralıkları.....	22
Tablo 3.6	Kaplama banyosu çalışma pH aralıkları.....	23
Tablo 4.1	1. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden).....	33
Tablo 4.2	2. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden).....	34
Tablo 4.3	3. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)	34
Tablo 4.4	4. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)	35
Tablo 4.5	5. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)	35
Tablo 4.6	6. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)	36
Tablo 4.7	7. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)	36
Tablo 4.8	2A akım 1000 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden).....	37
Tablo 4.9	2A akım 750 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)	37
Tablo 4.10	2A akım 500 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)	38
Tablo 4.11	1A akım 750 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)	38
Tablo 4.12	1A akım 1000 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden).....	39
Tablo 4.13	3A akım 750 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)	39
Tablo 4.14	3A akım 1000 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)	40
Tablo 4.15	Tüm parametrelere göre ölçülen kaplama kalınlıklar (μm cinsinden).....	41
Tablo 4.16	2A akım ve 1000 saniye için sapma değerleri ve standart sapma.....	44
Tablo 4.17	2A akım ve 750 saniye için sapma değerleri ve standart sapma.....	44
Tablo 4.18	3A akım ve 750 saniye için sapma değerleri ve standart sapma.....	44
Grafik 4.1	Uygun parametrelere göre oluşan parça kalınlık grafiği (μm cinsinden)..	41
Grafik 4.2	Süre – Kaplama Kalınlık değerleri grafiği (μm cinsinden).....	42
Grafik 4.3	Akım – Kaplama Kalınlık değerleri grafiği (μm cinsinden).....	43

1. GİRİŞ

Otomotiv sektöründeki rekabet ve çok hızlı bir şekilde devam eden yarış, üreticileri farklı arayışlara itmektedir. Teknolojinin ve bilimin her geçen gün otomotiv sektörüne biraz daha girmesi ile ürün kalitesi de bununla birlikte yükselmektedir. Bu durumun ışığında otomotiv sektöründe malzemeler ve dayanım konusu büyük bir önem taşımaktadır. Malzemelerin dayanımı içinde kaplama konusu, üzerinde en çok çalışılan konulardan birisi olmaktadır.

Otomobillerde gelişen teknoloji ile birlikte güvenlik özellikleri de gittikçe ön plana çıkmaktadır. Güvenlik donanımları araçlarda pasif ve aktif olarak ikiye ayrılmakta, pasif sistemler kaza anında fonksiyonel olmaktadır. Ancak aktif güvenlik ekipmanları kullanım esnasında sürekli olarak çalışmaktadır. Fren sistemleri de araçların en önemli aktif güvenlik ekipmanı olması nedeni ile aracın hayati organı diye tanımlanabilir.

Genel olarak fren sistemleri bilinenin aksine oldukça komplike bir yapıya sahiptir. Çok fazla detay parçadan oluşmamakla birlikte herhangi bir parçanın en küçük bir fonksiyon kaybı bile araçta ciddi bir kaza riski ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenledir ki; fren sistemlerinde her parçanın ayrı olarak incelenmesi, değerlendirilmesi ve üzerinde çalışılması gerekmektedir.

Frenler aracın gövdesine bağlı olmakla birlikte, yoğun olarak dış etkilere maruz kalmaktadır. Çalışma esnasında yüksek sıcaklıklara ulaşması, yol koşulları nedeni ile toz, çamur ve nem altında olmaları frenlerin dayanıklı olmasını zorunlu kılar.

Metal veya metal alaşımlarının oksitlenme veya diğer kimyasal etkilerle aşınma durumuna korozyon denir. Demirin paslanması, alüminyumun oksitlenmesi korozyona örnek olarak verilebilir. Dilimize yabancı dillerden giren korozyon sözcüğü; yenme, kemirilme gibi anlamlarla ilintilidir. Aşınma, çürüme, paslanma, bozulma gibi sözcüklerle karşılanabilir.

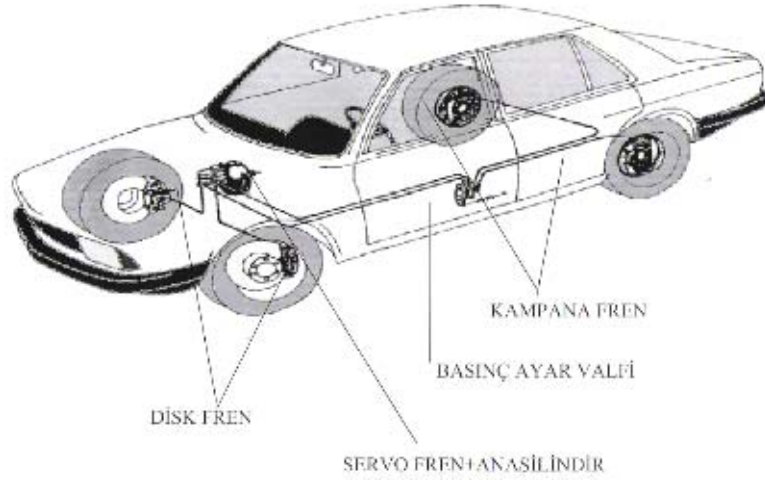
Yüzeyleri uygun şekilde korunmayan metal ve metal alaşımlarının bozunmaları önemli bir teknolojik sorundur.

Özet olarak, bu tez çalışmasında kampana frenlerdeki metal parçaların korozyon dayanımları incelenmiş, buna bağlı olarak kaplama parametreleri değerlendirilmiştir. Deney numuneleri, Bursa'daki Bosch Fren Sistemleri tarafından sağlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ve KURAMSAL BİLGİLER

2.1 ARAÇ ÜZERİNDEKİ FREN SİSTEMLERİ

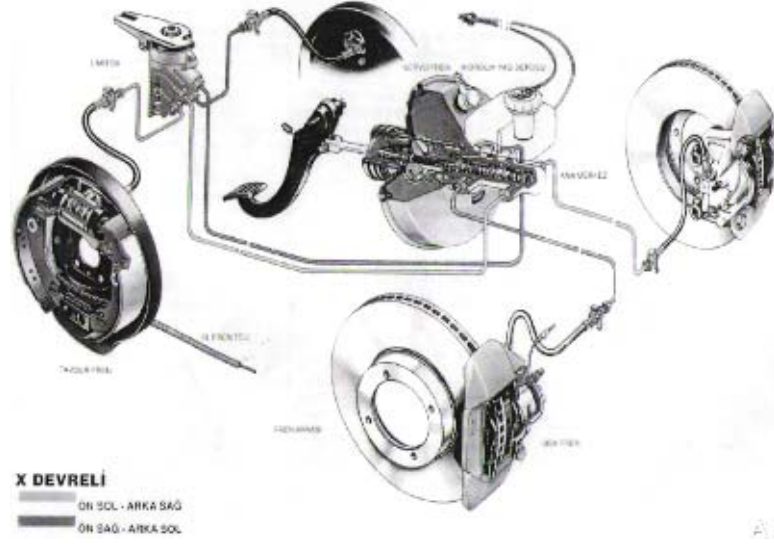
Otomobillerde aktif güvenlik sisteminin en önemli parçası fren sistemleridir. Günümüzde, otomobillerin fren sistemleri servo fren ve ana silindir, basınç ayar valfi, disk ve kampana frenlerden oluşmaktadır. Şekil 2.1’de fren sistemi elemanlarının araç üzerinde yerleşimi görülmektedir.



Şekil 2.1 Fren sistemi elemanlarının araç üzerinde yerleşimi (BFS)

Fren hidrolik sistemi içerisinde çalışma mekanizması şu şekilde olmaktadır:

Araç sürücüsü aracı yavaşlatmak veya durdurmak amacı ile fren pedalına basar. Fren pedalı servo fren mekanizmasına bağlıdır. Servo fren mekanizması; bir servo fren ünitesi, bir ana silindir ve hidrolik yağ deposundan oluşan bir gruptur. Frene basma kuvveti ile servo fren içerisinde bir vakum oluşur, hidrolik yağ deposundan çekilen fren hidroliği ana silindir içerisinde mekanizmanın oranı doğrultusunda arttırılan basınç ile aracın ön tekerleklerine bağlı olan disk frenlere, bir limitörden geçirilerek belirli oranda basıncı düşürülerek ise arkada bulunan kampana frenlere aktarılır. Şekil 2.2’de fren hidrolik sistemi görülmektedir.



Şekil 2.2 Fren hidrolik sistemi (BFS)

Aracın ağırlık durumuna göre bu kuvvetler ve hidroliğin frenlere aktarılma basıncı değişiklik gösterir. Özetleyecek olursak yüksek basınçla disk frenlere, düşük basınçla kampana frenlere aktarılan fren hidroliği fren hidrolik sisteminin çalışarak aracın yavaşlamasını ve durmasını sağlar. Bu tez içerisinde de kampana fren sistemleri ve detay parçalarından bahsedilerek, metal parçalarının kaplama detayları anlatılacaktır.

2.2 KAMPANA FREN SİSTEMİ

Kampana fren, çelik saçtan preslenerek üretilmiş olan fren tablasının ortasındaki delik ile dingil üzerinde merkezlenmekte ve bu deliğin çevresindeki diğer deliklerle dingile bağlanmaktadır.

Kampana fren üzerinde hidrolik mekanizmanın çalıştığı tekerlek silindiri adı verilen parça tablaya vidalarla bağlanmıştır. Silindirin içinde 2 piston ve pistonların pabuçlar ile temasını sağlayan bir yay bulunmaktadır. Her piston için 1 sızdırmazlık lastiği hidrolik sızdırmazlığı sağlamaktadır. Tekerlek silindirinin gövdesi üzerinde, hidrolik yağ giriş rakoru bağlantısı için vida dişli delik ve ilk yağ doldurmada havanın atılması için tahliye vidası bulunmaktadır. Pistonların silindirin dışında kalan uç kısımlarının hava ve yol koşullarından korunması için toz lastikleri vardır.

Kampana fren üzerinde bulunan balatalı pabuçlar bası ve çeki pabuçları olarak adlandırılır. Bu pabuçlar, üstten tekerlek silindirinin pistonlarına, alttan tablaya

perçinlenmiş olan plakaya oturmaktadırlar. Pabuçlar tabla üzerinde gezer durumdadırlar ve tablaya yan yaylar ve çiviler ile çektirilmişlerdir. Pabuçlar serbest olduklarından frenleme sırasında kampana içinde merkezlenirler. Kampana araçla birlikte tekerlek yönünde dönerken frenlemede bası pabucu kampana tarafından plakaya doğru itilmekte ve çeki pabucu ise yukarı doğru çekilmektedir. Balata aşınmalarının her iki pabuçta da dengeli ve eşdeğer bir biçimde oluşması için balatalar farklı kalınlıkta olabilmekte ve pabuçlar üzerinde birbirinden farklı konumlarda yerleştirilmektedirler. Tutma yayları, pabuçları plakaya, çağrı yayları ise köprüye çekmektedir. Köprü yayı köprüyü çeki pabucuna bağlamaktadır. Hassas Ayar Düzenekli köprüde ayar vidası, bası pabucuna vida tesbit yayı ile bağlanmaktadır.

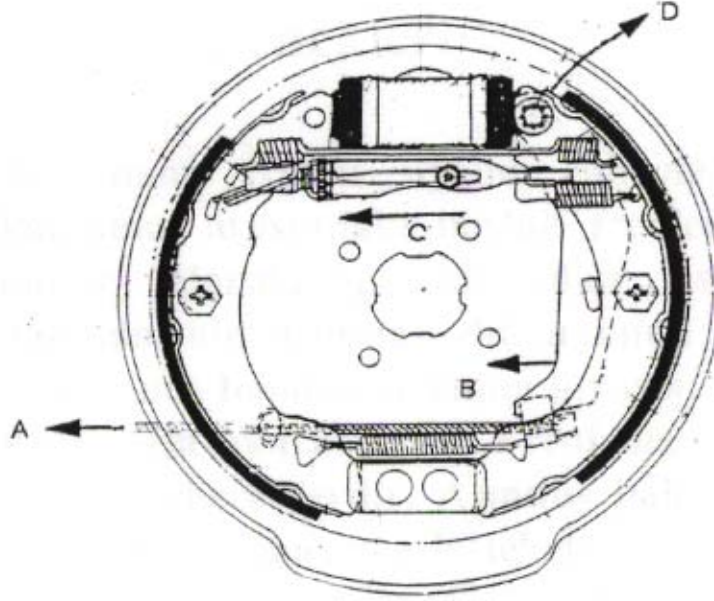
El freni lövyesi çeki pabucuna perno ile serbest döner şekilde mafsallanmıştır. El fren lövyesinin ucuna, tabladaki karşı delikten geçirilerek el fren teli takılmaktadır. (Anonim, BFS Fren hidrolik sistemi – Kampana frenler)

2.3 KAMPANA FRENLERİN ÇALIŞMA ŞEKLİ

Frenleme sırasında hidrolik yağ devresinde ve dolayısı ile tekerlek silindiri pistonlarının arasındaki bölümde basınç yükselince pistonlar dışarıya doğru itilir. Pistonlar pabuçları, aracın tekerleği ile birlikte dönmekte olan kampanaya bastırırlar ve frenleme sağlanır. Frenleme sonunda basınç düşünce pabuçlar çağrı yayı tarafından geri çekilirler ve kampanadan ayrılırlar. Tekerlek silindirinin pistonları da başlangıç noktasına geri getirilirler. El ile frenleme için aracın el fren lövyesinin kaldırılması ile lövyeye bağlı el freni teli A yönünde çekilir.

El freni teli, el freni kolunu perno etrafında (B) döndürür ve köprüyü iterek (C) bası pabucunu kampanaya bastırır. Köprü ilerleyemediğinden el freni kolu, köprüye oturduğu nokta etrafında döner (D) ve çeki pabucu perno tarafından dışarıya itilerek kampanaya bastırılır. El ile frenleme sağlanmıştır. Frenleme sonunda el fren teli geri gelir ve el freni kolu serbest kalır. Pabuçlar çağrı yayı tarafından geri çekildiklerinden kampanadan ayrılırlar. Perno içeri doğru geldiğinden el freni kolu, köprüye oturduğu nokta üzerinde dönerek ilk konuma geri gelir.

Şekil 2.3’de kampana fren çalışma şekli görülmektedir.



Şekil 2.3 Kampana fren çalışma şekli (BFS)

2.4 KAMPANA FRENLERİN AYAR DÜZENEKLERİ

Kampana frenin uygun çalışmasını sağlamak için, balata ile kampana arasındaki boşluk frenlerin kullanılma kriterlerini göz önüne alarak, gerekli olan asgariye indirilmelidir. Pabuç balatalarının aşınması durumunda tekerlek silindirin pistonları, aşınmamış balatalı duruma kıyasla, silindirin gövdesinden dışarıya daha fazla çıkacaklardır. Frenleme sonunda ise başlangıç konumuna geri getirileceklerdir. Aşınmış balatalar ile frenlemede, aşınmamış balatalı duruma kıyasla tekerlek silindirine daha fazla hidrolik yağ gönderileceğinden araç sürücüsü pedala daha uzun bir hareketle basacaktır. Her bir aşınma değeri için farklı biçimde oluşacak bu dengesizlik Ayar Düzenekleri ile giderilmiştir. Ayarın hassas veya kaba olmasına göre 2 çeşit düzenek vardır:

1-Hassas

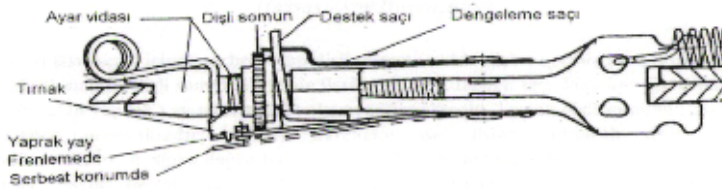
2-Ayar lövyeli (Anonim, BFS Kampana frenler - Ayar düzenekleri)

2.4.1 HASSAS AYAR DÜZENEKLİ KAMPANA FRENLER

Ayar vidası köprü içinde serbest olup dişli somunun vida dişine geçmiştir ve dişli somunun döndürülmesi ile dişli somun üzerinde ilerlemektedir. Destek saçı, köprüye geçirilmiştir ve tırnağı tutan yaprak yay tarafından yukarıya itilmektedir. Tırnak dişli somunun dişlerinin üzerinden atlamaktadır; yukarı harekette ise dişine takılarak dişli somunu döndürmektedir. Aşağıya doğru harekette tırnak dişli somunun dişleri üzerinden atlarken, yaprak yayın destek sacını dişli somuna bastırmasından dolayı, dişli somun dönmemektedir. Bir ucu köprüye perçinlenmiş olan dengeleme saçı bi-metal malzemeden üretilmiştir ve sıcaklık artınca destek saçının deliği içinde yukarı kalkmaktadır. Frenlemede pabuçların açılması ile ayar vidası, vida tesbit yayının çekmesi ve yaprak yayının itmesi ile, köprüden dışarı çıkar. Destek saçını iten yaprak yay yukarı kalkınca tırnak, dişli somunun üstteki dişi ile arasındaki boşluk boyunca yukarı çıkar. Frenleme sonunda parçalar ilk konumlarına geri dönerler

Balatalar aşındığında ayar vidası vidası köprüden dışarıya aşınmanın değeri kadar daha fazla çıkacağından tırnak, aşınmamış balatalı duruma kıyasla, daha yükseğe çıkarak dişli somunun üstteki dişini iter ve dişli somunu döndürür. Bu dönme ile orantılı olarak ayar vidası dişli somun içinde dışarıya doğru ilerletileceğinden pabuçlar aşınma değeri kadar birbirlerinden uzaklaşırlar. Frenleme sonunda tırnak aşağıya inerken dişli somunun dişinden atlayarak bir alttaki yeni diş aralığına girer. Sürekli sert frenlemeler sonucunda kampananın aşırı ısınarak çapının büyümesi durumunda ayar düzeneğinin çalışmasının önlenmesi gereklidir. Bunun için dengeleme saçı yüksek sıcaklıkta yükselerek destek saçının içindeki yuvaya girer ve destek saçının hareketini engeller. (Anonim, BFS Kampana frenler – Hassas ayar düzenekleri)

Şekil 2.4’de kampana frenlerdeki hassas ayar düzeneği görülmektedir.



Şekil 2.4 Hassas ayar düzeneği (BFS)

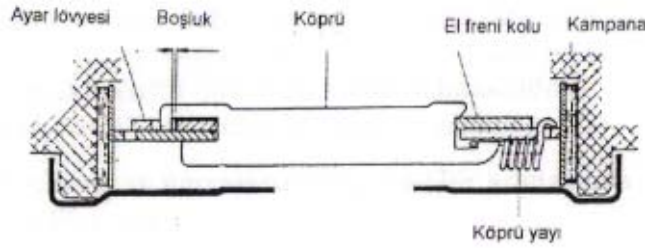
2.4.2 AYAR LÖVYELİ DÜZENEĞE SAHİP KAMPANA FRENLER

Ayar lövyesi ve kolcuk bası pabucuna perno ile serbest döner şekilde mafsallanmışlardır. Ayar lövyesinin ve kolcuğun dişleri birbirlerine geçmiştir. Kolcuk yayı kolcuğu ayar lövyesine doğru itmektedir. Köprünün ucundaki çıkıntı ayar lövyesinin koza şeklindeki deliğine geçmiştir.

Frenlemede pabuçların açılması ile köprü çeki pabucu ve dolayısı ile köprü yayı tarafından A yönünde çekilir. Köprünün ucundaki çıkıntı ayar lövyesi ile arasındaki boşluk boyunca ilerler. Frenleme sonunda parçalar ilk konumlarına geri dönerler. Balatalar aşındığında köprü, aşınmamış balatalı duruma kıyasla, aşınmanın değeri kadar daha fazla ilerler ve ucundaki çıkıntı ile ayar lövyesini A yönünde çeker. Perno etrafında dönen ayar lövyesinin dişleri kolcuk yayını esneterek kolcuğun dişleri üzerinden, aşınma ile orantılı olarak atlarlar (B).

Frenleme sonunda, kolcuğun dişlerinin çemberinin merkezi perno merkezine göre kaçık olduğundan geometrik kiltlenme ile ayar lövyesi B yönünün tersine gidemez ve sabit kalır. (Anonim, BFS Kampana frenler –Ayar lövyeli düzenek)

Şekil 2.5’de kampana frenlerdeki ayar lövyeli düzenek görülmektedir.



Şekil 2.5 Ayar lövyeli düzenek (BFS)

2.5 KAMPANA FRENLERDE BALATALI PABUÇLAR

Kampana frenler, kampana ile doğrudan temasta olan sürtünme malzemelerini (balata) taşıyan pabuçlar ile frenlemeyi sağladıklarından her bir araçta, kampana frenlerin özelliklerine uyacak şekilde farklı tipte balata kullanılmaktadır.

Balatayı oluşturan en önemli bileşenler üç grupta toplanır.

- Balatayı oluşturan parçaların bütünü bir arada olmasını sağlamak için yapıştırıcı madde (Fenolik reçine)

- Sağlamlaştırıcı eyaflar(asbest,çelik köpüğü,pirinç....)
- Sürtünme ve aşınma niteliklerinin değiştirilmesine müsade eden malzeme (kauçuk, silisyumkarbürü, ...)

Balata malzemesinin nitelikler ve kalitesinin iki esas etkene bağlı olduğu bilinmelidir.

- Balata malzemesi formülü
- İmalat tekniği

İmalat, kalıplarda karışım maddeleri ve reçine bir araya getirilerek basınç ve sıcaklık altında reçinenin polimerleşmesi sağlanarak gerçekleştirilir.

Balatalar pabuçlara iki yöntemle birleştirilmektedir.

- Perçinleme
- Yapıştırma (Anonim, BFS Kampana Frenler - Balatalı Pabuçlar)

2.6 KAMPANA

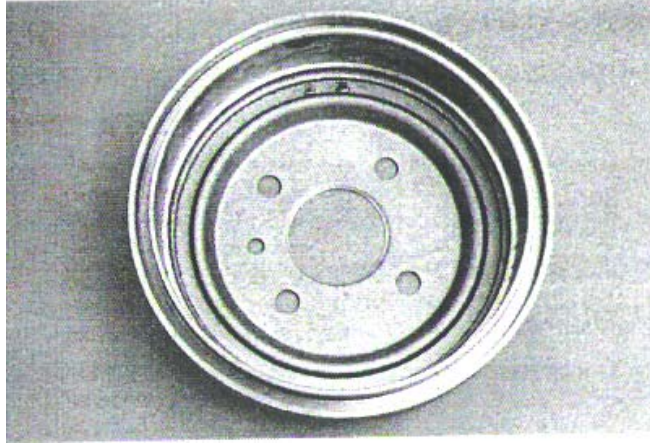
Kampana aracın tekerleğine monte edilen ve pabuçların bastırılması ile üzerinde sürtünme kuvveti oluşturulan silindirik parçadır. Kampanalar ;

- Mekanik direnç
- Çok düzgün bir temas yüzeyi korunarak, yüksek bir sürtünme katsayısına müsade etmek
- Aşınmaya karşı hassas olmamak, kolay çizilmemek
- Çabuk soğuyabilmek
- Yüksek ısı iletkenliğine ve ısı kapasitesine sahip olmak
- Düşük genleşme katsayısı
- Küçük ve hafif olmak gibi özellikleri karşılamalıdır.

Günümüzde kampanalar döküm yolu ile elde edilmektedir.

Ağırlıktaki yoğunlaşmadan dolayı, güncel araştırmaların çoğu alüminyum malzeme kullanımı üzerine yönelmiştir.

Şekil 2.6'da kampana resmi görülmektedir.



Şekil 2.6 Kampana (BFS)

2.7 KOROZYON DENEYLERİ (TUZ SİSİ TESTİ)

2.7.1 TUZ SİSİ DENEYİNİN TANIMI

Tuz sisi testi genel olarak malzemelerde korozyon dayanımı testi olarak yapılan bir testtir. Tuz sisinin etkisine karşı direncin ve diğer ortamların içindeki korozyona direncin arasında doğrudan bir ilişki olması enderdir. Zira koruyucu ince zarların oluşması gibi korozyonun oluşmasını etkileyen farklı etkenler, karşılaşılan koşullara bağlı olarak önemli ölçüde farklılaşırlar. Bundan dolayı, deneyin sonuçları, metalik maddelerin kullanılabildikleri ortamların tümünde korozyon direncinin doğrudan açıklanması olarak göz önüne alınmamalıdır. Çeşitli maddelerin deney sırasındaki davranışı da, bunların hizmet vermeleri sırasındaki bağlı korozyon dirençlerinin doğrudan bir açıklaması olarak göz önüne alınmamalıdır.

Bu yöntem yine de korozyona karşı kaplaması olan veya olmayan metalik bir maddenin karşılaştırılabilir kalitesinin kontrol edilmesi ile ilgili bir olanak sağlamaktadır.

Tuz sisi deneyleri bazı metalik, anodik kaplamalardaki veya dönüştürme katmanlarındaki gözenekler tipinde olan süreksizliklerin veya diğer hataların ortaya çıkarılmasında özellikle yararlıdır.

Nötr tuz sisi deneyi şunlara uygulanır:

- Metallere ve alaşımlara
- Bazı metalik kaplamalara (anodik ve katodik)
- Bazı dönüştürme katmanlarına
- Bazı anodik kaplamalara

- Metalik malzemelerin üzerindeki organik kaplamalara

Asetik tuz sisi deneyi özellikle dekoratif bakır + nikel + krom veya nikel + krom kaplamalar için yararlıdır. Bu deney aluminyumun üzerindeki anodik oksit katmanlarının denenmesi için uygundur.

Bakırlı – asetik tuz sisi deneyi özellikle dekoratif bakır + nikel + krom veya nikel + krom kaplamalara uygulanır. Bu deney aluminyumun üzerindeki anodik oksit katmanlarının denenmesi için de uygundur. Bu deneyin krom + nikel tabakasının ve bakır + nikel + krom tabakasının arasında kalite ile ilgili kıyaslama yapma kavramlarının elverişli bir biçimde elde edilmesine müsaade etmediği olgusuna dikkat edilmesi istenmektedir. Zira kullanılan reaktif, nikeldeki korozyonu hızlandıran ve bakıra etkisi olmayan bakır iyonunu içermektedir. (ISO:9227:1990 Korozyon deneyleri)

- ISO 1462:1973 Metalik kaplamalar – Tabandaki metale göre anodik olmayan elektrolitik tabakalar – Hızlandırılmış korozyon deneyleri – Sonuçları değerlendirme yöntemi
- ISO 3574:1986 Ticari ve derin çekme kalitesindeki soğuk haddelenmiş karbonlu çelik saclar
- ISO 4540:1980 Metalik kaplamalar - Tabandaki metale göre katodik olan elektrolitik tabakalar – Elektrolitik bir tabaka ile kaplanmış, korozyon deneylerine sokulmuş deney örneklerinin sınıflandırılması

2.7.2 NÖTR TUZ SİSİ DENEYİ (NSS)

Püskürtme odasında püskürtülüp toplanan eriyiğin pH'sı 6,5 ve 7,2 arasında olacağı biçimde tuzlu eriyiğin pH'sı ayarlanır. $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ de elektriksel – ölçme biçiminde veya sürekli yapılan deneylerde 0,3 veya daha düşük pH birimi kadar bir yaklaşıklık ile hassas açıklamalar verebilen dar bir pH aralıklı bir gösterge kağıdının yardımı ile pH ölçülür. Birleşiminin kalitesi kabul edilmiş bir klorhidrik – asit veya sodyum – hidroksit eriyiğinin eklenmesi ile gerekli düzeltmeler yapılır.

Eriyiğin püskürtüldüğü andaki karbon-dioksit kaybının sonrasında pH farklılaşabilir. Bu farklılaşmalardan, eriyiğin içerdiği karbon-dioksidin azalması, eriyiği cihaza yerleştirmeden önce eriyiğin örnek olarak 35°C 'nin üzerindeki bir sıcaklığa yükseltilmesi, veya eriyiğin taze kaynatılmış su ile hazırlanması ile kaçınılabılır. (ISO:9227: Tuz sisi deneyleri)

2.7.3 TUZ SİSİ DENEYİNDE FİLTRELEME

Gerekli ise, püskürtme düzeneğinin deliklerini tıkayabilecek katı malzemelerin tümünü yok etmek için cihazın haznesinin içine konmadan önce eriyik filtrelendir.

2.7.4 TUZ SİSİ DENEY CİHAZI

Cihazın, deney sisini veya eriyiği ile temas eden maddeleri veya parçalarının tümünün kaplanması, püskürtülen eriyiğin korozyonuna direnmelidir ve cihazın korozyon yapabilirliğine etki etmemelidir. Deney cihazı şu unsurları içerir:

- Püskürtme odası: Püskürtme odasının minimum 0,2 m³lük veya tercihen 0,4m³'ten az olmayan bir kapasitesi olmalıdır. Yapılan denemeler daha küçük hacimleri ile sisini yayılmasından gerekli eşdüzeliliğin elde edilmesinin zor olduğunu göstermiştir. Büyük hacimli odalar için, sisini eşdüzeliliği ve yayılması ile ilgili gereken koşullara uyulması gerekmektedir. Odanın üst kısmı, eriyiğin birikmiş ve yüzeyden akan damlalarının denenen parçaların üzerine akmayacağı biçimde tasarlanmalıdır. Şekil 2.7'de bir püskürtme odasının ve tuz sisini test kabiniinin şematik olarak resmi görülmektedir.
- Isıtma ve sıcaklığı ayarlama düzeneği: Uygun bir düzeneğe, odanın ve içeriğinin gerekli kılınmış sıcaklıkta tutulmasını sağlar. (bakınız çalıştırma koşulları) Sıcaklığın ölçülmesi, çeperlerden en az 100mm'lik bir uzaklıkta yapılmalıdır.
- Püskürtme düzeneği: tuzlu eriyik ile besleme düzeneği, basıncı ve nemi denetim altında tutulan bir temiz hava besleme sisteminden, püskürtülecek eriyiği içeren bir haznedan ve bir veya birçok püskürtücüden oluşur. Püskürtücülerin basınçlı hava ile beslenmesi herhangi bir katı malzeme veya yağ iznini yok eden bir filtrenin üzerinden, 70kPa (1kPa≈11kN/m²≈0,01atm). Püskürtücüler örnek olarak cam veya plastik malzeme gibi, etkilenmeyen maddeden yapılmalıdır. Püskürtülen eriyiğin deney örneklerinin üzerine doğrudan çarpmasını önlemek için saptırıcılar kullanılabilir ve sisini püskürtme odasının içinde eşdüze yayılımının sağlanması için ayarlı saptırıcıların kullanılması yararlı olabilir. Deneyin tümü boyunca sabit bir sis beslemesinin sağlanması için otomatik

gereçlerin yardımı ile haznenin içerisindeki tuzlu eriyiğin düzeyi sabit tutulmalıdır. (ISO:3613:1980 Çinko ve kadmiyum üzerinde kromata dönüştürme katmanları)

- Toplayıcılar: Ucundaki borusunun, derecelendirilmiş deney tüplerinin veya aynı cinsteki başka kapların içine yerleştirildiği, cam veya kimyasal olarak etkilenmeyen başka herhangi bir maddeden olan hunilerden oluşan, en azından iki yeterli toplayıcı yerleştirilmelidir. 100 mm çaplı bir huninin yaklaşık 80cm² lik bir toplama alanı vardır. Toplama düzenekleri odanın deney örneklerinin bulunduğu bölgesinin içine, bunlardan birisinin bir püskürtücünün mümkün olduğu kadar yakınında ve diğerinin bir püskürtücünün mümkün olduğu kadar uzağında olacağı biçimde yerleştirilmelidir. Düzenekler, deney örneklerinden veya odanın bir kısmından akan sıvıyı değil yalnızca sisi toplayacak biçimde yerleştirilmelidir.
- Yeniden kullanma: Cihazdan, yapılacak deney için gerekli kılınmış eriyiğe göre farklı bir eriyik ile bir püskürtme deneyi veya başka herhangi bir kullanım için yararlanılmış ise cihaz, kullanılmadan önce özenle temizlenmelidir. Odanın içine herhangi bir deney örneği yerleştirilmeden önce cihaz en az 24 saatlik bir süre boyunca çalıştırılmalı ve toplanan eriyiğin pH'ının püskürtmenin tamamı sırasında doğru olduğu kontrol edilmelidir. (NF ISO 9227: aralık 1991)

2.7.5 TUZ SİSİ DENEY ÖRNEKLERİ

Deney örneklerinin sayısı ve tipi, biçimi ve ölçüleri denenen maddenin veya ürünün spesifikasyonundaki kurallara uygun olarak seçilmelidir. Böyle bir spesifikasyon yok ise bunlar için, ilgili taraflar arasında bir anlaşma söz konusu olmalıdır.

Deney örnekleri deneyden önce özen ile temizlenmelidir. Kullanılan yöntem maddenin cinsine, yüzeye ve bu yüzeyi kirletmiş olan ürünlere bağlıdır ve deney örneğinin yüzeyini etkileyebilecek aşındırıcıların veya solventlerin kullanılmaması gerekmektedir.

Deney örneklerinin özen gösterilmemiş bir işlem ile temizlenme sonucunda yeniden kirlenmemiş olmalarına dikkat edilmelidir.

İsteyerek koruyucu organik tabakalar ile örtülmüş deney örneklerinin deneyden önce temizlenmesine gerek yoktur.

Deney örnekleri kaplanmış daha büyük parçaların üzerinden kesiliyor ise, kesme, kesilen yerin bitişiğindeki bölgedeki kaplamaya zarar vermeyecek biçimde yapılmalıdır. Tersine spesifikasyon olmasının dışında, kesme yerinin yanları deneyin koşullarından etkilenmeyen boya, mum veya yapışkan bant gibi uygun bir kaplama ile yeterli biçimde korunmalıdır.(ISO 4520:1981)

2.7.6 TUZ SİSİNE DENEY ÖRNEKLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ

Deney örnekleri odanın içinde, püskürtülen sisin doğrudan yolunun üzerinde bulunmayacak biçimde yerleştirilmelidir.

Yüzeyle odanın içinde sisin uygulandığı açı çok önemlidir. Deney örneği ilke olarak düz olmalı ve püskürtme odasının içine yüzü yukarıya doğru, düşeyue göre 20⁰'ye mümkün olduğunca yakın bir açı oluşturarak yerleştirilmelidir. Bu açı kesinlikle 15⁰ ve 30⁰ arasında olmalıdır. Düzgün olmayan, örnek olarak dolu parçalardaki biçimli yüzeyler durumunda, önceki cümlede geçen spesifikasyona mümkün olduğunca uyulmalıdır.

Denene yüzeylere serbest dolaşan sis uygulandığından deney örnekleri oda ile temas etmeyecek biçimde dizilmiş olmalıdır. Eriyiğin belli bir düzeyde bulunan deney örneklerinden veya mesnetlerden, alttaki düzeylerde bulunan deney örneklerinin üzerine akması koşulu ile deney örnekleri püskürtme odasının içindeki farklı düzeylere yerleştirilebilirler. Ancak, yeni bir inceleme için veya toplam süresi 96 saatten uzun olan bir deney için deney örneklerinin birbirlerinin yerine geçirilmesine müsaade edilir. Bu durumda yer değiştirmenin sıklığı ve sayısı teknisyenlerin isteğine bırakılmıştır ve deney raporunda belirtilmelidir. (ISO 7253:1984 boyalar ve vernikler: nötr tuz sisine direncin belirlenmesi)

Deney örneklerinin mesnetleri cam, plastik bir malzeme veya uygun biçimde kaplanmış ağaç gibi etkilenmeyen, metalik olmayan maddelerden olmalıdır. Deney örneklerinin asılması gerekli ise hiçbir durumda askı maddeleri metalik olmamalı,

bunun yerine sentetik elyaftan, pamuk ipliklerinden veya etkilenmeyen yalıtkan başka maddelerden olmalıdır.

2.7.7 TUZ SİSİ ÇALIŞTIRMA KOŞULLARI

Püskürtme odasının içindeki sıcaklık, deney sırasında mümkün olduğunca zayıf dalgalanmalar ile, odanın her noktasında, nötr ve asetik tuz sisleri durumunda $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ve bakırlı –asetik tuz sisi durumunda $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ olmalıdır.

Öngörülen deney örnekleri odaya doldurulduktan sonra deney, toplama hızının ve koşullarının gerekli kılınmış sınırların içinde oldukları kontrol edildikten sonra başlatılmalıdır.

Herbir toplayıcıda toplanan eriyiğin $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$ lik bir sodyum-klorür konsantrasyonu ve şu değerlerin arasında bir pH değeri olmalıdır.

- Nötr tuz sisi için 6,5 ve 7,2
- Asetik tuz sisi için 3,1 ve 3,3
- Bakırlı- asetik tuz sisi için 3,1 ve 3,3

80cm^2 lik yatay bir toplama alanı için minimum 24 saatlik bir püskürtme süresinde ölçülen, eriyiği herbir toplayıcıda ortalama toplama hızı 1 ml/saat ile 2 ml/saat olmalıdır.

Püskürtülmüş deney eriyiği yeniden kullanılmamalıdır.

Deneyin süresi boyunca odadaki her türlü basınç artışından veya her türlü basınç düşüşünden kaçınılmalıdır. (ISO 3574: NF A 36-401, ISO 4540: NF A 91-020)

2.7.8 TUZ SİSİ DENEYLERİNİN SÜRESİ

Deneylerin süresi denenen maddenin veya ürünün spesifikasyonundaki kurallara uygun olarak belirlenmelidir. Böyle bir spesifikasyon yok ise bu süre için, ilgili taraflar arasında bir anlaşma söz konusu olmalıdır.

Önerilen sis uygulama süreleri şunlardır.

2 saat - 6 saat - 24 saat - 48 saat - 96 saat - 168 saat - 240 saat - 480 saat - 720 saat - 1000 saat

Bu tez içerisinde yapılan deneylerde tuz sisi deney süresi ilgili spesifikasyonlar gereği 96 saat olarak uygulanmıştır.

Püskürtme, belirlenmiş deney süresinin tümü boyunca sürekli olmalıdır. Oda yalnızca deney örneklerini yerinde çabuk incelemek ve tuzlu eriyiğin doldurulması bu odanın dışından yapılamıyor ise tuzlu eriyik haznesinin doldurmak için açılmalıdır.

Deneyin sona ermesi ilk korozyon işaretinin gözükmesine bağlı ise deney örnekleri sıkça kontrol edilmelidir. Bundan dolayı bu cins deney örnekleri, önceden belirlenmiş deney sürelerini gerektiren deney örnekleri ile aynı anda denenmemelidir.

Deneyin belli bir süre uygulanacağı deney örneklerinin üzerinde periyodik görsel bir inceleme yapılabilir, ancak deneneyen yüzeyler rahatsız edilmemelidir ve odayı açma süresi, görülebilen değişiklikleri gözlemek ve kayıt etmek için gerekli ve yeterli minimum süre olmalıdır.

2.7.9 TUZ SİSİNDE DENEY ÖRNEKLERİNE DENEYDEN SONRA İŞLEM UYGULANMASI

Deneyin sonunda deney örnekleri odadan çıkarılır ve korozyon ürününün yok olması risklerini en aza indirmek için yıkamadan önce 0,5 saat ile 1 saat süresince kurumaya bırakılır. Deney örneklerini incelemeyden önce, yüzeylerinde yığılmış olan püskürtülmüş eriyik kalıntıları özenle yok edilir. Bu amaç için deney örneklerine 40⁰C'yi aşmayan bir sıcaklıktaki temiz adi su ile yıkama veya bu suya daldırma, sonra 200 kPa'ı aşmayan bir basınç ile 300mm'lik bir uzaklıktan tutulan bir hava akımı ile derhal bir kurutma yapılabilir. (ISO 9227: 1990)

2.7.10 TUZ SİSİNDE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi, örnek olarak aşağıdaki özel gerekliliklere bağlı olarak çok sayıdaki farklı kritere göre yapılabilir:

- Deneyden sonraki görünüm
- Korozyonun yüzeysel ürünlerinin yok edilmesinden sonraki görünüm
- Oyuklar, çatlaklar, gaz boşlukları vs. gibi olan hataların sayısı ve dağılımı: bunların değerlendirilmesi ISO 1462 veya ISO 4540'ın içinde açıklanan yöntemlere göre yapılabilir.
- İlk korozyon işaretlerinin görünme süresi
- Ağırlıkta farklılaşma
- Mikrografik inceleme ile ortaya çıkan değişme

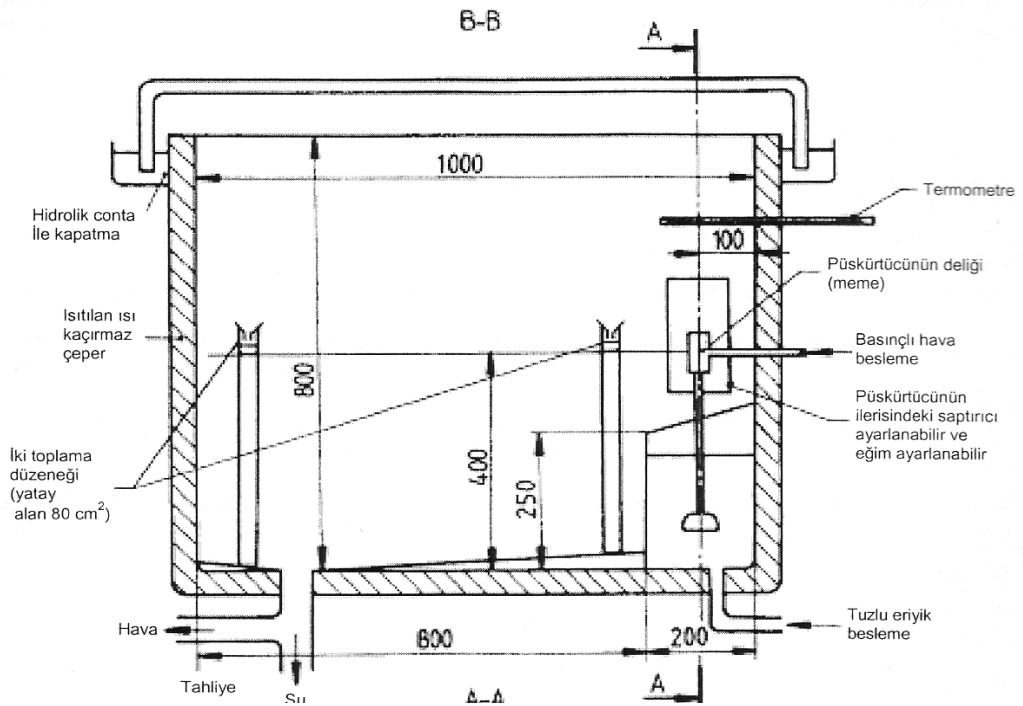
- Mekanik özelliklerdeki değişme

Açıklama: Uygun kriterin veya kriterlerin denenecek bir kaplamanın veya bir ürünün spesifikasyonunda gerekli kılınması iyi bir mühendislik uygulamasıdır.

2.7.11 TUZ SİSİ DENEY RAPORU

Tuz sisinde deney raporu, deneyin sonucunu belirlenmiş değerlendirme kriterlerine uygun olarak belirtmelidir. Rapor denenen her deney örneğinin üzerinde elde edilen sonucu ve var olduğu durumda benzer bir deney örnekleri grubunun ortalama sonucunu da içermelidir. Rapora gerekli ise denemiş olan deney örneklerinin fotoğrafları da eklenebilir. Şekil 2.7’de tuz sisi test odasının resmi görülmektedir. (BFS-NF ISO 9227)

Olası bir püskürtme odası modelinin şeması



Şekil 2.7 Tuz sisi püskürtme odası modelinin şeması

2.8 ÇİNKO BANYOSUNDA DEMİR ÇÖKTÜRME İŞLEMİ

Kaplama banyolarının kullanım yoğunluğuna bağlı olarak çok sık olmamak koşulu ile banyolarda demir çöktürme işlemi yapılır. Birden fazla çinko banyosu bulunması durumunda aşağıda belirtildiği şekilde bir yöntem uygulanır.

Test için önce çözültiden 30 ml behere alınır. 1 ml/L on defa sulandırılmış hidrojen peroksit katılır. Renk değişimi yok ise demir kirliliği olmadığı, açık portakal rengi bir renk gözlenmesi durumunda düşük demir kirliliği olduğu, kıvıllı ya da kahve rengi bir ton oluşması durumunda orta derecede demir kirliliği olduğu, koyu kırmızı bir renk tonu görülmesi durumunda yüksek derecede demir kirliliği olduğu tespit edilmiş olur.

Demir çöktürme işlemi için uygulanacak yöntem:

- Banyo pH değeri düşükse kostik çözültisi veya yüksekse HCl ile 5,8 – 6,0 arasına getirilir.
- Banyo hacmi ve demir kirliliğinin seviyesi göz önüne alınarak, hidrojen peroksit kendi hacminin 25 – 30 misli kadar sulandırılarak banyoya ilave edilir. Düşük demir kirliliğinde 1,0 ml/L hidrojen peroksit, orta demir kirliliğinde 1,5 ml/L, yüksek demir kirliliğinde 2,0 ml/L hidrojen peroksit ilavesi yapılır.
- Banyo hava ile karıştırılır ve çökmeye bırakılır.
- Çökme bitene kadar beklenir. Çözelti tekrar test edilir. Gerekirse işlemlere yeniden başlanarak tekrar edilir.
- Temiz çözelti filtre ile banyoya aktarılır.
- Hava verilir ve peroksitin uçması beklenir.

Filtrelerin kartuşları periyodik olarak kontrol edilir ve temizlenir. Temizlenemeyecek kadar kötü duruma gelen kartuşlar değiştirilir. Yeni takılan kartuşlar önceden temizlenmelidir. Temizleme için önce sıcak su ile %5lik HCl çözeltisi hazırlanır. Filtre kartuşları bu çözültide bir gece bekletilir. Ertesi gün suyla yıkanıp asitten arındırılarak kullanıma alınır.

Kaplama banyolarındaki anot torbaları da filtreler gibi periyodik olarak kontrol edilir ve delinme durumu, gözeneklerin dolma durumu ve renklerinin değişip değişmediği gözle kontrol edilir. Yeni kullanılacak anot torbaları tıpkı filtre kartuşlarının yapıldığı gibi sıcak su ile hazırlanan %5lik HCl çözeltisi içinde bir gece bekletilir. Ertesi gün suyla yıkanıp asitten arındırılarak kullanıma alınır. (Telbis Yüzeybilim: Metodlar M11)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 DENEY NUMUNELERİ

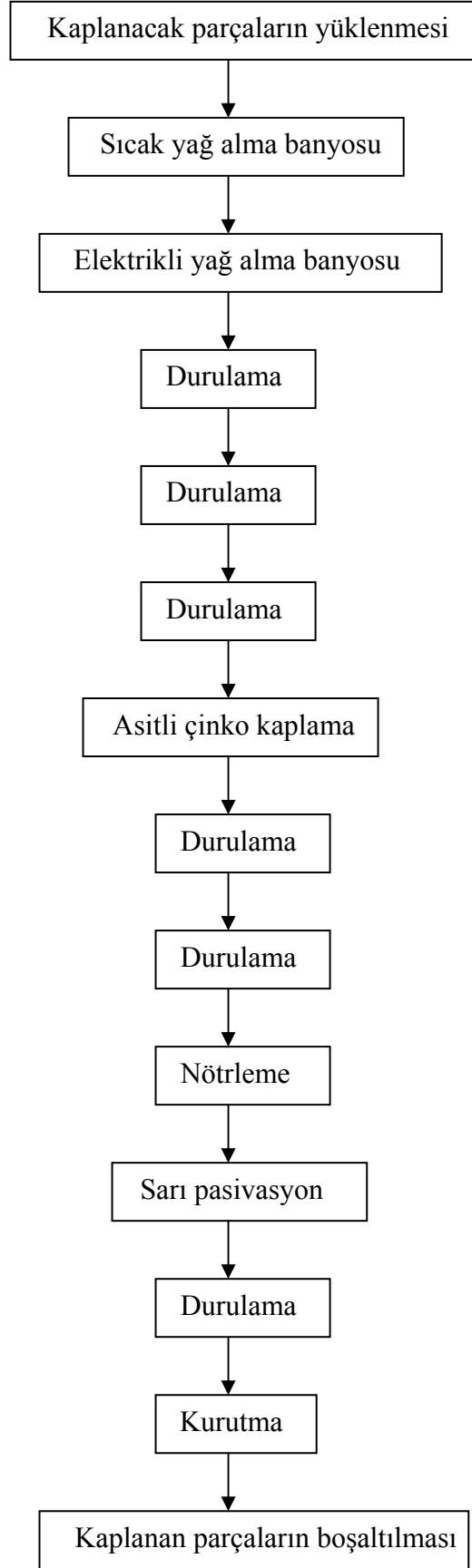
Deneylerde Bosch Fren Sistemleri'nden temin edilen kampana fren pabuçları kullanıldı. Pabuçlar jant ve kanat olarak fabrikaya gelen sac parçaların punta kaynağı ile birleştirilmesi, ardından ütüleme ve arasaj operasyonları adı verilen 2 proseden geçirilerek kaplama prosesine uygun hale getirilmiş olan parçalardır.

Parçalar 4 mm sac kalınlığında olup, kaplama öncesi yaklaşık 4,5dm² alana sahiptirler. Parçaların özellikle arasaj operasyonuna tabi tutulmuş parçalardan seçilmesinin nedeni, bu operasyonlar parça üzerinde, kampana fren montajı esnasında yayların takıldığı deliklerin bu operasyonda delinmiş olmasıdır. Korozyon testlerinde parça üzerindeki delikler ve olası zayıf noktalar incelenmeye daha uygun olması nedeni ile bu şekilde bir seçim yapılmıştır.

3.2 KULLANILAN YÖNTEM

Deneylerde asitli çinko kaplama prosesi olarak bilinen işlem yapılmıştır. Deney numuneleri balansiyel adı verilen askı sistemi ile asılarak (burada amaç banyo içerisine daldırılan parçaların çinko anotlardan ortalaa olarak eşit uzaklıkta olmasını sağlayacak şekilde yerleştirilmesi ve homojen bir kaplama kalınlığının sağlanmasıdır) kaplama banyosuna daldırılır.

Banyo adımları ve akış şeması aşağıda görülmektedir. Proses adımlarına ait detaylı anlatım bölüm 3.5 pabuç kaplama prosesi bölümünde yer almaktadır.



Şema 3.1 Kaplama banyosu proses akış şeması

3.3 KAPLAMA İŞLEMİNDEN ÖNCE BANYOLARIN HAZIRLANMASI

Deneylerde kampana fren pabuçları kullanıldığından bundan sonraki tanımlamalarda deney numunesi yerine pabuç kelimesi kullanılacaktır. Pabuçlar hazırlanan banyolarda kaplanmıştır. Pabuçların kaplama prosesinde önce kaplama banyosundaki şartlar ve hazırlama methodları, ardından işlem sıralaması ve deney adımları anlatılacaktır.

3.3.1 SICAK YAĞ ALMA BANYOSUNUN HAZIRLANMASI

Yapılan deneylerde sıcak yağ alma işlemi için 1000 litre hacimli bir banyo kullanılmıştır. Banyo hazırlanırken:

- Tankın üçte ikisi su ile doldurulur
- 50 dereceye ısıtılır
- 85kg Presol 7060 sürekli karıştırılarak ilave edilir
- Tüm malzeme çözüldüğünde çözelti çalışma seviyesine tamamlanır
- Üzerine 8,5kg AB 40 ilave edilir
- Karıştırılarak homojen bir dağılım sağlanır
- Çalışma sıcaklığı olan 40-70 derece arasına kadar ısıtılır. (Telbis yüzeybilim: Banyo hazırlama talimatları H1)

Tablo 3.1 Sıcak yağ alma banyosu kullanılan kimyasallar

Malzeme	Konsantrasyon	Kullanılacak Miktar
Presol 7060	85 g/L	85 kg
AB 40	8,5 g/L	8,5 kg

3.3.2 ELEKTRİKLİ YAĞ ALMA BANYOSUNUN HAZIRLANMASI

Yapılan deneylerde sıcak yağ alma işlemi için 1000 litre hacimli bir banyo kullanılmıştır. Banyo hazırlanırken:

- Tankın üçte ikisi su ile doldurulur
- 60 dereceye ısıtılır
- 100kg Presol 7060 sürekli karıştırılarak ilave edilir

- Tüm malzeme çözüldüğünde çözelti çalışma seviyesine tamamlanır
- Karıştırılarak homojen bir dağılım sağlanır
- Çalışma sıcaklığı olan 40-70 derece arasına kadar ısıtılır (Telbis yüzeybilim: Banyo hazırlama talimatları H2)

Tablo 3.2 Elektrikli yağ alma banyosu kullanılan kimyasallar

Malzeme	Konsantrasyon	Kullanılacak Miktar
Presol 7060	85 g/L	85 kg

3.3.3 ÇİNKO BANYOSUNUN HAZIRLANMASI

Yapılan deneylerde sıcak yağ alma işlemi için 1600 litre hacimli bir banyo kullanılmıştır. Banyo hazırlanırken:

- Tankın üçte ikisi temiz su ile doldurulur
- Çinko klorür ilave edilerek çözülene kadar karıştırılır
- Amonyum klorür ilave edilerek çözülene kadar karıştırılır
- Çözelti sürekli filtre edilir
- Anot sepetleri takıldı ve anot ile doldurulur
- Base ilavesi yapılır
- Brightener ilavesi yapılır
- Çalışma seviyesine kadar su ile tamamlanır
- Filtrasyona devam edilir
- Tüm bu işlemler sonunda banyo pH'ı ölçülür, 4 civarında olduğu tespit edilir. (Gerekli olması durumunda HCl ilave edilerek ayarlama yapılır)
- Gerektiği takdirde selektif yapılabilir. Selektif, katot olarak 20 x 80 cm zigzag sac asılır. 0,5 Volta bir gece boyunca hareketsiz akım altında bırakılır (Telbis yüzeybilim: Banyo hazırlama talimatları H3)

Tablo 3.3 Çinko banyosu kullanılan kimyasallar

Malzeme	Konsantrasyon	Kullanılacak Miktar
Çinko Klorür	62 g/L	100 kg
Amonyum Klorür	175 g/L	280 kg
Zetaplus 600 Base	40 g/L	64 kg
Zetaplus 600 Brightener	0,5 g/L	0,8 kg

3.3.4 PASİVASYON BANYOSUNUN HAZIRLANMASI

Yapılan deneylerde sıcak yağ alma işlemi için 1000 litre hacimli bir banyo kullanılmıştır. Banyo hazırlanırken:

- Tankın üçte ikisi su ile doldurulur
- Gerekli Zetafor ilavesi yavaşça hava karışımı ile yapılır
- Kalan seviye su ile tamamlanır

Tablo 3.4 Pasivasyon banyosu kullanılan kimyasallar

Malzeme	Konsantrasyon	Kullanılacak Miktar
Zetafor 48L	25 ml/L	25 kg

Not: Pasivasyon banyosu normal kullanım şartlarında 15 – 30 günde bir değiştirilir. Yeni çözeltiliye bir miktar (hacimce %2 - %5) kadar eski çözeltiden aşılama yapılır. (Telbis yüzeybilim: Banyo hazırlama talimatları H4)

3.4 KAPLAMA BANYOLARINDAKİ KONTROL VE ANALİZLER

3.4.1 SICAKLIK KONTROLÜ

Banyo sıcaklıkları termometre ile kontrol edilir. Deneylerde de benzer şekilde periyodik olarak termometre ile banyo sıcaklıkları ölçülmüştür. Çalışma sıcaklıkları aşağıdaki tabloda görülmektedir. (Telbis yüzeybilim: Metodlar: M1)

Tablo 3.5 Kaplama banyosu çalışma sıcaklık aralıkları

Banyo	Çalışma Sıcaklığı Aralığı
Sıcak Yağ Alma	40 - 70 °C
Elektrikli Yağ Alma	40 - 70 °C
Çinko	15 - 20 °C
Pasivasyon	Ortam

3.4.2 pH KONTROLÜ

Banyolarda pH değerleri dijital pH metre ile kontrol edilir. Deneylerde de benzer şekilde periyodik olarak dijital pH metre ile banyoların pH değerleri ölçülmüştür.

Banyoların normal şartlarda çalışabilmesi için olması gereken pH değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. (Telbis yüzeybilim: Metodlar: M2)

Tablo 3.6 Kaplama banyosu çalışma pH aralıkları

Banyo	Çalışma pH Aralığı	pH Ayarlama
Sıcak Yağ Alma	12 - 13	Malzeme ilavesi ile yapılır
Elektrikli Yağ Alma	12 - 13	Malzeme ilavesi ile yapılır
Çinko	4,8 - 5,3	Banyo çalıştıkça pH yükselir ve HCl ile normal değerlere getirilir.
Pasivasyon	1,2 - 2,0	Kostik veya amonyak ile yükseltilir HCl ile düşürülür.

3.4.3 SICAK YAĞ ALMA BANYOSU ANALİZİ

- Proses : Presol 7060 + AB 40
- Kuruluş değeri : Presol 7060 için 85 g/L (aralık 50 – 120 g/L)
: AB 40 için 85 ml/L
- Banyo hacmi : 1000L
- Banyo kuruluşu : Presol 7060 85 kg ve AB 40 8,5 L
- Analiz yöntemi : 250ml'lik behere 10ml çözelti alınarak 100ml deiyonize su ilavesi yapılır. 1 – 2 damla fenolftaleyn indikatör ilavesi yapılır. Kırmızı renk yok olana kadar 1N hidroklorik asit ile titrasyon yapılır.
- Hesaplama yöntemi : Kullanılan 1N HCl miktarı X 6,45 = banyodaki g/L olarak Presol 7060 miktarı olmalıdır.
- İlave miktarı : Presol 7060 için 85 kg – banyodaki g/L Presol 7060 miktarı, AB 40 için ilave edilen Presol 7060'ın %10'u kadar (Telbis yüzeybilim: Metodlar: M3)

3.4.4 ELEKTRİKLİ YAĞ ALMA BANYOSU ANALİZİ

- Proses : Presol 7060
- Kuruluş değeri : Presol 7060 için 85 g/L (aralık 50 – 120 g/L)
- Banyo hacmi : 1000L
- Banyo kuruluşu : Presol 7060 85 kg

- Analiz yöntemi : 250ml'lik behere 10ml çözelti alınarak 100ml deiyonize su ilavesi yapılır. 1 – 2 damla fenolftaleyn indikatör ilavesi yapılır. Kırmızı renk yok olana kadar 1N hidroklorik asit ile titrasyon yapılır.
- Hesaplama yöntemi : Kullanılan 1N HCl miktarı X 6,45 = banyodaki g/L olarak Presol 7060 miktarı olmalıdır.
- İlave miktarı : Presol 7060 için 85 kg – banyodaki g/L Presol 7060 miktarı (Telbis yüzezbilim: Metodlar: M4)

3.4.5 ÇİNKO BANYOSU TOPLAM KLORÜR ANALİZİ

- Proses : Zetaplus 600
- İstenen klorür : 140 – 150 g/L
- Banyo hacmi : 1600L
- Analiz yöntemi : 250ml'lik behere 0,5ml çözelti alınarak 500ml saf su ve 5ml sodyum kromat indikatörü ilavesi yapılır. 0,1N gümüş nitratla kırmızı – menekşe renge gelene kadar titrasyon yapılır
- ml gümüş nitrat X 7,10 = ... g/L olarak toplam klorür
- Hesaplama : Çinko banyosu çinko metali analizi ile aynı bakınız 3.2.6 Çinko Banyosu Çinko metali Analizi (Telbis yüzezbilim: Metodlar: M5)

3.4.6 ÇİNKO BANYOSU ÇİNKO METALİ ANALİZİ

- Proses : Zetaplus 600
- İstenen Zn : 30 g/L
- Banyo hacmi : 1600L
- Analiz yöntemi : 250ml'lik behere 2ml çözelti alınarak 50ml saf su ilave edilir. 25ml pH=10 tampon çözeltisi ve 0,1 g eriochromeblack T indikatörü eklenir. 0,1M EDTA ile sabit mavi renge kadar titrasyon yapılır.
- Hesaplama : ml EDTA X 3,27 = g/l çinko (a)
- : Gereken Zn = 30 – g/l çinko (b)
- İlave Miktarı : İlave edilecek çinko klorür :

(b) x 2,085 x banyo hacmi

: İlave edilecek potasyum klorür:

$$\left[\frac{\text{ToplamKlorür} - ((a) \times 1,085)}{0,476} \right] \times \text{banyo hacmi}$$

(Telbis yüzeybilim: Metodlar: M6)

3.4.7 PASİVASYON BANYOSU ANALİZİ

- Proses : Zetafor 48 L
- İstenen Zn : 25 g/L
- Banyo hacmi : 1000L
- Analiz yöntemi : 250ml'lik behere 5ml çözelti alınarak 100ml demineralize su, 2g amonyum biflorür, 15ml derişik HCl, 10 ml %10luk potasyum iyodür, 3ml %2lik nişasta çözeltisi ilave edilir. Çözelti morlaşır, açık yeşil şeffaf renge kadar N/10 sodyum tiosülfat ilave edilerek titrasyon yapılır.
- Hesaplama : $V \times 3,55 = \text{ml/L Zetafor 48 L}$
- İlave miktarı : ilave miktarı = 25 L – (bulunan miktar x 1000)
(Telbis yüzeybilim: Metodlar: M7)

3.5 PABUÇ KAPLAMA PROSESİ

Burada proses adımları ve yapılan kaplama işlemi detaylı bir şekilde anlatılacak, ardından yapılan tuz sisi deneyleri ve elde edilen sonuçlar anlatılacaktır.

3.5.1 SICAK YAĞ ALMA

Deneyde pabuç numuneleri ilk olarak sıcak yağ alma banyosuna daldırılır. Sıcak yağ alma prosesinde içinde Perosol 7060 ve AB 40 kimyasalları bulunan 1000 litre hacimli bir banyo kullanılır. Banyonun sıcaklık değeri 40°C – 70°C arasında bulunur. Banyo pH değeri ise 12 – 13 arasında olmalıdır. Toplam işlem süresi 200sn olarak standart operasyon zamanına uygun olarak alınır. Buradaki zamanda yapılacak çok fazla bir değişiklik bulunmamasının sebebi; hem çok uzun süre tutmayarak zamandan tasarruf elde edilmesi, hem de kısa tutmayarak parçaların üzerinde bulunan daha önceki operasyonlardan gelen yağların yeterince arındırılmasını sağlayabilmektir.

3.5.2 ELEKTRİKLİ YAĞ ALMA

Sıcak yağ alma banyosundan çıkan parçalar ikinci adım olarak elektrikli yağ alma banyosuna batırılırlar. Elektrikli yağ alma prosesinde içinde Presol 7060 bulunan 1000 litre hacimli bir banyo kullanılır. Banyonun sıcaklık değeri $40^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$ arasında bulunur. Banyo pH değeri ise 12 – 13 arasında olmalıdır. Toplam işlem süresi sıcak yağ alma banyosunda uygulanan adıma benzer şekilde 200sn olarak standart operasyon zamanına uygun olarak alınır.

3.5.3 DURULAMA

Yağ alma banyolarından çıkan numuneler sırası ile 3 adet durulama havuzuna batırılarak üzerlerindeki kimyasallardan arındırılırlar. Burada sadece 1 defa (ya da 1 adet) durulama havuzuna batırmak da mümkündür, ancak prosesin daha uygun ve sağlıklı sonuçlanabilmesi için 2 ya da 3 defa birbirinden farklı durulama havuzuna girip çıkması gerekmektedir. Deneylerde durulama işlemi tamamlandıktan sonra parçaların incelenmesi ile şu sonuçlara varılmıştır:

- Parçalar elle tutulamayacak kadar sıcaktır.
- Parçalar bir banyodan çıkmış gibi temizlenmiştir ve üzerlerinde makine yağı bulunmamaktadır.
- Parçalar korozyona açık bir durumdadır.

Durulama prosesinden sonraki adım parçaların çinko havuzuna girerek kaplanmasıdır. Burada yapılan deneylerde banyolar arasında robot sistem ile parçalar taşınmış olduğundan bir banyodan çıkıp diğer banyoya girene kadar geçen süre her seferinde sabit ve 5-10 saniyedir.

3.5.4 ASİTLİ ÇİNKO KAPLAMA

Durulama banyolarından çıkan numuneler kaplama banyosuna daldırılır. Kaplama banyosu 15 ile 25 santigrat derece sıcaklığında ve 4,8 – 5,3 pH değerlerinde bulunmalıdır. Bu değerlerden sapılması durumunda kaplama tabakasının parça üzerine yapışmaması, kısa sürede dökülmesi ve çok zayıf bir tabaka oluşması daha önceki çalışmalarda tespit edilen sonuçlardandır.

Deneyde kullanılan banyo toplam 1600 litre hacimde ve litre başına 62 gram çinko klorür, 175 gram amonyum klorür ihtiva etmektedir. Ayrıca 40 g/l Zetaplus 600 Base ve

0,5 g/l Zetaplus 600 Brightener katılmıştır. Bu kimyasallar kaplamanın hem paralaklığı hem de uzun ömürlülüğü için ilave edilmiştir. (Telbis Yüzey İşlem)

İdeal kaplama için işlem süresinin 1000 saniye olması gerekirken, testlerde 500 saniye, 750 saniye ve 1000 saniyelik çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca diğer bir kaplama parametresi olan; akım değeri ideal şartlarda $2A/dm^2$ iken 1A ve 3A değerlerinde de çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen değerleri, resimleri ve grafikleri bölüm 3.4 Hesaplamalı Çalışma bölümünde, yapılan korozyon testleri sonuçlarını, fotoğraflarını ve değerlendirmeleri Bölüm 4 Sonuçlar kısmında bulabilirsiniz.

3.5.5 NÖTRLEME

Kaplama havuzundan çıkan parçalar nötrleme havuzuna daldırılır. Nötrleme banyosunda %0,5 nitrik asit çözeltisi bulunmaktadır. Nötrleme adımında uzun bir işlem süresi olmaksızın parçalar sadece birkaç saniyeliğine daldırılarak çıkarılır.

3.5.6 PASİVASYON

Pasivasyon işlemi kaplama banyosundan çıkan parçaların üzerinde kaplama tabakasının kalabilmesi amacı ile üzerine sürülen bir cila tabakası olarak düşünülebilir. Kaplama banyosundan yeni çıkmış parçalar açık havaya temas ettikleri andan itibaren tamamen korozyona karşı dirençsiz şartlara gelmektedirler. Bu nedenle üzeri kaplama tabakası ile kaplanan parçalar hiç vakit kaybetmeden pasivasyon banyosuna daldırılarak ince bir tabaka halinde üzerlerine pasivasyon katı uygulanmalıdır.

Deneylerde asitli çinko banyosundan çinko kaplanarak çıkan parçalar 6-20 saniye süre ile Zetafor 48L (2,5 g/L) çözeltisi içeren 1000 litre hacimli bir banyoya daldırılmıştır. Pasivasyon banyosunda sıcaklık, kaplama banyosundaki gibi 15 – 25 °C ve pH değeri 1,2 – 2 arasında bulunmalıdır.

3.5.7 DURULAMA ve KURUTMA

Pasivasyon banyosundan çıkan parçalar tıpkı yağ alma işlemi sonrasında olduğu gibi durulama banyosuna batırılır. Üzerinde oluşan pasivasyon tabakasının akması ve leke bırakmaması amacı ile durulama yapılır. Durulamanın ardından parçaların üzerinde suyun kurumaması ve iz kalmaması için 80 °C sıcaklıktaki bir fırın içinde 300sn bekletilir. Deneylerde standart kaplama koşullarına uygun şekilde kurutma yapılmıştır.

3.6 HESAPLAMALI ÇALIŞMA

3.6.1 PABUÇLARIN KAPLANMASI

Testlerimizde pabuçlar daha önceki bölümlerde belirtilen şartlarda kaplama banyolarına daldırılarak kaplama işlemleri yapılmıştır. (bakınız bölüm 3.3 pabuç kaplama prosesi) Ancak burada amacımız kampana frenlerdeki metal parçaların kaplama parametrelerine bağlı olarak korozyon dayanımlarının incelenmesi olduğu için, her seferinde banyo parametrelerinde değişiklikler yapılarak parçaların korozyona karşı dayanımları ayrı ayrı incelenmiştir.

Aşağıdaki şekilde banyoya girmeden önce pabuçların balansiyel denilen askı sistemiyle hazırlanışı görülmektedir.



Şekil 3.1 Parçaların asılması

Testlerimizde kaplama parametrelerinde yapılan değişiklikler aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Bölüm 3.3.4 asitli çinko kaplama kısmında bahsedilen kaplama banyosu ve kontrol parametreleri;

- Parça yüzey alanı her parçada sabit ve $4,2 \text{ dm}^2$
- Beklenen kaplama kalınlığı $4-9 \text{ }\mu\text{m}$ (ölçüm sonuçları bölüm 4 kaplama sonuçları kısmında yer almaktadır.)

- Banyo süresi : 1000 sn. Testlerimizde banyo süreleri 750 sn ve 500 saniye olarak da kalınlık ölçümleri ve korozyon testleri yapılmıştır.
- Uygulanan akım değeri: 2 Amper / dm² Testlerimizde uygulanan akım değerleri 1 Amper / dm² ve 3 Amper / dm² olarak da kalınlık ölçümleri ve korozyon testleri yapılmıştır
- Görünüm özelliği: Kaplamadan çıkan parçanın kaplama yapılan tüm bölgelerinde akma, kararma, yanma veya kabarma olmamalıdır.
- Uygulanan tur sisi testi: 60 saat süre ile asit ortamına maruz kalan parçalarda beyaz pas (çinko tuzları) 96 süre sonunda ise kırmızı pas (korozyon) oluşmaması gerekmektedir.

3.6.2 KOROZYON DAYANIMI VE TUZ SİSİ TESTLERİ

Testlerde elde edilen kaplama kalınlığı değerleri istenen sınırların içinde olsun olmasın tüm parçalar korozyon dayanımı için tuz sisi testine tabi tutulmuştur. Tüm parçalar 2.7.4 numaralı bölümde belirtilen tuz sisi deney cihazına yerleştirilmiş, önce 60 saat yoğun asidik şartlara maruz bırakılmış, 60 saat sonunda tüm numuneler dışarı alınarak saf su ile yıkanıp fotoğraflanmış ve yeniden kabine yerleştirilip 96 saat sonunda tekrar çıkartılarak fotoğraflanmış, korozyon oluşumu ve yüzdesi tespit edilmiş ve değerlendirmeye alınmıştır.

- Kaplama kalınlığı uygun olmayan parçaların tuz sisi deney sonuçları

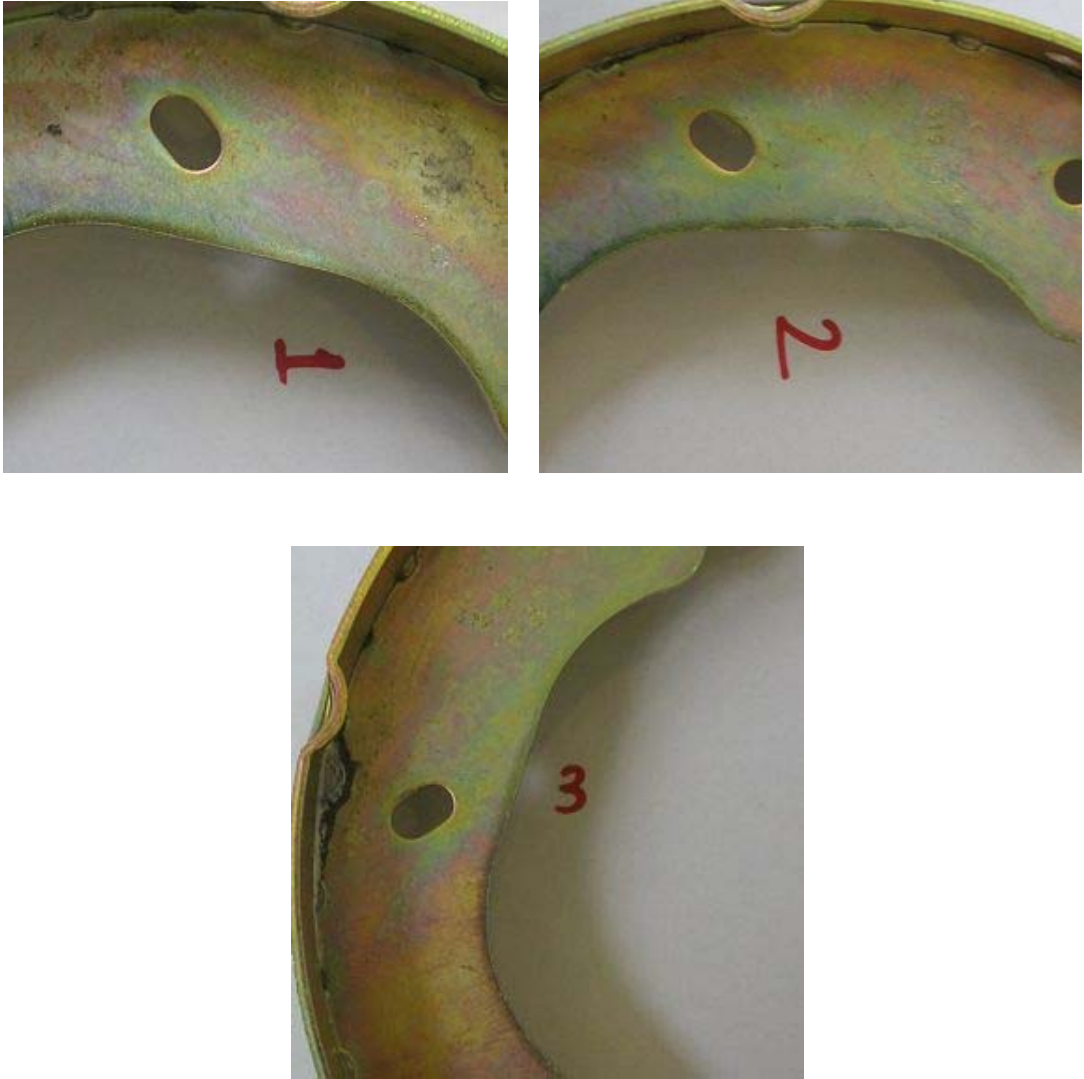




Şekil 3.2 2A akımda 500 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları



Şekil 3.3 1A akımda 750 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları

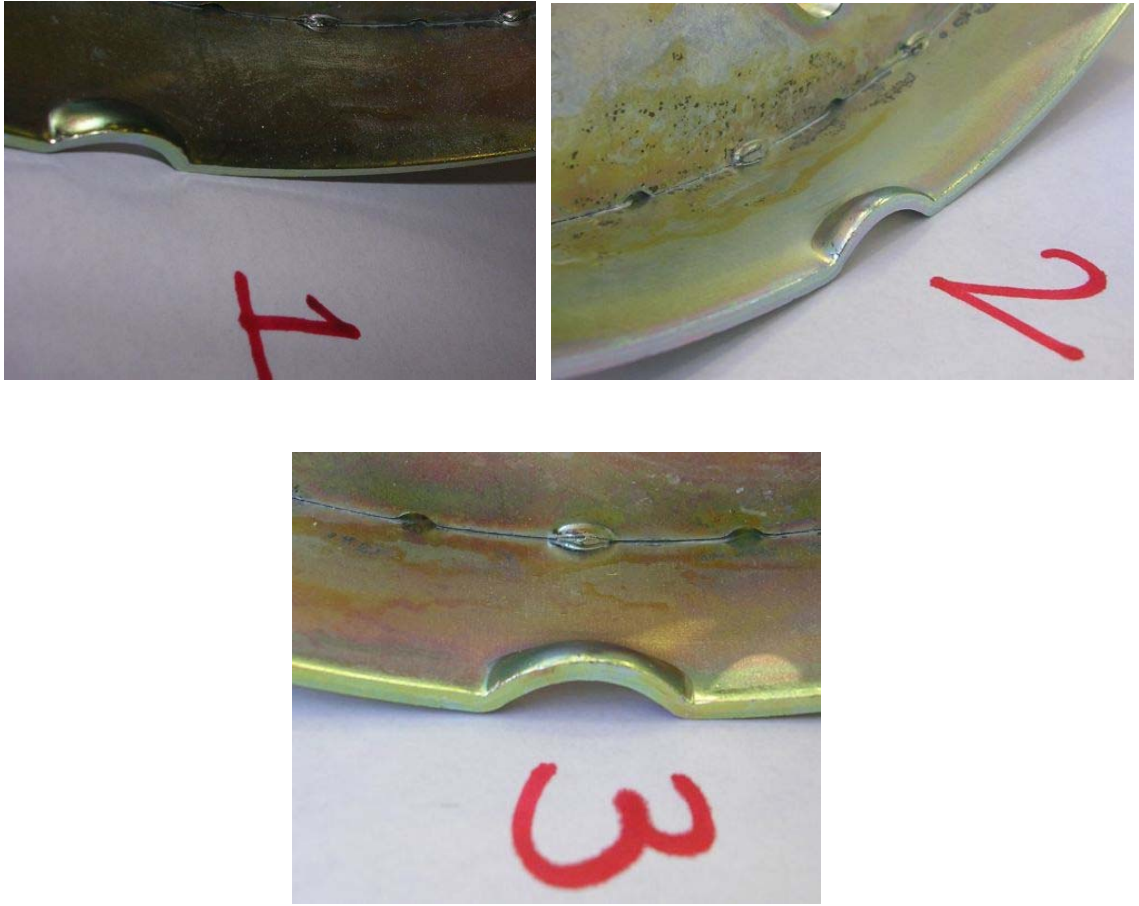


Şekil 3.4 3A akımda 1000 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları

Kaplama kalınlığı 4 µm'nin altında kalan parçaların test sonunda yüzeylerinde korozyon başlangıcı görülmektedir. Belirgin bölgeler halinde benekler şeklinde tuz birikimleri ve pas noktaları tespit edilmiştir.

Kaplama kalınlığı 9 µm'nin üzerinde olan 3A akım altında kaplama yapılmış olan parçalarda ise herhangi bir korozyona rastlanmamakla birlikte mühendislik yaklaşımı ile incelendiğinde normalde uygulanan 2A akım değerine göre %50 artan bir elektrik enerjisi kullanımı söz konusudur. Konu ile ilgili detaylı değerlendirme bölüm 4 sonuçlar kısmında yer almaktadır.

- Kaplama kalınlığı uygun olan parçaların tuz sisi deney sonuçları



Şekil 3.5 2A akımda 1000 saniye kaplanan parçaların tuz sisi test sonuçları

Uygun kaplama kalınlığı elde edilmiş olan parçalar ister 2A akım ile 1000 saniye süreyle kaplanmış olsun, isterse 750 sn süre ile olsun; yada süre 750 saniye olarak tutulmasına rağmen akım değeri 3A olarak alınmış olsun, tüm parçalarda tuz sisi testi sonucunda ortak bir durum gözlenmiştir. Tüm parçalarda çok hafif bir şekilde renk değişiminin başlangıcı, noktalar halinde tuz birikimleri olmakta ancak hiçbir şekilde korozyona uğramış bir bölgeye rastlanmamaktadır.

4. SONUÇLAR VE YORUMLAR

4.1 DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Yapılan kaplama işlemleri sonrası ilgili parametrelere göre parçaların ölçülen kaplama kalınlıkları aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir. Tüm testlerde 6 şar adet parça kaplanmış, kaplama işleri tüm parçalara aynı anda uygulanmıştır.

Parçaların asılma şeklinde göre en alt kısımda kalan ve banyoya ilk giren kısmı “alt bölge”, ortadaki kısım “orta bölge” ve parçanın banyoya en son giren kısmı ise “üst bölge” olarak adlandırılmıştır.

- 1. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 1000sn,
 - Uygulanan akım $2A/dm^2$
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (μm cinsinden)

Tablo 4.1 1. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	8	8	9	8,33
parça2	7	7	8	7,33
parça3	7	7	8	7,33
parça4	8	9	9	8,67
parça5	10	9	11	10,00
parça6	10	11	11	10,67
ortalama	8,33	8,50	9,33	8,72

- 2. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 750sn,
 - Uygulanan akım $2A/dm^2$
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (μm cinsinden)

Tablo 4.2 2. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	6	7	8	7,00
parça2	6	7	7	6,67
parça3	6	6	7	6,33
parça4	5	6	6	5,67
parça5	4	4	5	4,33
parça6	6	6	7	6,33
ortalama	5,50	6,00	6,67	6,06

- 3. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 500sn,
 - Uygulanan akım $2A/dm^2$
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (μm cinsinden)

Tablo 4.3 3. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	3	4	5	4,00
parça2	4	5	5	4,67
parça3	2	2	3	2,33
parça4	4	5	5	4,67
parça5	2	4	4	3,33
parça6	3	4	4	3,67
ortalama	3,00	4,00	4,33	3,78

- 4. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 750sn,
 - Uygulanan akım 1A/dm²
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (µm cinsinden)

Tablo 4.4 4. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (µm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	3	3	3	3,00
parça2	3	5	5	4,33
parça3	2	2	3	2,33
parça4	2	3	3	2,67
parça5	3	3	5	3,67
parça6	2	5	5	4,00
ortalama	2,50	3,50	4,00	3,33

- 5. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 1000sn,
 - Uygulanan akım 1A/dm²
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (µm cinsinden)

Tablo 4.5 5. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (µm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	3	4	5	4,00
parça2	2	4	5	3,67
parça3	3	5	6	4,67
parça4	4	4	6	4,67
parça5	3	5	5	4,33
parça6	4	4	5	4,33
ortalama	3,17	4,33	5,33	4,28

- 6. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 750sn,
 - Uygulanan akım $3A/dm^2$
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (μm cinsinden)

Tablo 4.6 6. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	6	9	10	8,33
parça2	7	7	9	7,67
parça3	5	9	9	7,67
parça4	6	7	9	7,33
parça5	8	9	9	8,67
parça6	6	8	8	7,33
ortalama	6,33	8,17	9,00	7,83

- 7. Kaplama testi değişen parametreler:
 - Kaplama süresi: 1000sn,
 - Uygulanan akım $3A/dm^2$
 - Kaplama sonrası tespit edilen kalınlıklar: (μm cinsinden)

Tablo 4.7 7. Kaplama testi kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)

Numune no:	Üst bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Ortalama
parça1	8	10	10	9,33
parça2	8	9	10	9,00
parça3	6	7	10	7,67
parça4	7	9	13	9,67
parça5	9	9	11	9,67
parça6	7	11	12	10,00
ortalama	7,50	9,17	11,00	9,22

Test sonuçlarına göre elde edilen kaplama kalınlıkları istenen 4-9 μm aralığına toplam 7 tane testin 4 tanesinde ulaşılmıştır. Standart akım değeri olan 2A değerinde 500 saniye kaplama banyosunda tutulan parçalarda ortalama kaplama kalınlığı 3,78 μm olarak tespit edilirken, hem akım değerinin düşük olarak tutulduğu (1A) hem de kaplama banyosunda parçaların tutulduğu sürenin 750sn olarak tutulduğu testte 3,33 μm

ortalama kaplama kalınlığı elde edilmiş, sürenin standart koşullarda 1000sn tutulduğu ve akım değerinin 3A olarak yapıldığı çalışma sonucunda 9,22 μm kaplama kalınlığı elde edilmiştir. Bu değerler istenen sınırlar dışında olduğu için bu parametlerle kaplama işleminin yapılması uygun değildir.

Yapılan kaplama testlerinin sonucunda elde edilen kaplama kalınlıklarının sayısal değerleri daha önce verilmişti, burada ise onların grafik olarak gösterimi ve yorumlanmasını yapılacaktır. Önce tüm kaplama parametrelerine bağlı olarak elde edilen sonuçların ortalamasını incelenmelidir.

Kaplama kalınlığı ölçüm değerleri 4 ile 9 mikrometre toleranslar arasında olmayan testler incelenerek değerlendirilecektir.

2A akım altında ve 1000saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.8 2A akım 1000 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

Parça1	8,33
Parça2	7,33
Parça3	7,33
Parça4	8,67
Parça5	10,00
Parça6	10,67
ortalama	8,72 \pm 1,95

2A akım altında ve 750saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.9 2A akım 750 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

parça1	7,00
parça2	6,67
parça3	6,33
parça4	5,67
parça5	4,33
parça6	6,33
ortalama	6,06 \pm 1,73

2A akım altında ve 500 saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.10 2A akım 500 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

parça1	4,00
parça2	4,67
parça3	2,33
parça4	4,67
parça5	3,33
parça6	3,67
ortalama	$3,78 \pm 1,45$

1A akım altında ve 750 saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.11 1A akım 750 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

parça1	3,00
parça2	4,33
parça3	2,33
parça4	2,67
parça5	3,67
parça6	4,00
ortalama	$3,33 \pm 1$

1A akım altında ve 1000 saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.12 1A akım 1000 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

parça1	4,00
parça2	3,67
parça3	4,67
parça4	4,67
parça5	4,33
parça6	4,33
ortalama	$4,28 \pm 0,61$

3A akım altında ve 750 saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.13 3A akım 750 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

parça1	8,33
parça2	7,67
parça3	7,67
parça4	7,33
parça5	8,67
parça6	7,33
ortalama	$7,83 \pm 0,84$

3A akım altında ve 1000 saniye süre ile yapılan kaplama sonucunda elde edilen değerler ve ortalamaları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.14 3A akım 1000 sn süre ile kaplanan parça kalınlıkları (μm cinsinden)

parça1	9,33
parça2	9,00
parça3	7,67
parça4	9,67
parça5	9,67
parça6	10,00
ortalama	9,22 \pm 1,67

Yapılan test sonuçlarına göre görülmektedir ki;

- 2A akım ve 1000 saniyelik kaplama süresi sonucunda elde edilen ve pabuç kaplama operasyonlarında güncel kullanılan parametreler dışında;
- 2A akım ve 750 saniyelik kaplama süresi ile istenen sınırlar içersinde bir kaplama kalınlığı elde **edilmektedir**.
- 2A akım ve 500 saniyelik kaplama süresi ile istenen sınırlar içersinde bir kaplama kalınlığı elde **edilememektedir**.
- 1A akım ve 750 saniyelik kaplama süresi ile istenen sınırlar içersinde bir kaplama kalınlığı elde **edilememektedir**.
- 1A akım ve 1000 saniyelik kaplama süresi ile istenen sınırlar içersinde bir kaplama kalınlığı elde **edilmektedir**.
- 3A akım ve 750 saniyelik kaplama süresi ile istenen sınırlar içersinde bir kaplama kalınlığı elde **edilmektedir**.
- 3A akım ve 1000 saniyelik kaplama süresi ile istenen sınırlar içersinde bir kaplama kalınlığı elde **edilememektedir**.

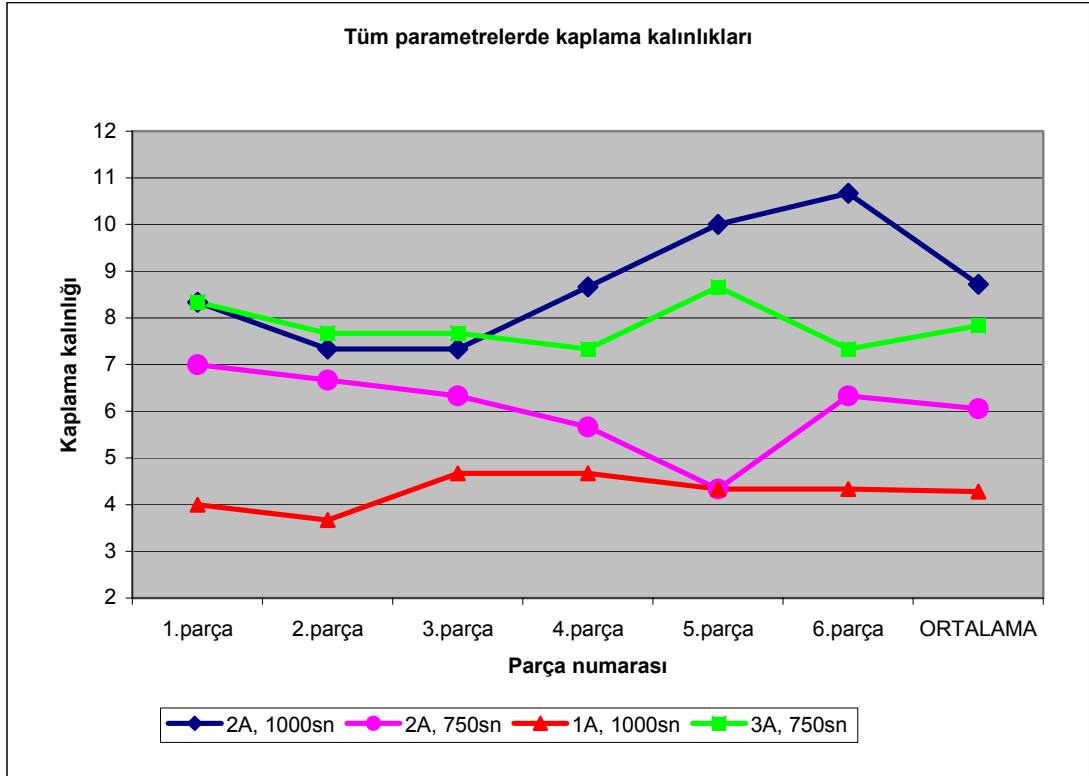
Elde edilen sonuçlara göre buradan sonra yapılan değerlendirmeler ve açıklamalar sadece uygun kaplama kalınlığı elde edilen parametrelere göre izah edilecektir.

4.2 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşağıda tabloda tüm parametrelere göre ölçülen kalınlıklar görülmektedir.

Tablo 4.15 tüm parametrelere göre ölçülen kaplama kalınlıkları (μm cinsinden)

AKIM (A)	2	2	2	1	1	3	3
SÜRE (sn)	1000	750	500	750	1000	750	1000
1.parça	8,33	7,00	4,00	3,00	4,00	8,33	9,33
2.parça	7,33	6,67	4,67	4,33	3,67	7,67	9,00
3.parça	7,33	6,33	2,33	2,33	4,67	7,67	7,67
4.parça	8,67	5,67	4,67	2,67	4,67	7,33	9,67
5.parça	10,00	4,33	3,33	3,67	4,33	8,67	9,67
6.parça	10,67	6,33	3,67	4,00	4,33	7,33	10,00
ORTALAMA	8,72	6,06	3,78	3,33	4,28	7,83	9,22
UYGUNLUK DURUMU	OK	OK	NOK	NOK	OK	OK	NOK



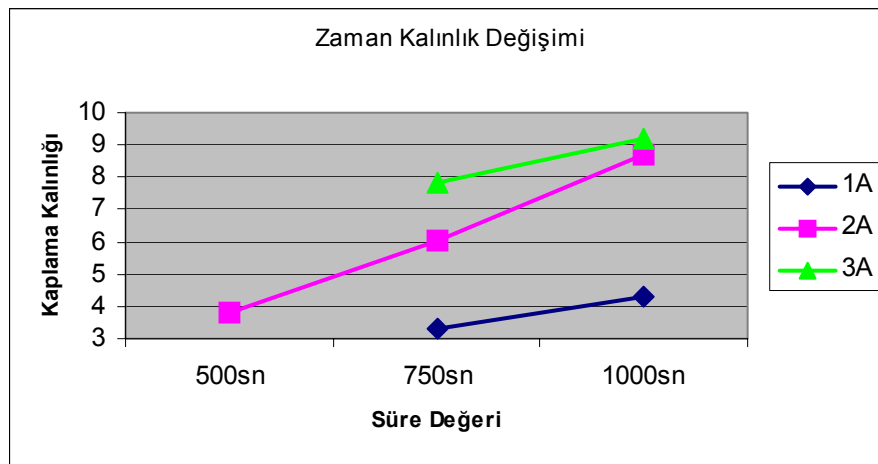
Grafik 4.1 Uygun parametrelere göre oluşan parça kalınlık grafiği (μm cinsinden)

Mühendislik yaklaşımı ile bir değerlendirme yapıldığında, 1A akım ve 1000 saniye ile yapılan testlerde elde edilen kaplama kalınlıkları grafikten de görüldüğü gibi

4 μm 'lik alt sınıra oldukça yakın bir seyir göstermekte, hatta bazı numunelerde 4 μm 'nin dahi altına inmektedir. Bu numunelerle yapılan korozyon testlerinde olumsuz bir sonuçla karşılaşılmamış ancak, korozyon oluşumuna yakın bir görünüm tespit edilmiştir. Ayrıca olası bir risk taşınması nedeni ile mühendislikte hiçbir zaman özellikle emniyet parçalarında alt sınırlara yakın bir güvenlik durumu tercih edilmemektedir. Bu nedenle basit bir yorum yapacak olursak 1000 saniyelik kaplama süresi değişmeden kalmak şartı ile uygulanan akım değerinin 2A'den 1A'e indirilmesi ciddi bir risk yaratmakla birlikte parçaların ömrünün çok daha kısa olmasına yol açacağından uygulanabilirliği söz konusu değildir.

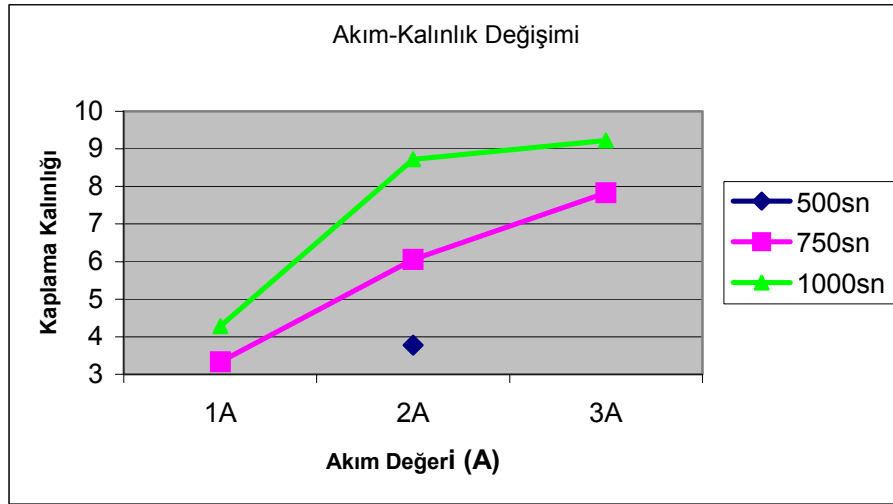
Burada yapacağımız hesapları akım değerini 2A ya da 3A olacak şekilde düşünmemiz gerekmektedir. Ancak unutulmaması gereken diğer bir konu ise eğer çok büyük bir zaman tasarrufu sağlamayacaksa akım değerinin 3A olarak kullanmakla direkt olarak %50'lik bir enerji artışına neden olmaktadır.

Aşağıdaki grafikte kaplama prosesinde uygulanan sürenin kaplama kalınlığına olan etkisinin grafiği görülmektedir. En üstteki eğri 3A akım eğrisidir ve süre 1000 saniyeye yaklaştıkça kaplama kalınlığının 9 μm 'yi aştığı, bu nedenle toleransların dışına çıktığı görülmektedir. Ortadaki eğri güncel olarak kaplama banyolarında kullanılan akım değeri ile yapılan kaplamayı göstermektedir ancak buradan da şu sonucu görebilmekteyiz ki; süreyi 750 sn'nin altında olduğunda kaplama kalınlığı alt sınıra yaklaşmaktadır. 1A akım eğrisi en altta görülen eğri olmakla birlikte 1000 sn'lik kaplama prosesine rağmen alt sınır değerine yakın bir sonuç ortaya çıkmakta, kaplama süresinin azalması ile birlikte kaplama kalınlığı istenen sınırların dışına çıkmaktadır.



Grafik 4.2 Süre – Kaplama Kalınlık değerleri grafiği (μm cinsinden)

Aşağıdaki grafikte kaplama prosesinde uygulanan akım değerinin kaplama kalınlığına olan etkisi görülmektedir. Burada görülebilecek hassas bir nokta; 1A akım değerinde 750 saniyelik proses süresi alınması durumunda elde edilen kaplama kalınlık değeri $4\mu\text{m}$ olan alt sınır değerinin hemen altında yer alırken, sürenin 1000 sn olması durumunda bu değer $4\mu\text{m}$ 'nin üzerine ancak çıkabilmektedir. 2A akım uygulandığı zaman 500 saniyelik proses süresinde yine kaplama kalınlığı istenen sınırların dışında kalırken, 750 saniye ve 1000 saniyelik sürelerde 4 ile $9\mu\text{m}$ arasında kaplama kalınlığı elde edilebilmektedir. 3A akım uygulaması ile 750 saniyelik proses süresinde yaklaşık $8\mu\text{m}$ 'lik kaplama kalınlığı elde edilirken, sürenin 1000 saniyeye çıkarılması durumunda kaplama kalınlığı istenen üst sınır değerini aşmaktadır.



Grafik 4.3 Akım – Kaplama Kalınlık değerleri grafiği (μm cinsinden)

4.3 HESAPLAMALI SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

2A akım ve 1000 saniyelik kaplama prosesi için hesaplama yapacak olursak;

Tablo 4.16 2A akım ve 1000 saniye için sapma değerleri ve standart sapma

	Ölçüm Değeri	Ortalama	Sapma
1.parça	8,33	8,72	0,39
2.parça	7,33	8,72	1,39
3.parça	7,33	8,72	1,39
4.parça	8,67	8,72	0,06
5.parça	10,00	8,72	1,28

6.parça	10,67	8,72	1,94
Standart Sapma			± 1,37

Yapılan hesaplamalarla prosese ait standart sapma değeri $\pm 1,37$ olarak bulunur.

2A akım ve 750 sn kaplama prosesi için

Tablo 4.17 2A akım ve 750 saniye için sapma değerleri ve standart sapma

	Ölçüm Değeri	Ortalama	Sapma
1.parça	7,00	6,06	0,94
2.parça	6,67	6,06	0,61
3.parça	6,33	6,06	0,28
4.parça	5,67	6,06	0,39
5.parça	4,33	6,06	1,72
6.parça	6,33	6,06	0,28
Standart Sapma			± 0,95

Yapılan hesaplamalarla prosese ait standart sapma değeri $\pm 0,95$ olarak bulunur.

3A akım ve 750 sn kaplama prosesi için

Tablo 4.18 3A akım ve 750 saniye için sapma değerleri ve standart sapma

	Ölçüm Değeri	Ortalama	Sapma
1.parça	8,33	7,83	0,50
2.parça	7,67	7,83	0,17
3.parça	7,67	7,83	0,17
4.parça	7,33	7,83	0,50
5.parça	8,67	7,83	0,83
6.parça	7,33	7,83	0,50
Standart Sapma			± 0,55

Yapılan hesaplamalarla prosese ait standart sapma değeri $\pm 0,55$ olarak bulunur.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre pabuç kaplama prosesinde; bu üç parametrenin de uygulanabilir olduğunu görülmektedir. Eğer sağlıklı bir sonuç elde edebilmek ve aynı zamanda uzun ömürlü olması amacıyla üst sınıra yakın kaplama kalınlığı değerine ulaşılmak istenirse 750 saniye ile 1000 saniye arasında bir süre tercihi yapılabilir.

Burada diğer bir önemli konu ise eğer uygulaması yapılabiliyorsa kaplama hattı üzerinde parametreleri değiştirirken akım değerini de uygun şekilde değiştirmektir ancak çoğunlukla kaplama tesislerinde (bu tezin hazırlanması için kullanılan Telbis yüzey işlem kaplama hattı da benzer şekildedir) akım değeri ile tam sayılar dışında değişiklik yapma imkanı bulunmamaktadır. Bu nedenle 2A ile 3A arasında %50 elektrik artışı da gözönüne alarak proses parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Ekonomik işletme şartlarını düşünecek olursak, 2A akım kullanılması kararı ile birlikte sonuca ulaşabilmek için sadece proses süresinin tespit edilmesi ile en ideal kaplama parametrelerini elde edilmiş olunur.

1000 saniyelik kaplama süresi ile elde edilen 8,72µm kaplama kalınlığını 750 saniyelik kaplama süresi ile elde edilen 6,06µm kaplama kalınlığı ile mukayese edersek ve teorik olarak hem üst sınırolan 9µm'lik kalınlık değerine yakın hem de yine 2A akım kullanılacağı varsayılarak 8µm'lik bir kalınlık istenecek olursa,

Yapılacak bir iterasyon ile;

$$\frac{\frac{1000 \times 8}{8,72} + \frac{8 \times 750}{6,06}}{2} = 953,76sn \text{ yaklaşık olarak } 950 \text{ saniye değeri bulunur.}$$

7,5µ'luk bir kalınlık için ise;

$$\frac{\frac{1000 \times 7,5}{8,72} + \frac{7,5 \times 750}{6,06}}{2} = 894,15sn \text{ yaklaşık olarak } 900 \text{ saniye değeri bulunur}$$

Her durumda proses sağlıklı olacağından ve normal şartlardaki kullanımlarda, günümüzdeki yasal garanti şartları gereği parçalar sorunsuz bir şekilde korozyon testlerinden geçeceğinden dolayı kaplama kalınlığının kaç µ olması gerektiği tamamen üretici firma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan maliyetlerden ötürü müşteriye yansıyan şartlarda kabul edebileceği fiyat değeri göz önüne alınarak tespit edilebilir.

Çok uzun süreli garanti süresi verilecek ve yüksek fiyatlarla ürün satışları yapılabilecek olursa (günümüz koşulları için sık karşılaşılan bir durum olmamakla birlikte) bu durumda daha sağlıklı bir kaplama sonucuna ulaşabilmek amacı ile akım

değeri 3A'e çıkarılarak (bu artışla birlikte elektrik maliyeti %50 artacak olup) kaplama prosesinin süresi önemli bir değerde azaltılabilir.

Çünkü 3A akımda 750 saniyelik bir operasyon süresi ile elde edilen 7,83 μ m'lik kalınlık biraz önce tespit edilmiş olan 7,5 ve 8 μ m'lik değerlerin arasında kalmaktadır. Yani akım değerinin artışı ile istenen kalınlığa ulaşabilmek için 250 saniye (yaklaşık 4dakika) tasarruf elde edilebilir, ki bu süre seri üretim ile yüksek sayılarda ürün kaplanan tesislerde çok büyük bir zaman kazancı sağlar.

Sonuç olarak;

- Üst limite yakın kaplama kalınlığını elde etmek parçaların kullanım ömrünü uzatır,
- Kaplama kalınlığının düşük olması ile kısa sürede korozyon oluşumu ve kalite konusunda büyük bir zayıflık söz konusu olmaktadır,
- Hem kaliteli ve uzun ömürlü, hem de düşük maliyetli bir kaplama elde etmek için tüm parametreler değerlendirilmeli, zaman ve akım değerleri uygun bir oranda kullanılarak üretim yapılmalıdır.

4.4 ÖNERİLER

Kaliteden ödün vermemek şartı ile günümüz koşullarında ayakta kalabilmek için yapılan üretimin maliyetinin de düşünülmesi gerekiyor. Bu şekilde bir anlayışla, yüksek enerji tüketimi yapılmaksızın, zaman parametresi ile oynayarak kaplama proseslerinin gerçekleştirilmesi, korozyona dayanıklı parçalar üretimi gerçekleştirilebilir.

Ancak zamanın da para demek olduğunu unutmadan, zamandan elde edilecek tasarrufu da düşünerek maliyet konusunda yeniden değerlendirmeler yapılması işletmelerin yararınadır.

KAYNAKLAR....

Anonim, BFS Ar-Ge Notları, Fren hidrolik sistemi – Kampana frenler s1-9

Anonim, BFS Ar-Ge Notları, Kampana frenler - Ayar düzenekleri s 10,11

Anonim, BFS Ar-Ge Notları, Kampana frenler – Hassas ayar düzenekleri s12,13

Anonim, BFS Ar-Ge Notları, Kampana frenler –Ayar lövyeli düzenek s14,15

Anonim, BFS Ar-Ge Notları, Kampana Frenler - Balatalı Pabuçlar s 15-17

ISO:9227:1990 Korozyon deneyleri

ISO 1462:1973 Metalik kaplamalar – Tabandaki metale göre anodik olmayan elektrolitik tabakalar – Hızlandırılmış korozyon deneyleri – Sonuçları değerlendirme yöntemi

ISO 3574:1986 Ticari ve derin çekme kalitesindeki soğuk haddelenmiş karbonlu çelik saclar

ISO 4540:1980 Metalik kaplamalar - Tabandaki metale göre katodik olan elektrolitik tabakalar – Elektrolitik bir tabaka ile kaplanmış, korozyon deneylerine sokulmuş deney örneklerinin sınıflandırılması

ISO:9227: aralık 1991 Tuz sisi deneyleri s.1, 12

ISO:3613:1980 Çinko ve kadmiyum üzerinde kromata dönüştürme katmanları)

ISO 7253:1984 boyalar ve vernikler: nötr tuz sisine direncin belirlenmesi

ISO 3574: NF A 36-401, ISO 4540: NF A 91-020

ISO 1462 veya ISO 4540 korozyon dayanımı deneyleri

NF ISO 9227 korozyon dayanımı deneyleri tuz sisi testi

Telbis yüzeybilim: Banyo hazırlama talimatları H1, H2, H3, H4

Telbis yüzeybilim: Kaplama banyoları uygulama metodları: M1, M2, M3, M4,
M5, M6, M7, M11

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında bana her konuda destek olan, bildiklerini ve tecrübelerini benimle paylaşan Makine Yüksek Mühendisi Sn. Ozan Avarisli'ye, deney numunelerinin temininde yardımcı olan Sn Doğan Yıldız'a, kaplama çalışmaları için Sn. Hamdi Türk'e, korozyon testleri için Sn. Gürcan Yakışık'a, tez boyunca desteğini esirgemeyen aileme, tez konusunun seçimi ve tüm tez çalışmasında sürdürdüğü desteği ve katkıları için danışman hocam Sn.Prof. Dr.Agah Uğuz'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Ankara'da doğdum. 1998 yılında Bursa Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümüne girdim. 2001 - 2002 öğretim yılında makine Mühendisi ünvanı ile bu bölümden mezun oldum. 2003 - 2004 öğretim yılının güz döneminde aynı bölümde yüksek lisans eğitimime başladım.

2003 yılında Çimtaş firmasında kalite mühendisi olarak çalışmaya başladım. 1 yıllık çalışmanın ardından 2004 yılı başında Bosch firmasının Fren Sistemleri Fabrikasında çalışmaya başladım. Halen aynı firmada üretim metod mühendisi olarak görev yapmaktayım.