

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATAFOREZ KAPLAMA PROSESİ SONRASI FIRINLANAN
PARÇALARIN YÜZEYİNDE GÖZLENEN ULTRAFİLTRASYON
AKINTILARIN İNCELENMESİ

SELEN SAYAROĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATAFOREZ KAPLAMA PROSESİ
SONRASI FIRINLANAN PARÇALARIN
YÜZEYİNDE GÖZLENEN
ULTRAFİLTRASYON AKINTILARIN
İNCELENMESİ

SELEN SAYAROĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. MAHMUT RAHİM BAYRAMOĞLU

GEBZE
2019

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

INVESTIGATION OF THE
ULTRAFILTRATION CURRENTS
OBSERVED ON THE SURFACE OF THE
BAKED PARTS AFTER CATAPHORESIS
COATING PROCESS

SELEN SAYAROĞLU
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. MAHMUT RAHİM BAYRAMOĞLU

GEBZE
2019

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/12/2018 tarih ve 2018/63 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/01/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Selen Sayaroğlu' nun tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Prof. Dr. M. Bayramoğlu

ÜYE

: Doç. Dr. Erhan GENÇER

ÜYE

: Doç. Dr. Aygün Tazdeleni Yücedağ

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Metal yüzeyleri paslanmaya karşı korumak için yapılan kataforez kaplama, elektrokimya prensiplerine dayanan su bazlı kaplama olup, iletkenlik gösteren tüm metal yüzeylere uygulanır. Uygulamanın; performans, çevresel ve ekonomik olarak avantajları vardır. Beyaz eşya, tarım makinaları, otomotiv endüstrisi gibi birçok alanlarda kullanılmaktadır. Bu tezde, kataforez kaplama prosesi sonrası fırınlanan parçaların yüzeyinde gözlenen sarı lekeler halinde ultrafiltrasyon akıntıları incelenmiştir. Araştırmanın sonucuna göre, lekelerin nedenlerinin banyolar arası fosfat taşınmaları olduğu görülmüştür. Bu taşınımları engellemek için durulama havuzlarına özellikle kataforez öncesi son durulama havuzuna mıknaş konularak fosfattan kaynaklı iyonların tutulması amaçlanmıştır. Ayrıca kataforez hattında bulunan filtrelerin içerisine manyetik toplayıcı konulmuştur. Fosfat havuzundan sonraki durulama havuzlarda parçaların havadaki bekleme süreleri uzatılmış olup, parçaları taşıyan baraların eğimli olması sağlanarak parçalardaki taşınım en aza düşürülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalar sonrasında yüzeydeki lekeler yarı yarıya azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kataforez, Fosfat, Yüzey İşlem.

SUMMARY

Cataphoresis coating to protect metal surfaces from corrosion is a water based coating based on electrochemistry principles and is applied to all metal surfaces showing conductivity. The application has the advantages of performance, environmental and economic. It is used in many areas such as white goods, agricultural machinery, automotive industry. In this study, the ultrafiltration currents observed on the surface of the baked parts after the cataphoresis coating process, namely yellow spots were examined. According to the results of the study, the reasons for stains were found to be phosphate transport. In order to prevent these transport, it was aimed to keep ions due to phosphate by putting magnet in the rinsing pools, especially the last rinsing pool before the cataphoresis pool. In addition, a magnetic collector is placed in the filters in the cataphoresis line. In the rinsing pools after the phosphate pool, the waiting times of the parts in the air have been prolonged, and ensuring that busbars carrying the parts is tried to be inclined because of preventing the transport of phosphate. After these studies, the spots on the surface decreased by half.

Key Words: Cataphoresis, Phosphate, Surface Treatment.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Prof. Dr. Mahmut Rahim Bayramoğlu' na,

Bütün çalışmam boyunca her türlü maddi ve manevi yanımda olan, çalışma imkanı sağlayan ve her konuda yakın ilgi ve yardımları ile beni yönlendiren yöneticilerim Dr. Emiliano Fabac ve Onur Yağan' a,

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan Scattolini Otomotiv San. Tic. Ltd. Şti. firmasında çalışan tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. YÜZEY İŞLEM PROSESİ	3
2.1. Yağ Alma	3
2.2. Durulama	7
2.3. Aktivasyon	8
2.4. Fosfatlama	11
2.4.1. Mangan Fosfat	12
2.4.2. Demir Fosfat	12
2.4.3. Çinko Fosfat	13
2.5. Pasivasyon	18
3. KATAFOREZ PROSES ADIMLARI	20
3.1. Kataforez Kaplama	20
3.2. Kataforez Banyo Bileşenleri	22
3.2.1. Katyonik Polimer Emülsiyon (Reçine)	24
3.2.2. Pigment Pasta	24
3.2.3. Solventler	24
3.3. Kataforez Kaplama Mekanizması	25
3.4. Kataforez Hattı Üniteleri	26
3.4.1. Kataforez Tankı ve Sirkülasyon Sistemi	26
3.4.2. Anolit Tankı	27
3.4.3. Ultrafiltrasyon (UF) Ünitesi	29

3.4.4. Yıkama Ünitesi	31
3.4.5. Soğutma Sistemi	32
3.4.6. Redresör	32
3.5. Kataforez Kaplamayı Etkileyen Parametreler	33
3.5.1. Voltaj	34
3.5.2. Kaplama Süresi	34
3.5.3. İletkenlik	34
3.5.4. Banyo Sıcaklığı	35
3.5.5. Katı, Kül ve P/B Oranı	35
3.5.6. Ph	36
4. FIRINLAMA	38
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve SONUÇLAR	40
5.1. Kataforez Kaplama Hattında Yapılan Analizler	40
5.1.1. Spreyle Yağ Alma Banyosunda Yapılan Analizler	40
5.1.2. Daldırma ile Yağ Alma Banyosunda Yapılan Analizler	41
5.1.3. Durulama Banyosunda Yapılan Analizler	42
5.1.4. Aktivasyon Banyosunda Yapılan Analizler	42
5.1.5. Fosfat Banyosunda Yapılan Analizler	43
5.1.6. Fosfat Banyosundan Sonraki Durulamalarda Yapılan Analizler	45
5.1.7. Pasivasyon Banyosunda Yapılan Analizler	45
5.1.8. Kataforez Öncesi Son Durulama Banyosunda Yapılan Analizler	46
5.1.9. Kataforez Banyosunda Yapılan Analizler	46
5.1.10. Ultrafiltrasyon Banyosunda Yapılan Analizler	48
5.1.11. Demineralize Su Banyosunda Yapılan Analizler	48
5.2. Ultrafiltrasyon Akıntılarının İncelenmesi	49
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	57

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kisaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
Kg	: Kilogram
Mm	: Milimetre
Gr	: Gram
ml	: Mililitre
m ³	: Metreküp
%	: Yüzde
gr/lt	: Gram / Litre
gr/m ²	: Gram / Metrekare
Ca	: Kalsiyum
Cu	: Bakır
DI	: Demineralize
F	: Sertlik Birimi (Fransız)
Fe	: Demir
HF ₄	: Hidroflorborik Asit
H ₂ SiF ₆	: Florosilisik Asit
H ₂ O ₂	: Hidrojen Peroksit
H ₃ PO ₄	: Fosforik Asit
H ⁺	: Hidrojen
H ₂ O	: Su
K	: Potasyum
KCL	: Potasyum Klorür
K ₂ CO ₃	: Potasyum Karbonat
KOH	: Potasyum Hidroksit
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
NaHF ₂	: Sodyum Biflorür
NH ₄ HF ₂	: Amonyum Biflorür

NaOH	:	Sodyum Hidroksit
Na ₂ CO ₃	:	Sodyum Karbonat
NaClO ₃	:	Sodyum Klorat
NaF	:	Sodyum Florür
NH ⁺	:	Katyonik Gruplar
NaNO ₃	:	Sodyum Nitrat
NaNO ₂	:	Sodyum Nitrit
Ni	:	Nikel
OH ⁻	:	Hidroksit
O ₂	:	Oksijen
P/B	:	Kül/Katı-Kül
PVC	:	Polivinil Klorür
PO ₄	:	Fosfat
SEM	:	Kristal Boyutu
S	:	Sülfür
SO ₄	:	Sülfat
SiF ₆	:	Silikoflorür
T	:	Sıcaklık
T	:	Kaplama Süresi
UF	:	Ultrafiltrasyon
V	:	Voltaj
VOC	:	Uçucu Organik Bileşenler
Zn	:	Çinko
Zn(HPO ₄) ₂	:	Çinko Fosfat
Zn(NO ₃) ₂	:	Çinko Nitrat
Zr	:	Zirkonyum

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Yüzey aktif maddeye genel bakış.	4
2.2: a) Yağlı yüzey, b) Yüzeye adsorbe olan ıslatıcı film, c) Yağlı damlacığın toplanması, d) Yağlı damlacık ayrılması.	5
2.3: Daldırma ile yağ alma banyosu.	6
2.4: Spreyle yağ alma banyosu.	6
2.5: a) Durulama sonrası yağı alınmış yüzey, b) Durulama sonrası yağı alınmamış yüzey.	7
2.6: Yüzeyde aktivasyonsuz kristal oluşumu.	10
2.7: Düzenli aktivasyon sonrası yüzeyde kristal oluşumu.	10
2.8: Aktivasyon olmadan fosfat kaplama.	11
2.9: Aktivasyon yapılarak fosfat kaplama.	11
2.10: Fosfat banyosu.	13
2.11: Püskürtme uygulamalarda serbest asitin fosfat kaplama ile ilişkisi.	16
2.12: Püskürtme uygulamalarda çinko/fosfat kaplama ile ilişkisi.	16
2.13: Çinko fosfat ile kaplanmış plaka.	17
2.14: Toz aktivasyon malzemesi kullanıldığına gözlenen fosfat kaplama.	17
2.15: Sıvı aktivasyon malzemesi kullanıldığında gözlenen fosfat kaplama.	18
3.1: Kataforez banyosu.	21
3.2: Kataforez ile kaplanmış plaka.	22
3.3: Kataforez havuzunun banyo bileşenleri.	23
3.4: a) Fenoksi katkılı boya filmi görüntüsünde fenoksi yok/az, b) fenoksi katkılı boya film görüntüsünde fenoksi var.	25
3.5: Kataforez havuzunun sirkülasyon yönü.	27
3.6: Anot hücresi.	28
3.7: Anot membranının delinmesi/incelmesi sonucu gözlenen problem.	29
3.8: Ultrafiltrasyon modülü.	30
3.9: Ultrafiltrasyon membran akışı.	31
3.10: Yıkama ünitesinin genel görünüşü.	32
3.11: Kaplama sırasında zamana bağlı olarak amper, voltaj ve kalınlığın	33

birbiriyle ilişkisi.	
3.12: Film yırtılması.	34
3.13: Banyo sıcaklığının film kalınlığına etkisi.	35
3.14: Düşük P/B oranı.	36
3.15: Yüksek P/B oranı.	36
4.1: Kürlenme penceresi (metal sıcaklığı).	38
4.2: Kataforez fırını termograf ölçümü.	39
5.1: Hatalı yüzey görüntüsü.	49
5.2: a) Beyaz kataforez parçalarda sarı lekelerin görüntüsü, b) Gri kataforez parçalarda sarı lekelerin görüntüsü.	50
5.3: Ultrafiltrasyon akıntı (sarı leke) gözlenen plaka görüntüsü.	51
5.4: Hata gözlenen yüzeyin mikroskopik görüntüsü.	51
5.5: Hatalı yüzeyde bulunan iyonlar.	52
5.6: Demir vb. iyonların toplandığı mıknatıs görünümü.	54
5.7: a) Manyetik toplayıcı bulunmayan torba filtrenin içi, b) Manyetik toplayıcı bulunan torba filtrenin içi.	54
5.8: Parçaları taşıyan baraların eğimli görüntüsü.	55

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Spreyle ve daldırma ile yağ alma banyolarının çalışma parametreleri.	6
2.2: Yağ alma sonrası durulama banyolarının çalışma parametreleri.	7
2.3: Fosfat sonrası durulama banyolarının çalışma parametreleri.	8
2.4: Pasivasyon sonrası durulama banyosunun çalışma parametresi.	8
2.5: Aktivasyon banyosunun çalışma parametreleri.	9
2.6: Sıvı ve toz aktivasyon malzemesinin karşılaştırması.	9
2.7: Fosfat banyosunun çalışma parametreleri.	14
2.8: Pasivasyon banyosunun çalışma parametreleri.	19
3.1: Kataforez banyosunun çalışma parametreleri.	22
3.2: Kataforez banyo bileşenlerinin özellikleri.	23
3.3: Kaplama prosedürü.	26
5.1: Kataforez banyo numuneleri analiz değerleri.	52
5.2: Filtre kalıntısı içindeki iyon oranları.	53
5.3: Parça yüzeyinden alınmış olan ve fosfat durulama havuzu içindeki iyon değerleri.	53
5.4: Kataforez havuzu içindeki metalik safsızlık birikimi.	55

1. GİRİŞ

Metallerin son yörüngelerinde serbest halde bulunan elektronlar, havadaki oksijen ile yükseltgenerek pas olarak adlandırılan korozyon olayına neden olurlar. Metaller, korozif ortamlardan dönüşüm kaplamaları yani fosfatlama, kromatlama vb. yüzey işlem prosesleri ile korunur. Fosfatlama, yüzey işlem prosesinde en yaygın kullanılan yöntemdir.

Metal kaplama proseslerinde, metallerin üzerinde bulunan kir, yağ vb. kirliliklerinden arındırılması amacıyla yüzey işlem prosesi kullanılırken, yüzeyde oluşabilecek pasın önlemesi ve korozyon direncinin artırılması amacıyla kataforez prosesi kullanılır. Kataforez kaplamanın düzgün ve homojen olabilmesi için fosfat kaplamanın iyi olması gerekmektedir. Çünkü kataforez kaplama metale değil fosfat kaplama tabakasına tutunmaktadır.

Su bazlı astar boya kaplama sistemi olan ve elektrokimya prensiplerine dayanarak kaplamanın gerçekleştiği kataforez prosesinde, kaplama yapılabilmesi için boyanın iyonize olması gerekmektedir; sulu ortamda pozitif yükle yüklenmiş kataforez boya kompleksi doğru akım altında, kaplanacak metal parça (katot) yüzeyinde çöker. Kataforez havuzunda Anot hücrelerine voltaj uygulanmasıyla su hidrolize olmaktadır. Boya polarize olduğunda; negatif yüklü parçacıkların anot yönüne, pozitif yüklü parçacıkların da katoda (metal parçaya) doğru hareket etmektedir [Kuzucu vd. 2015].

Kataforez kaplama işlemi günümüzde başta otomotiv olmak üzere inşaat, beyaz eşya sektörü gibi metalin kullanıldığı pek çok alanda uygulanmaktadır. İşlemin tercih edilmesinde etken olan bazı üstün özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Kataforez kaplama her türlü metal yüzey üzerine uygulanabilmekte ve bu özelliği sayesinde çok geniş bir endüstriyel uygulama alanına hitap edebilmektedir. Kataforez kaplama, uygulandığı metal yüzeylerin korozyon dayanımını arttırmakta ve hem görsel kaliteye hem de parça ömrüne pozitif etkide bulunmaktadır.
- Kataforez kaplama parça yüzeylerinde homojen bir film kalınlığı sağlamaktadır.
- Kataforez su bazlı ve düşük solvent içeriği ile çevre dostu bir uygulamadır.
- Kataforez prosesinde %100 geri dönüşüm sağlanabildiğinden sıfır kayıp söz konusudur.
- Kataforez kaplama son kat uygulamalarına mükemmel uyum sağlamaktadır.

Otomotiv sektöründe binek veya hafif ticari araçlarda kullanılan görünür parçalar için, kullanım alanına göre kataforez sonrası tozboya gibi dekoratif yüzey işlemleri uygulanırken, aracın iç kısımlarında kullanılan ve görünür olmayan parçalar için sadece kataforez kaplama yapılabilmektedir.

Bu çalışmada; kataforez kaplama tesisinde kaplama işlemi sonunda fırınlanan parçaların yüzeyinde gözlenen ultrafiltrasyon akıntılarının kaynağı ve bu problemin giderilmesine yönelik iyileştirme yöntemleri araştırılmış ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

2. YÜZEY İŞLEM PROSESİ

Yüzey kaplamaları; metal ve metal olmayan kaplamalar olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Metal kaplamalar sıcak daldırma, elektrokaplama, difüzyon ve mekanik kaplama gibi yöntemlerle yapılır. Pratikte korozyona karşı en çok çinko ve alüminyum kaplama kullanılsa da, sıvı metale daldırma yöntemiyle, çeliğin çinko, kalay, kadmiyum, alüminyum veya kurşun ile kaplanması da çok geniş uygulama alanı bulunmuştur.

Yüzey işlem proses aşamaları;

- Sıcak su alma havuzu
- Sprey ile yağ alma havuzu
- Daldırma ile yağ alma havuzu
- Demineralize su (DI) ile durulama havuzu
- Aktivasyon
- Fosfatlama
- Durulama havuzu
- Demineralize su (DI) ile durulama havuzu
- Pasivasyon
- Kataforez öncesi son demineralize su ile durulama havuzu'ndan oluşmaktadır.

2.1. Yağ Alma

Yağ alma banyoları, yağ ve metal tozu gibi, metal yüzeyinin kaplanmasına ve boyanmasına engel olabilecek bütün kirliliklerin yüzeyden uzaklaştırılmasını sağlar ve temizlenmiş yüzeylerde kirliliklerin tekrardan birikmesini engeller. Yağ alma, yüzey işlem prosesinin ilk adımıdır. Fosfat kaplamanın iyi olabilmesi için yağ alma havuzlarında parçaların yüzey temizliğinin en iyi şekilde yapılması gerekmektedir.

Yağ alma malzemesinde olması gereken özellikler:

- Yüzeydeki tüm kirlilikleri sökebilme,
- Emülsiye edebilme,
- Derinlere nüfus edebilme,

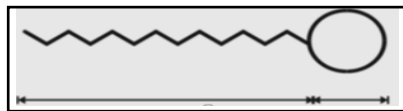
- Metal yüzeyini ıslatma,
- Kolay durulanabilme,
- Özel beklentileri sağlayabilme (aşındırma yapması veya yapmaması)
- Toksik malzeme içermemesi,
- Reaksiyon esnasında havayı kirletici malzeme oluşturmaması,
- Az katı atık oluşturmaması,
- Maliyetinin düşük olmasıdır.

Yağ alma formülasyonu; inorganik malzeme, organik malzeme ve kompleks yapıcı malzemeler olarak üç kısımda incelenir. İnorganik malzemeler; hidroksit, fosfat, silikat ve borattır. Organik malzemeler ise noniyonik, anyonik, katyonik ve amfoteriktir.

İnorganik malzemelerde kullanılan alkaliklikler sırasıyla NaOH, KOH, Na_2CO_3 , K_2CO_3 ’ dir. Fosfat sırasıyla ortofosfat (yağ giderme), pirofosfat (yağ giderme, kompleksleştirme) ve tripolifosfat (yağ giderme, kompleks oluşturma)’ tır. Silikatlar ve boratlar da beyaz lekeleri önler, mükemmel inhibitör ve yüksek pH değerleri için tampon görevi görür.

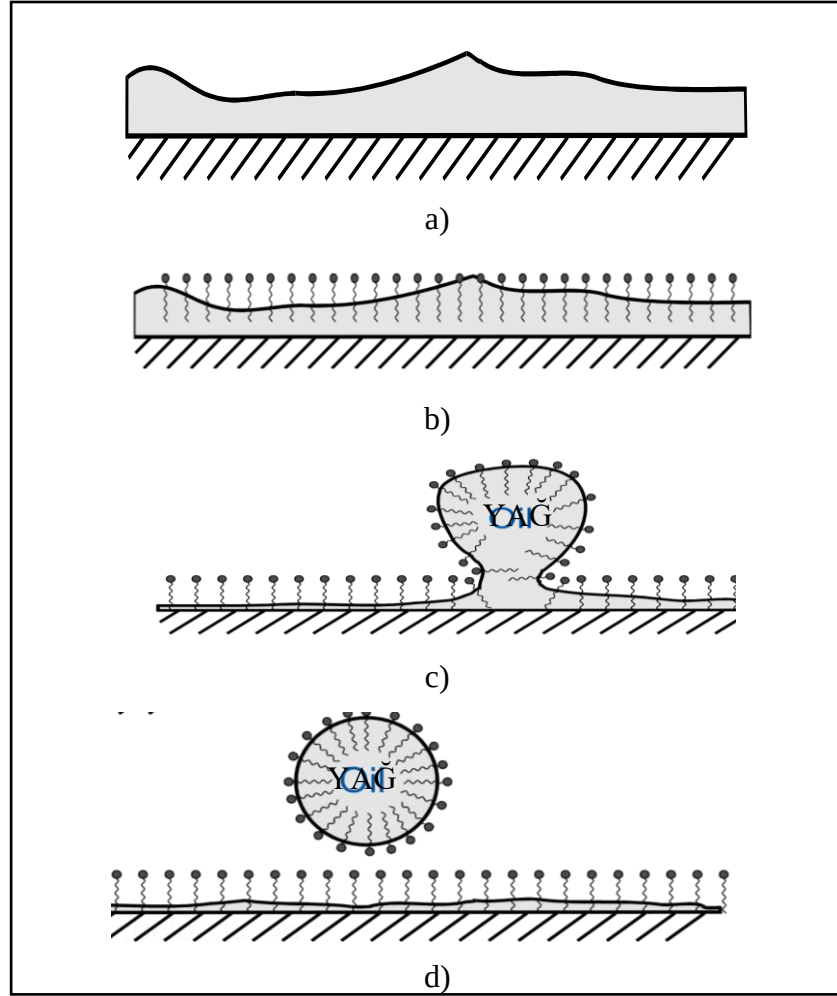
Organik malzemeler de yüzey aktif, alkanolaminler, hidrotroplar, korozyon önleyiciler, köpük kesiciler, kompleksleme olarak ayrılırlar. Yüzey aktif maddeler, yağlı ve kirli yüzeylerde yüzey gerilimini düşürerek ıslatma etkisinin artırılmasını ve temizleyici kimyasalın yüzeye temasını sağlarlar. Ayrıca yağ ve kirliliklerin emülsiyeye ve disperse olmasını sağlar. Yağ ve kirlilikler, çok ufak sıvı parçacıklar şeklinde, temizlik çözeltisi içinde dağılırlar ve emülsifikasyon prosesi ile yüzeyden uzaklaştırılır. Suda çözünmeyen yağlar, bu işlemler esnasında, kendileri gibi olan yüzey aktifler sayesinde çözünebilir hale gelirler.

Yüzey aktif maddeler, Şekil 2.1’ de gösterildiği gibi hidrofobik alkil zincir ve hidrofilik kafa grubundan oluşur.



Şekil 2.1: Yüzey aktif maddeye genel bakış.

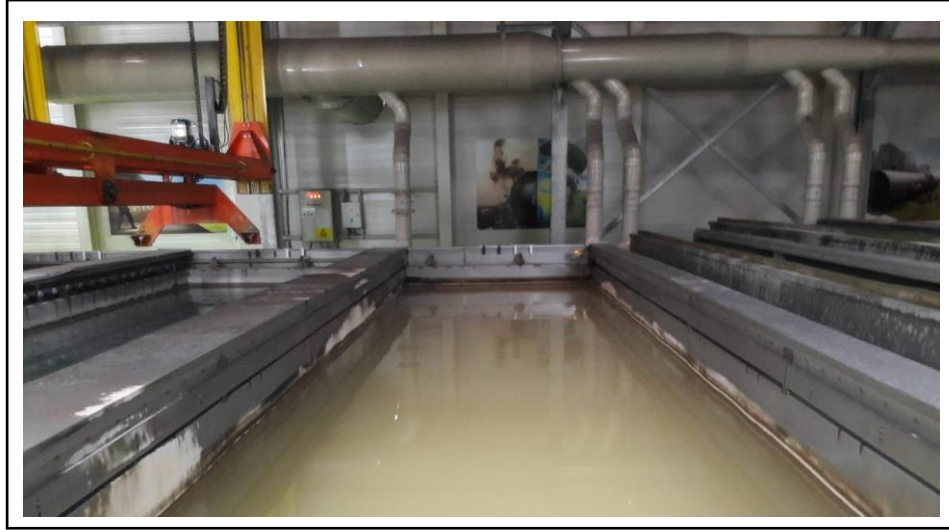
Islatıcılar ile yağların uzaklaştırılması mekanizması Şekil 2.2’ de aşağıdaki şekilde gözlenir.



Şekil 2.2: a) Yağlı yüzey, b) Yüzeye adsorbe olan ıslatıcı film, c) Yağlı damlacığın toplanması, d) Yağlı damlacık ayrılması.

Yağ alma banyoları daldırma ve spreyle yağ alma olarak iki banyodan oluşmaktadır. Spreyle yağ alma banyolarında püskürtme esas olup, mekanik etkiye dayalı yağ alma banyosudur. Bu nedenle banyonun içerisinde püskürme nozulları mevcuttur.

Daldırma ile yağ alma banyolarında püskürtme nozulları mevcut olmayıp, mekanik olarak yağı alınamayan parçaların daldırma ile yağ giderme havuzunda bekletilerek yağ, gres v.b. kirleticilerinden arındırılması amaçlanır. Daldırma ile yağ giderme banyolarında mekanik etki olmadığından dolayı spreyle yağ giderme banyolarına nazaran yüksek konsantrasyon ve sıcaklıklarda çalıştırılmaktadır.



Şekil 2.3: Daldırma ile yağ alma banyosu.



Şekil 2.4: Spreyle yağ alma banyosu.

Tablo 2.1: Spreyle ve daldırma ile yağ alma banyolarının çalışma parametreleri.

Banyo Parametreleri	Spreyle Yağ Alma	Daldırma ile Yağ Alma
Serbest Alkalite (ml)	3,5 - 8,0	17,0 - 24,5
Toplam Alkalite (ml)	5,0 - 11,2	22,0 - 33,6
pH	10,0 - 12,5	10,0 - 11,5
Sıcaklık (°C)	55 - 65	55 - 65

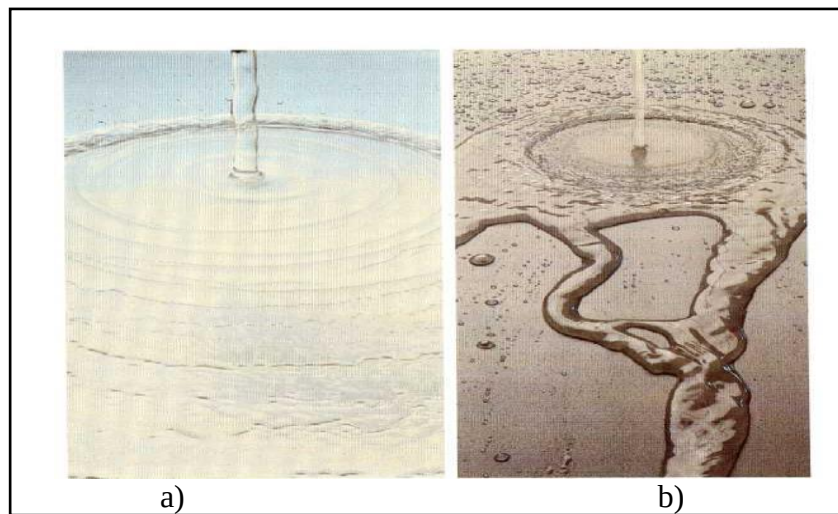
2.2. Durulama

Durulama prosesinde ki temel amaç, yağ alma kimyasallarının diğer banyolara taşınmasını engellemek, alkaliteden gelen tuzları ve kaldıysa çeşitli malzemeleri uzaklaştırmak ve yüzeyi fosfata hazır hale getirmektir. Ayrıca, durulama havuzlarının kullanılmasının bir diğer amacı da yüzeydeki kurumaların önlenmesidir. Yağ alma malzemesi alkali olduğundan ve kir içeriğinin fazla olmasından dolayı kiri diğer banyolara taşıyarak malzeme üzerine olumsuz etki yaratır ve sonraki banyoların performansını bozabilir hatta kimyasalların etkisini azaltabilir.

Fosfatlama öncesi yapılan durulamalarda genellikle şehir suyu ya da kuyu suyu kullanılabilir. Kullanılacak su, 10-20 F sertliğinde, klorür konsantrasyonu 50 mg/lt.’nin altında ve sülfat (SO_4) konsantrasyonu 40 mg/lt.’nin altında olmalıdır. Durulama banyolarında bir kimyasal kullanılmamaktadır [Özcanak, 2008].

Tablo 2.2: Yağ alma sonrası durulama banyolarının çalışma parametreleri.

YAĞ ALMA SONRASI DURULAMA HAVUZLARI		
Banyo Parametreleri	Durulama Havuzu	DI Su ile Durulama Havuzu
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 2000	< 500
pH	7,0 – 10,0	7,0 – 10,0



Şekil 2.5: a) Durulama sonrası yağı alınmış yüzey, b) Durulama sonrası yağı alınmamış yüzey.

Parça yüzeyinden yağın giderilip giderilmediğini anlamak için, yağ alma banyolarından sonra gelen durulama havuzlarından çıkan parçaların yüzeyinde damlacıklar mevcut ise yağın yüzeyden alınmadığı gözlenir. Şekil 2.5.a’ da görüldüğü üzere yağın yüzeyden alındığı gözlenmektedir fakat Şekil 2.5.b’ de yüzeyde düz bir akıntı olmayıp, damlacıklar mevcuttur. Bu durum yüzeyden yağın iyi alınmadığını gösterir. Yağı alınamayan yüzeylerde uygun bir fosfat kaplama gerçekleştirilmesi mümkün değildir.

Fosfatlama sonrası kullanılan banyolar kataforez kaplama için önemlidir. Fosfatlama sonrası, yüzey su ile durulanarak kataforez kaplamaya hazır hale getirilir. Fosfat havuzu da dahil sonraki tüm banyolar demineralize su ile kurulur ve klorür konsantrasyonunun 50 mg/lt.’ nin altında olmalıdır.

Tablo 2.3: Fosfat sonrası durulama banyolarının çalışma parametreleri.

FOSFAT SONRASI DURULAMA HAVUZLARI		
Banyo Parametreleri	Durulama Havuzu	DI Su ile Durulama Havuzu
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 2000	< 600
pH	4,5 – 7,0	–

Pasivasyon banyosundan gelebilecek kirleticilere karşı pasivasyondan sonra da bir durulama banyosu kurulması gereklidir. Bu durulama banyosunda kullanılacak su kalitesi deiyonize su olmalı ve klorür konsantrasyonunun 50 mg/lt.’ nin altında olmalıdır.

Tablo 2.4: Pasivasyon sonrası durulama banyosunun çalışma parametresi.

PASİVASYON SONRASI DURULAMA HAVUZU	
Banyo Parametreleri	Durulama Havuzu
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 30

2.3. Aktivasyon

Aktivasyon banyosu fosfat öncesi çok önemli bir banyodur. Kristal oluşum reaksiyonu için başlangıç noktasını oluşturur. Kaplama ağırlığının düşürülmesinde

büyük bir etkidir. Örtücü, ufak ve homojen kristal tabakası oluşumuna altyapı sağlar.

Aktivasyon banyosu deiyonize su ile hazırlanmalıdır. Aktivasyon malzemesinin genel özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Birim yüzeyde fosfat kristal sayısını arttırmak.
- Kaplamanın homojen kristallerin küçük olmasını sağlamak.
- Fosfat kaplama ağırlığının azaltılması.
- Fosfat kaplama reaksiyonu zamanını kısaltması ve düzenlemesi.

Tablo 2.5: Aktivasyon banyosunun çalışma parametreleri.

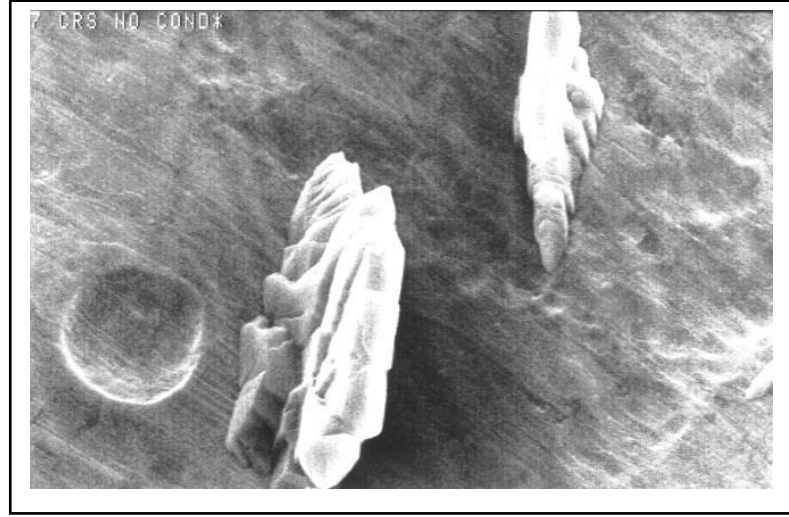
AKTİVASYON	
Banyo Parametreleri	Durulama Havuzu
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1000 - 2000
pH	8,5 – 10,5

Aktivasyon banyosunda kullanılan malzemeler toz veya sıvı olabilir.

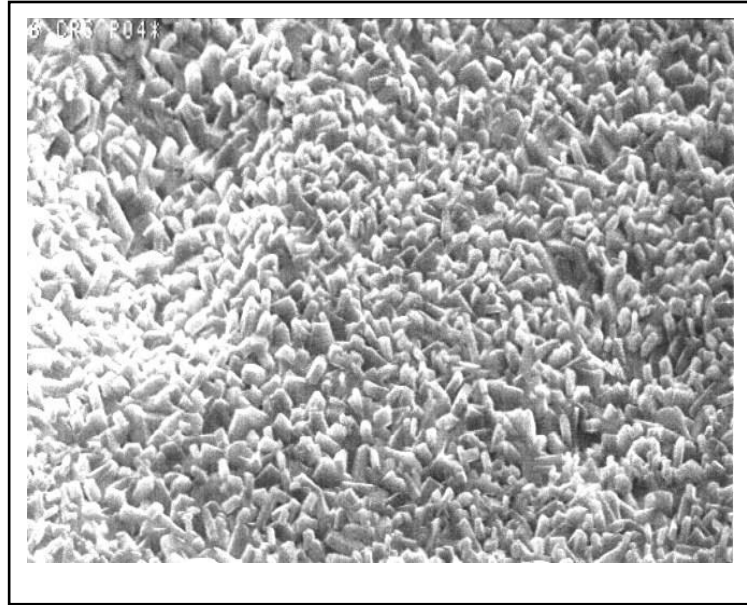
Tablo 2.6: Sıvı ve toz aktivasyon malzemesinin karşılaştırması.

Aktivasyon Parametreler	Sıvı Aktivasyon	Toz Aktivasyon
Ürün Stabilitesi	Kötü	İyi
Banyo Stabilitesi	İyi	Kötü
Dozlama	İyi	Kötü
Parçacıklar (çözülmemiş)	Orta/İyi	Orta
Tüketim	İyi	Kötü
Toz	İyi	Kötü
Performans	Orta/İyi	İyi

Tablo 2.6.'de sıvı ve toz aktivasyon malzemelerin kullanımının hangi durumlarda daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir. Toz veya sıvı aktivasyon kullanımının avantajları ve dezavantajlarına göre banyolarda kullanım tercihi yapılabilir.

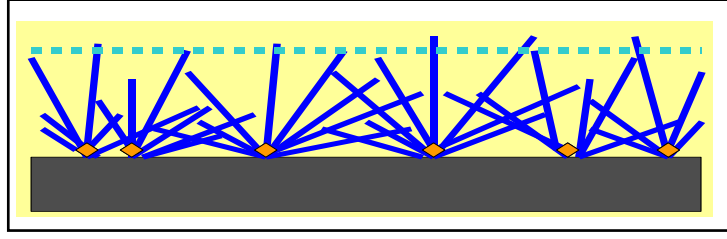


Şekil 2.6: Yüzeyde aktivasyonsuz kristal oluşumu.

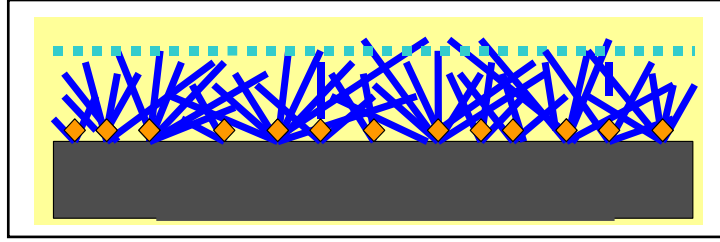


Şekil 2.7: Düzenli aktivasyon sonrası yüzeyde kristal oluşumu.

Şekil 2.6’ da görüldüğü üzere aktivasyon olmadığı zaman yüzeylerde kristal oluşumu homojen olmayıp yok denecek kadar azdır. Düzenli aktivasyona maruz kalan yüzeylerde kristal oluşumu Şekil 2.7’ de görüldüğü gibi homojen, ufak ve örtücüdür. Şekil 2.8’ de aktivasyon olmadan yapılan fosfat kaplamanın birim kristal sayısının azlığı görülürken, Şekil 2.9’ da fosfatlama öncesi fosfat kaplama yapılan yüzeylerdeki birim kristal sayısının daha çok olduğu gözlenmektedir. Aktivasyon yüzeye ne kadar etki ederse fosfat kaplama o kadar etkin olur.



Şekil 2.8: Aktivasyon olmadan fosfat kaplama.



Şekil 2.9: Aktivasyon yapılarak fosfat kaplama.

2.4. Fosfatlama

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Genellikle boya altı koruyucu tabaka olarak uygulanır. Daldırma ve püskürtme yöntemleri ile uygulanmaktadır. Yağ alma ve aktivasyon sonrası uygulanan fosfatlama işleminin amacı, yüzeydeki demiri aşındırarak çinko fosfat kristallerinin oluşumunu gerçekleştirmektir. Korozyon performansı açısından en iyi sonucu veren kaplama fosfat kaplamadır.

Galvanizasyon olarak bilinen çinko kaplama, daha çok çelik malzemelere uygulanır. Bu nedenle atmosfere açık ortamda kullanılan çatı malzemeleri, levhalar, tel ve tel ürünleri, çelik sacdan üretilen malzemeler, borular, buhar kazanları ve yapı çelikleri genelde çinko kaplanır. Çeliğin ısıya ve korozyona karşı dayanımını artırmak için de alüminyum kaplama kullanılır. Çinko kaplama yerine bazen kadmiyum kaplama yapılsa da ancak bu kaplama atmosfere açık ortamlarda çinko kaplama kadar iyi sonuç vermez [Yanardağ, 2011].

Fosfat kaplamalar metal yüzey ve boya arasında koruyucu tabaka oluşturmak, boyalı metal yüzeyde korozyon direncini artırmak, boya yapışma performansını arttırmak, boya tabakasında kabarcıklanmayı azaltmak, konveyör durmalarında pas oluşumunu ve çıplak metal yüzeylerde korozyon performansını artırmak için kullanılır [Tekkalmaz, 2010].

Fosfat Kaplamanın Karakteristiği;

- Grsel takip
- Kaplama ağırlılığı (g/m^2)
- Kristallik, kristal boyutu, SEM
- Kaplama analizi
- elik yüzey üzerinde karbon oluşumu
- Boya yapışma ve korozyon testi: Banyoda bulunan katyonların (Mn, Ni v.b) katılımı sonucu kristal içeriğine göre yapışma ve korozyon sonuçları değişiklik gösterir.

Fosfat kaplama, demir fosfat kaplama, çinko fosfat kaplama ve mangan fosfat kaplama olarak üç eşitir.

2.4.1. Mangan Fosfat

Asidik fosfatlar, Mn ve hızlandırıcılar sayesinde, metal yüzeyinde Mangan fosfat kristallerinin oluşturulması sağlanır. Mangan fosfat daha çok dişli parçalarda veya sürtünmeye maruz kalan bölgelerde yapılan kaplama işlemidir.

2.4.2. Demir Fosfat

Alkali fosfatlar ve oksidantların yardımı ile metal yüzeyindeki demirin korozyon dayanımlı demir fazlarına dönüştürülmesidir. Bu durumda kristal oluşumu gerçekleşmez.

Çinko fosfat kaplamaya göre tuz testi direnci daha düşüktür. Tuz testi direncinde pas oluşumunun olup olmadığına, eğer pas görülüyorsa da pasın ilerleyip ilerlemediğine bakılır. Kataforezin iyi kaplanabilmesi için iyi bir fosfat kaplama gerçekleşmiş olması gerekmektedir. Bu nedenle tuz testi direncinde performansı belirleyen kataforez kaplamanın altındaki fosfat kaplamadır. Demir fosfat uygulamaları genellikle panel radyatör firmaları tarafından kullanılmaktadır [Tekkalmaz, 2010].

2.4.3. Çinko Fosfat

Boya öncesi uygulamalar için ideal sistem, Zn, Mn ve Ni katyonlarını içinde barındıran “Trikasyon Çinko Fosfat” sistemidir. Asidik fosfatlar, Zn, Mn, Ni, Ca gibi katyonlar ve hızlandırıcılar sayesinde, metal yüzeyinde, değişik fazlarda Çinko Fosfat kristallerinin oluşturulması sağlanır.

Çinko fosfat banyosunun ana komponentleri;

- Çinko Fosfat: $\text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- Fosforik Asit: H_3PO_4
- Çinko Fosfat: $\text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- Çinko Nitrat: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
- Hızlandırıcılar : Sodyum Nitrat (NaNO_3), Sodyum Nitrit (NaNO_2), Sodyum Klorat (NaClO_3), Peroksit (H_2O_2)
- Flor: NaF , NaHF_2 , NH_4HF_2
- Kompleks Flor: H_2SiF_6 , HBF_4 ’ dür.



Şekil 2.10: Fosfat banyosu.

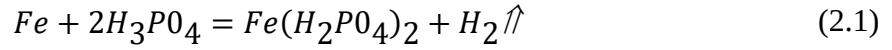
Tablo 2.7: Fosfat banyosunun çalışma parametreleri.

ÇİNKO FOSFAT	
Banyo Parametreleri	Fosfat Havuzu
Sıcaklık (°C)	44-55
Serbest Asit (ml)	1,2-1,8
Toplam Asit (ml)	19-27
Çinko (g/lt)	1,0-1,6
Gaz Noktası (ml)	1,7-4,0
Çamur miktarı (ml/l)	Mak.3
SiF ₆ ⁻² Kompleks Flor (g/lt)	1,4-2,0
Kaplama ağırlığı (g/m ²)	1,5-2,5

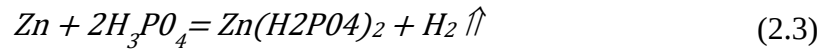
Kaplama oluşumuna ait reaksiyonlar aşağıda belirtilmiştir.

Farklı substratlar üzerinde serbest fosforik asidin reaksiyonları aşağıdaki gibidir.

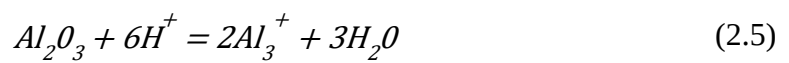
Çelik üzerinde gözlenen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.

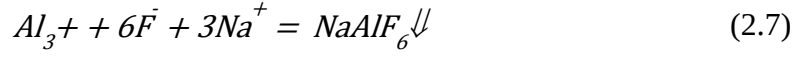


Galvaniz Metal üzerinde gözlenen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.



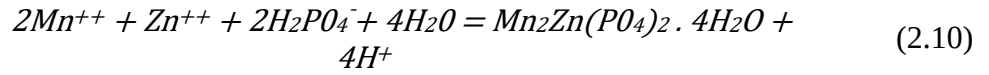
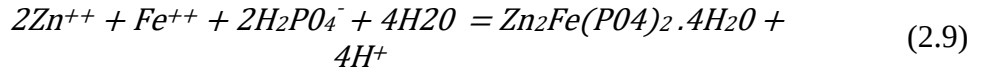
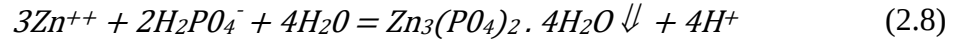
Alüminyum üzerinde gözlenen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.



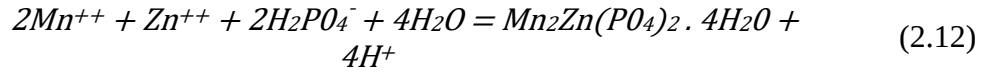
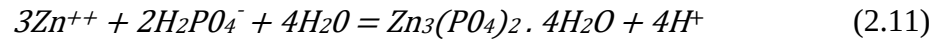


Kaplama reaksiyonu aşağıdaki gibidir.

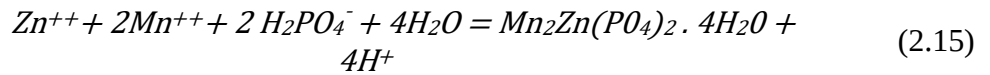
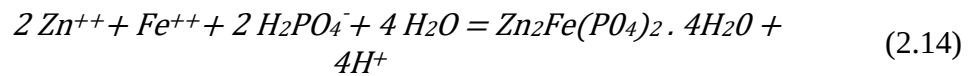
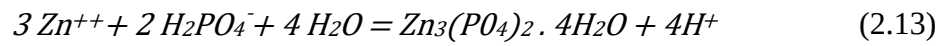
Çelik üzerinde gözlenen kaplama reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



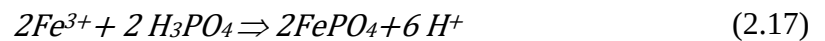
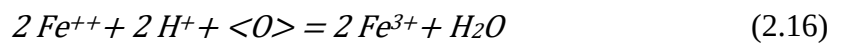
Çinko ve alüminyum üzerinde gözlenen kaplama reaksiyonu aşağıdaki gibidir.

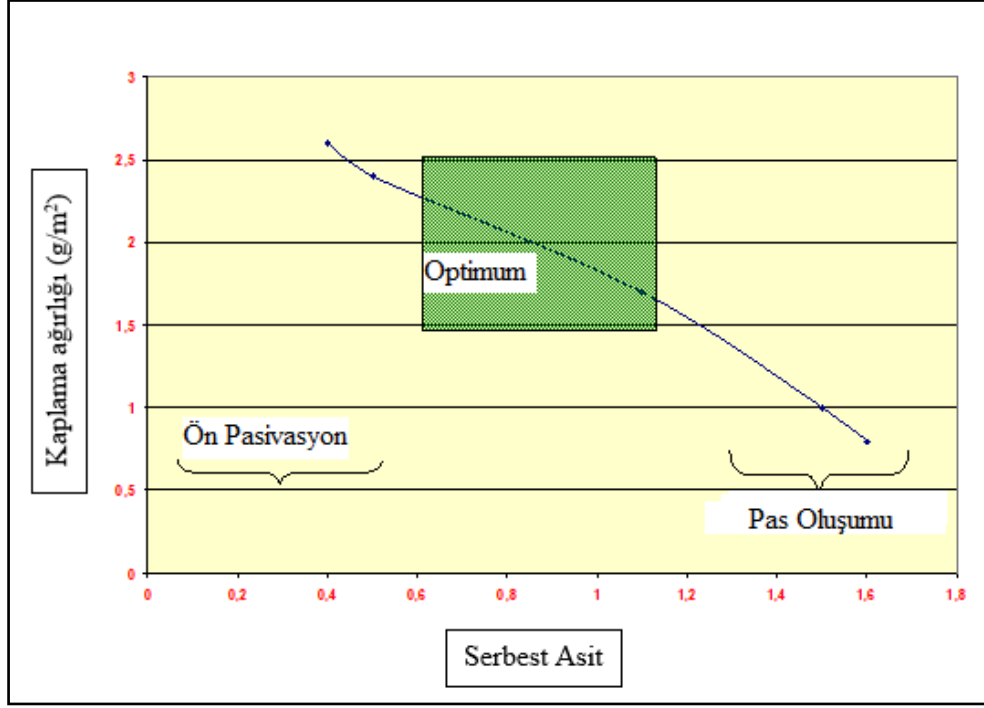


Çinko fosfatın çökelme reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



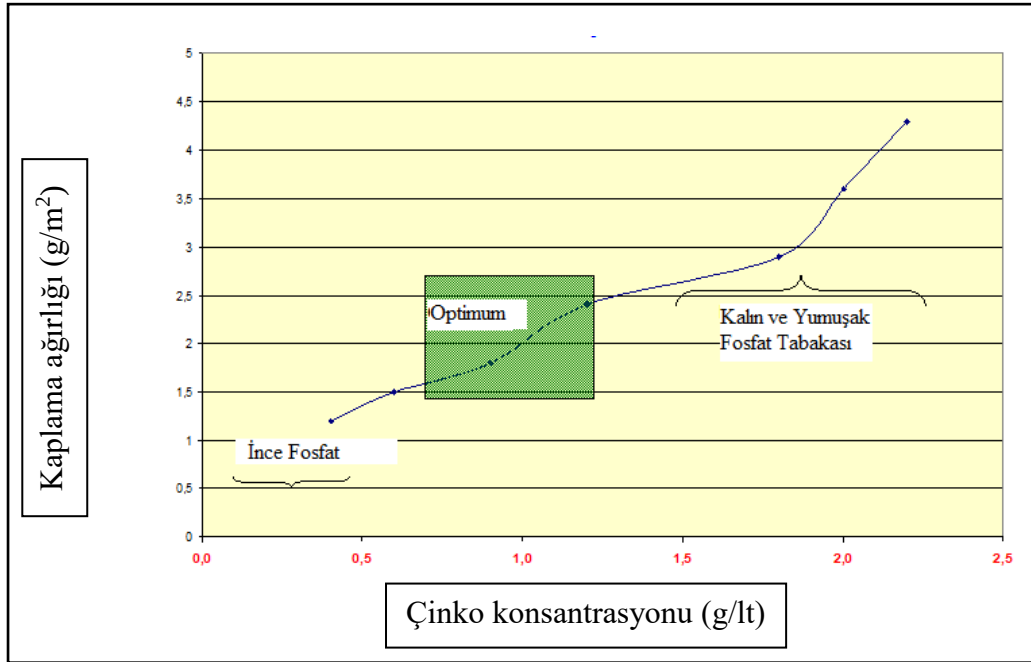
Fosfat çamurunun oluşum reaksiyonu aşağıdaki gibidir.





Şekil 2.11: Püskürtme uygulamalarda serbest asitin fosfat kaplama ile ilişkisi.

Şekil 2.11’ deki grafikte görüldüğü üzere püskürtme fosfat banyolarında serbest asit ile kaplama ağırlığı ilişkilendirilmiştir. Serbest asit arttıkça parça yüzeyleri çok aşınacağından dolayı kaplama ağırlığı düşer ve pas oluşumu başlar.

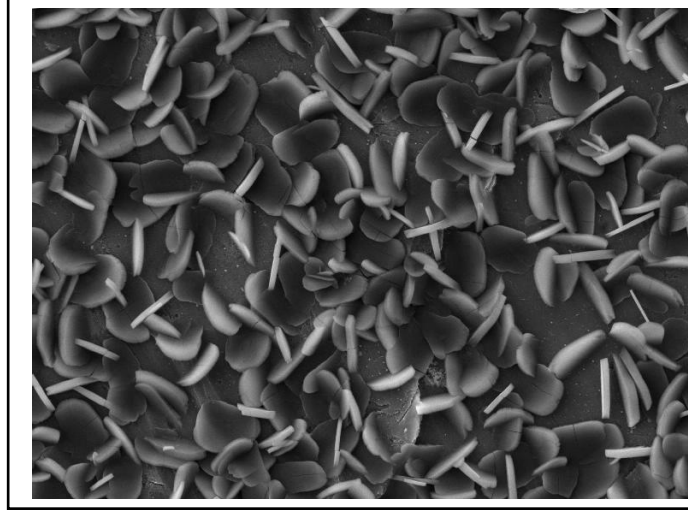


Şekil 2.12: Püskürtme uygulamalarda çinko/fosfat kaplama ile ilişkisi.

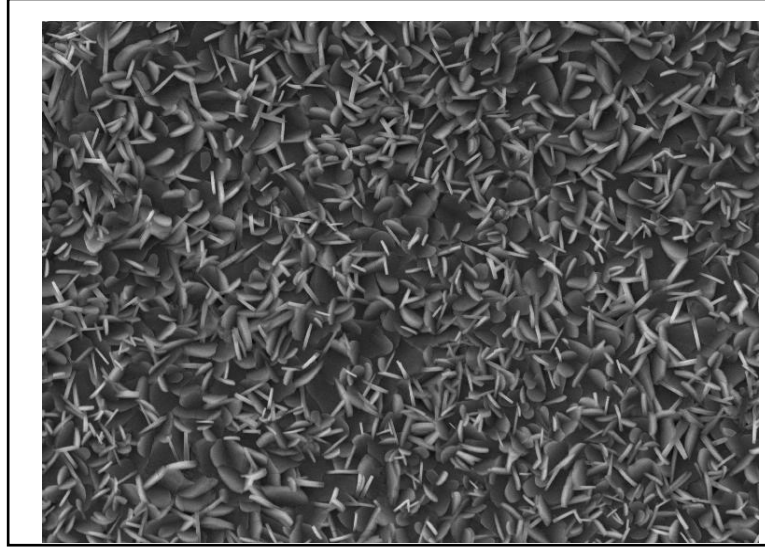
Şekil 2.12' daki grafikte görüldüğü üzere püskürtme fosfat banyolarında çinko konsantrasyonu ile kaplama ağırlığı ilişkilendirilmiştir. Düşük çinko konsantrasyonunda kaplama ağırlığı düşer ve ince fosfat kaplanır. Yüksek çinko konsantrasyonunda kaplama ağırlığı artar fakat çinko konsantrasyonu olması gereken değerin üzerinde olduğunda kalın ve yumuşak fosfat tabakası gözlenir.



Şekil 2.13: Çinko fosfat ile kaplanmış plaka.



Şekil 2.14: Toz aktivasyon malzemesi kullanıldığına gözlenen fosfat kaplama.



Şekil 2.15: Sıvı aktivasyon malzemesi kullanıldığında gözlenen fosfat kaplama.

Şekil 2.14 ve Şekil 2.15’ de toz ve sıvı aktivasyon malzemeleri kullanılarak fosfat kaplama gerçekleştirilmiş ve fosfat kaplı yüzeylerin SEM fotoğrafları çekilmiştir. Şekil 2.14’ de görüldüğü üzere toz aktivasyon malzemesi kullanıldığında yüzey kristal boyutu sıvı aktivasyon malzemesi kullanıma göre daha büyüktür.

2.5. Pasivasyon

Pasivasyon korozyon dayanımını artırılması ve yüzeyde kalıntı olarak bulunan iyonların uzaklaştırılması amacıyla kullanılır. Pasivasyon uygulaması yapılmasının bir diğer amacı, yüzeyde fosfat kaplanmayan yerin üzerini pasive ederek yüzeyde oluşabilecek pas oluşumunu engeller.

Bir metal yüzeyi, bir dönüşüm kaplamasını aldıktan sonra, tepkimeye girmemiş dönüşüm kaplama kimyasallarını çıkarmak için durulanır ve pasivasyon ve/veya son durulama uygulanır. Yüksek kaliteli bir fosfatlama üretmekte son adım, etkili bir son-durulama uygulamaktır. Bu krom içeren çözeltiler veya krom içermeyen proses teknolojileri kullanarak, metal yüzeyindeki fosfat kaplamayı mühürlemek ve/veya pasivize etmek için yapılır. Pasivasyon uygulaması, pasivasyon olmayan hatlarla kıyaslandığında, korozyon ve nem dayanımında 2 ila 10 kata kadar artış sağlayabilir. Ünite yüzey alanı başına kaplamanın ağırlığı, işlem zamanıyla, banyonun sıcaklık ve düzenlemesi ile ve baz metalin yüzeyinin durumu ile değişir. Genellikle 0,5–1 g/m² değerleri elde edilir. Kaplama rengi ölçüde açık bir şekilde mavi, mavi yeşilin orta gölgeleriyle grimsiden mavi tonlara geniş bir aralıkta değişir. Daldırma işlemlerde,

çok ufak serbest asitliğin, fosforik asit eklenmesi ile sürdürülmesi tavsiye edilir. Sprey sistemlerinde ise pH hassas bir şekilde dengelenmelidir [Özçanak, 2008].

Tablo 2.8: Pasivasyon banyosunun çalışma parametreleri.

PASİVASYON	
Banyo Parametreleri	Pasivasyon Havuzu
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 500
pH	4,4-4,8
Toplam Asit	4-7

3. KATAFOREZ PROSES ADIMLARI

Kataforez proses adımları;

- Kataforez havuzu
- Ultrafiltrasyon havuzu
- Demineralize su havuzu'ndan oluşmaktadır.

3.1. Kataforez Kaplama

Kataforez kaplama, elektrokimya prensiplerine dayanarak metal yüzeylere yapılan su bazlı astar kaplamadır. İletken özellik gösteren tüm metal yüzeyler kataforez kaplama yapar. Kataforez kaplama yapılmasının amacı, metal yüzeyleri paslanmaya karşı korumak içindir.

Kataforez kaplamanın uygulama alanları genellikle beyaz eşya sektöründe (çamaşır, bulaşık makinası), motor aksesuarları (jantlar, koltuklar, fren kampanaları, yaylar), tarım (traktörler, tarım makinaları, ağır iş makinaları), otomotiv endüstrisinde (binek ve ticari araçlar), çelik sanayisinde (masa, raf, dolap), inşaat endüstrisi (radyatör, endüstriyel raf, alüminyum profil) ve elektrik aksamaları (şerit aydınlatma, anahtarlı-dışlı muhafazalar) gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Kataforez kaplamanın genel olarak 4 ana avantajı mevcuttur. Avantajlar aşağıda sıralanmıştır.

- Uygulama
- Performans
- Ekonomik
- Çevresel

Uygulamanın 4 ana avantajı mevcut olup, aşağıda sıralanmıştır.

- Düzgün film oluşturma (akma ve sarkmanın olmaması)
- Hızlı kaplama özelliği
- Kompleks yüzeylerde düzgün ve yeterli kaplama

- Kenar ve köşelerde yeterli kaplama

Performans olarak 3 ana avantaj mevcut olup, aşağıda sıralanmıştır.

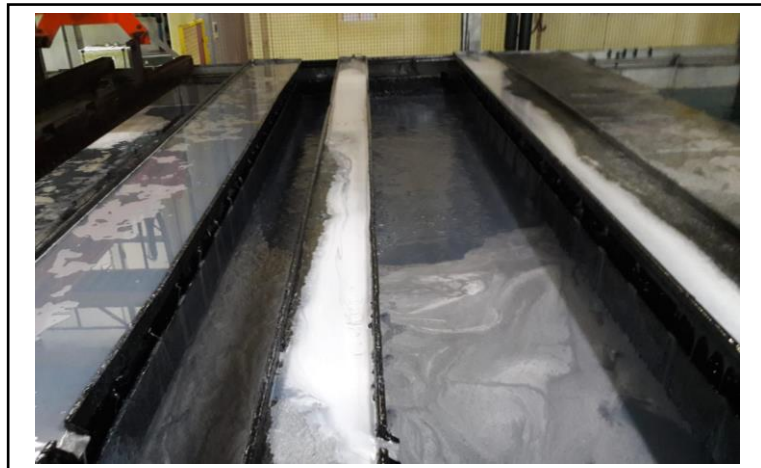
- Korozyon dayanımı
- Kimyasal direnç
- Mekanik özellikler

Kataforez kaplamanın ekonomik olarak avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- % 95 -99 transfer
- Otomatik çalışma
- Tam kaplama
- Yüksek verimlilik

Kataforez kaplamanın çevresel olarak avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Düşük VOC (uçucu organik bileşenler): 12 g/l maksimum
- Havayı kirleten maddeler içermemesi
- Çok düşük miktarda katı atık
- Su bazlı yapı; yanma ve parlama riski olmamasıdır.



Şekil 3.1: Kataforez banyosu.

Tablo 3.1: Kataforez banyosunun çalışma parametreleri.

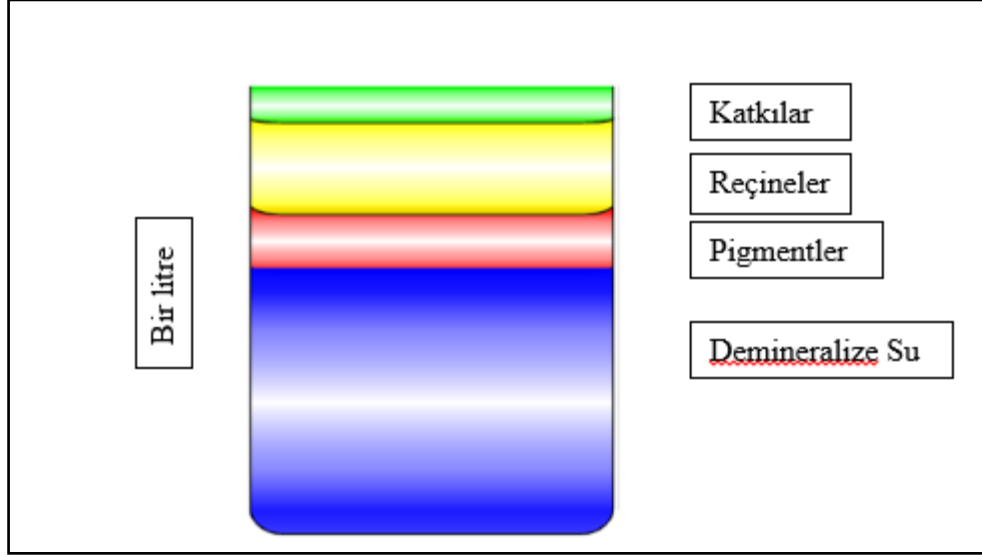
KATAFOREZ	
Banyo Parametreleri	Kataforez Havuzu
Sıcaklık (°C)	32 - 34
Katı (%)	13,0 - 16,0
Kül (%)	0,1 - 0,13
P/B (%)	1,0 - 1,6
pH	5,2 - 5,6
İletkenlik (μS/cm)	900 - 1500
Uygulanan Voltaj	150 - 320



Şekil 3.2: Kataforez ile kaplanmış plaka.

3.2. Kataforez Banyo Bileşenleri

Kataforez havuzu su bazlı havuzdur ve banyo bileşenleri; emülsiyon (reçine), pigment pasta, solvent, asit ve demineralize su'dan oluşmaktadır.



Şekil 3.3: Kataforez havuzunun banyo bileşenleri.

Şekil 3.3’ de belirtildiği gibi kataforez banyosu içerisinde % 80-90 deiyonize su, %1-10 pigment, %10-15 reçine ve diğer bileşenler (solventler) %1-5 arasında yer almaktadır.

Tablo 3.2: Kataforez banyo bileşenlerinin özellikleri.

KATAFOREZ BANYO BİLEŞENLERİ	
POLİMERLER (REÇİNELER)	Yüksek/düşük viskoziteli
	Sıvı halde
	Boya içindeki oranı: % 40 -70
PİGMENTLER	Organik/inorganik pigmentler
	Dolgular
	Geniş renk skalası
	Boya içindeki oranı: % 5-50
SOLVENTLER	Sıvı halde
	Petrokimya ürünleridir
	Boya içindeki oranı: % 5-60
KATKILAR/YARDIMCILAR	Sıvı/katı halde
	Çok geniş bir yapıdadırlar
	Boya içindeki oranı: % 0.1-10

3.2.1. Katyonik Polimer Emülsiyon (Reçine)

Reçine polimer karışımlarından oluşur. Kullanılan reçine, emülsiyon gibi epoksi bazlı katyonik bir reçinedir. Yüksek korozyon direncini epoksi bazlı olanları verir. Reçine, kaplamanın yapılabilmesi için reaksiyonu başlatır. Kaplamaya elastiklik ve direnç verir. Depolama koşulları 5 – 30 °C arasındadır [Tekkalmaz, 2010].

Zayıf asitler kısmen nötr olabilen bazik grupların varlığı, polimerin su içinde çözünür olmasını sağlar. Böylece polimer uzun süre ve değişik konsantrelerde bozulmadan kalabilir. Emülsiyon depolama şartları çok önemlidir. Yapıda karışım halinde bulunan blok-izosiyanatların çökmesi kaplamanın sertliğini düşürür ve kimyasal dirençleri azaltır. Blok izosiyanatların çökmesi halinde, karıştırılıp eski haline gelmesi mümkün değildir.

3.2.2. Pigment Pasta

Pigment pasta, kaplamanın yani boya filmine istenilen rengini verir, direncini artırır. İçerdiği dolgular sistemi pasive ederek korur. Pigment ve dolgular boya reçineleri tarafından çözilemeyen, oldukça ince işlenmiş katı parçacıklardır.

Pigment ve dolgular, yardımcı/katkılar desteğiyle reçine(ler) ile karıştırılır, öğütücü millerden geçirilir ve belli bir tane büyüklüğüne indirilir. Pigment pasta viskozitesi fiziksel stabilizeyi sağlayacak olup, kataforez tankı ilavelerinde pompalama sistemine uygun olacak şekilde hazırlanır. Pastanın kataforez havuzuna bol demineralize su ile seyreltilerek verilmesi önemlidir. Pigment ve dolgular boya reçineleri tarafından solventler ve çeşitli yardımcılar desteği ile kaplanırlar/sarılırlar. Depolama koşulları 5 – 30 °C arasındadır. Pigment pastanın katısı, kullanım yeri ve özelliklerine bağlı olarak % 45-60 arasında değişir.

3.2.3. Solventler

Reçinelerin sulu ortama uyumlarını sağlar, film yayılmasını ve kalınlığını kontrol eder. Solvent olarak kullanılan kimyasallar bütilglükol, fenoksiprapanol, hegzilglükol ve sudur. Kullanılan pigment durumuna göre solventlerin kullanım cinsi de değişmektedir.

Solventler kataforez tankına dışarıdan ilave edilir fakat pasta ve reçinenin içerisinde bir miktar solvent bulunmaktadır. Aslında kaplama için gerekli ana komponent olan pasta ve reçine ile birlikte solvent de kataforez havuzuna ilave edilmektedir. Solventler büyük oranda su ve formüle bağlı olarak % 5-10 glikol eteri bünyesinde bulundurulur.

Solvent olarak kullanılan bütülglikol film kalınlığını etkiler. Ayrıca antifiriz görevi yapar. Fenoksiprapanol ve hegzilglikol ise Şekil 3.4’ de görüldüğü üzere film yapısı içine girerek, yüzey yayılmasını sağlar [Özçanak, 2008].



Şekil 3.4: a) Fenoksi katkılı boya filmi görüntüsünde fenoksi yok/az, b) Fenoksi katkılı boya filmi görüntüsünde fenoksi var.

3.3. Kataforez Kaplama Mekanizması

Elektro kaplamanın temeli ters kutupların hareketi ile meydana gelir. Boya, iş parçasını elektro kaplama banyosuna daldırma ve banyoya iş parçası ile elektrotlar arasında elektrik akımı verme ile uygulanır. Bu uygulamada doğru akım kullanılır. Gerilim uygulandığında, iş parçası ve çalışan elektrotlar biri pozitif anot, diğeri negatif katot olacak şekilde zıt kutuplara sahip olacaktır [Özçanak, 2008]. Kataforez kaplama mekanizması Tablo 3.3’ de anlatılmıştır. Kataforez banyosunda katotta H_2 , anotta ise O_2 açığa çıkar. Anotta H^+ oluşurken asit reaksiyonu meydana gelmekte olup, katotta OH^- ile alkali reaksiyon oluşur. Anotta açığa çıkan hidrojen iyonu ile negatif yüklü asit grubu reaksiyona girerek asit oluşturur. Oluşan bu asit anolit sistem vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılır. Pozitif yüklü boya partikülleri katoda doğru harekete geçer ve OH^- iyonları ile reaksiyona girerek kaplanacak yüzey üzerinde koagüle olmaya başlar.

Ürün/Malzeme katot olarak kullanılır, kaplama işleminin gerçekleşmesi için elektrik akımı verilerek voltaj uygulanır. Elektroliz işleminde su elektrotlarda dekompoze olur. Katot üzerinde alkali bir ortam oluşur [Tekkalmaz, 2010].

Anot reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



Katot reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



Tablo 3.3: Kaplama prosedürü.

Kaplama	Katod (-)	Anot (+)
Kutuplardaki hareketler	Katyonik reçinenin hareketi	Organik asit gruplarının hareketi
Elektrokimyasal reaksiyon	Suyun elektrolizi sonucunda OH^- ve H_2 gaz çıkışı	Suyun elektrolizi sonucu H^+ ve O_2 gaz çıkışı
Kimyasal reaksiyon	Katyonik reçine OH^- ile nötralize olarak, suda çözünme özelliğini kaybeder.	Asit grupları H^+ ile serbest asitleri oluşturur.
Film oluşumu	Suda çözünemeyen reçine yüzeye hızla çöker.	Serbest asitler sistemden uzaklaştırılır.

3.4. Kataforez Hattı Üniteleri

Kataforez hattı üniteleri aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır.

- Kataforez tankı ve sirkülasyon sistemi
- Anot ünitesi
- Ultrafiltrasyon (UF) ünitesi
- Yıkama tankları
- Soğutma sistemi
- Besleme sistemi
- Depolama tankı
- Güç ünitesi

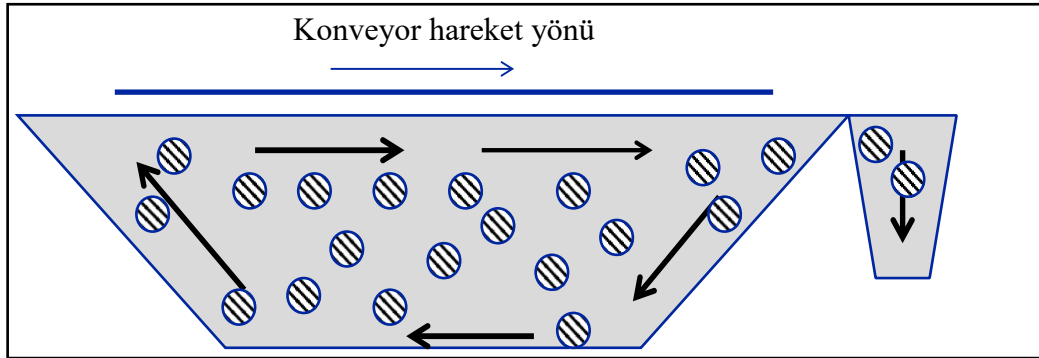
3.4.1. Kataforez Tankı ve Sirkülasyon Sistemi

Kataforez tankın dizaynı, kataforez kaplanacak parçaların boyutlarına göre optimum bir tasarım yapılması önemlidir. Kataforez kaplama yapılabilmesi için anot ve katoda (ürün/malzeme) ihtiyaç duyulur. Anotlar kataforez tankı içerisine yerleştirilir. Kaplamanın düzgün yapılabilmesi için anot/katot oranı önemlidir.

Anotların yüzey alanına göre kaplama yapılacak ürünün yüzey alanı hesaplanır ve anot/ katot oranına göre bir seferde kataforez tankın içerisine ürün girer. Anot / katot oranı genel olarak 1/4 ile 1/12 arasında değişmektedir.

Kataforez tankı genellikle krom veya siyah çelik sac' dan imal edilir ve tankın iç yüzeyine izolasyon yapılır. Bunun için çoğunlukla cam elyaf takviyeli polyester kullanılır. Kataforez hattında kullanılan malzemeler PVC veya paslanmazdır.

Sirkülasyon pompaları banyoyu saatte en az 4 defa sirküle edecek güçtedir. Sistem boyada çökme olmaması için 24 saat durmadan çalışmalıdır. Kataforez tesisinde elektrik kesintilerine karşı jeneratör bulunmalıdır. İyi bir tank sirkülasyonu için boyanın % 40 kadarını tankın kendisinden, kalan kısmını da taşma bölgesinden almak gerekir. Bu oran 1/1 şeklinde de olabilir. Taşma bölgesine yakın olan kısımlarda yüzey üzerinde veya yüzeye yakın iç kısımlarda köpük oluşur ve diğer bölgelerde oluşan köpük de toplanır. Yeterli ve köpüğü taşma bölgesine ulaştıracak banyo yüzey hızı ve banyo devridaim oranı yoksa köpükler yüzeye yapışır.



Şekil 3.5: Kataforez havuzunun sirkülasyon yönü.

Tank içine taşınan veya düşen metal parçalar, elektriksel alan içinde (-) yüklenerek boya tanelerini üzerlerine çekerler. Kendilerine yakın olan gövde kısmındaki kaplamayı zayıflatırlar ve tank dibine veya gövdeye çökerek kirlilik veya yüzey hatalarına neden olurlar.

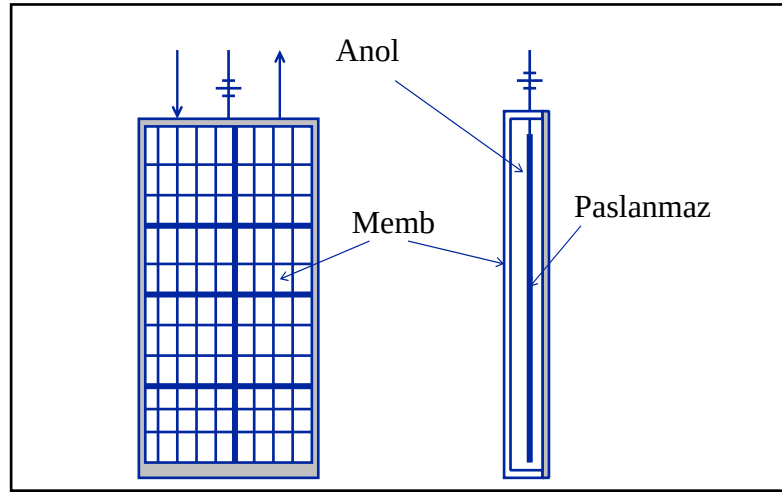
3.4.2. Anolit Tankı

Kaplama için gerekli elektriksel alanda anot görev yapar ve kaplama esnasında açığa çıkan asit iyonlarını sistemden uzaklaştırır. Bu durumda banyonun pH değeri sabitlenerek iletkenlik istenilen aralıkta tutulur. Anolit tankının kullanılmasının bir

diğer amacı ise kaplama yapıldıkça banyonun içerisinde sıcaklık artışından dolayı elektrolitlerin sıcaklıktan etkilenmemesi için soğutma görevi görür.

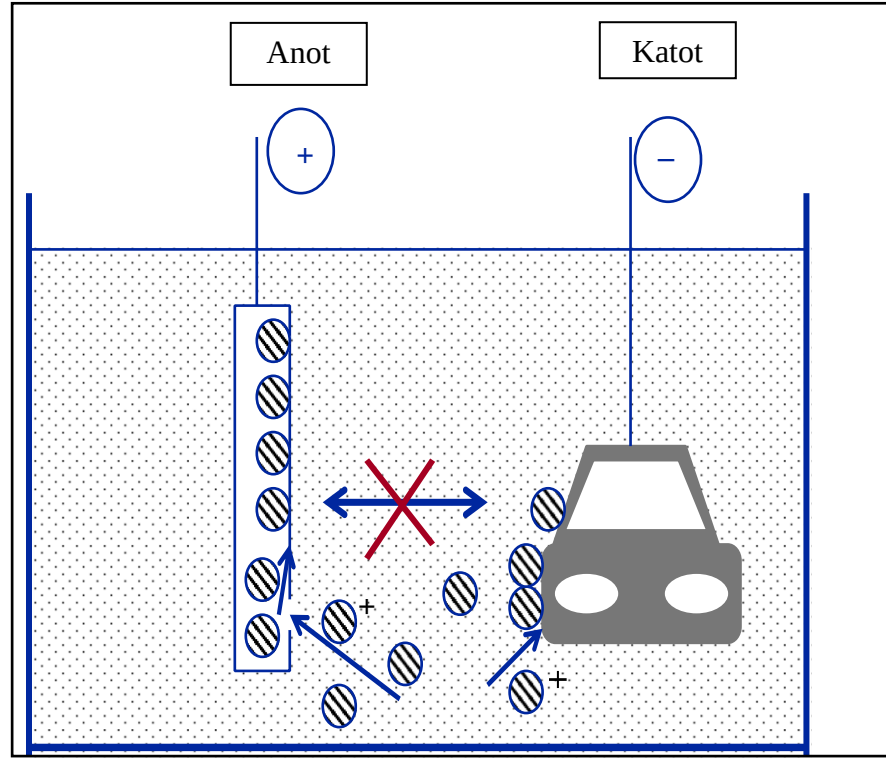
Anolit tankına ait boru, pompa vs. paslanmaz veya PVC malzeme olmalıdır. Anotların sayısı anot/katot oranına göre hesaplanır ve kataforez havuzu içerisine konumlandırılır.

Anolit tank sistemi serbest asit iyonlarını uzaklaştırdığı için anolit tankının iletkenliği 800 – 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında tutularak banyonun ph dengesi sağlanır. Anolit tank sistemi çalışmadığında boyanın ph değeri düşer ve düşük ph borulardaki demir iyonlarını çıkararak membranlarda tıkanmalara neden olmaktadır. Anolit tanka seviye sensörleri eklenerek otomatik olarak çalıştırılması sistemin güvenilirliği için önemlidir. Sistem otomatik olarak çalıştığında set edilen iletkenliğin üstüne çıktığında alarma düşerek otomatik olarak kendini boşaltıp, yeniden otomatik olarak demineralize su besleme vanası açılarak, anolit tanka taze demineralize su beslenir. Böylece iletkenlik değeri hep istenilen seviyede tutulur.



Şekil 3.6: Anot hücresi.

Anod hücresinin ömrü; ısı, düşük pH, demir ve benzeri oksitleyiciler, düşük debi, yüksek iletkenlik, yüksek akım, yüksek voltaj, yüksek üretim oranı, korozyon yaratan maddelere bağlıdır. Anod plakası belirli bir süre sonra korozyona uğrar, delinir veya incelip kopar. Bu durumda anod hücresi içine boya geçer ve membranın iç yüzeyi boya ile kaplanır. Boya ile kaplanan anod hücresinde elektriksel alan kesilir ve kataforez kaplama düzgün yapılamaz.



Şekil 3.7: Anot membranının delinmesi/incelmesi sonucu gözlenen problem.

3.4.3. Ultrafiltrasyon (UF) Ünitesi

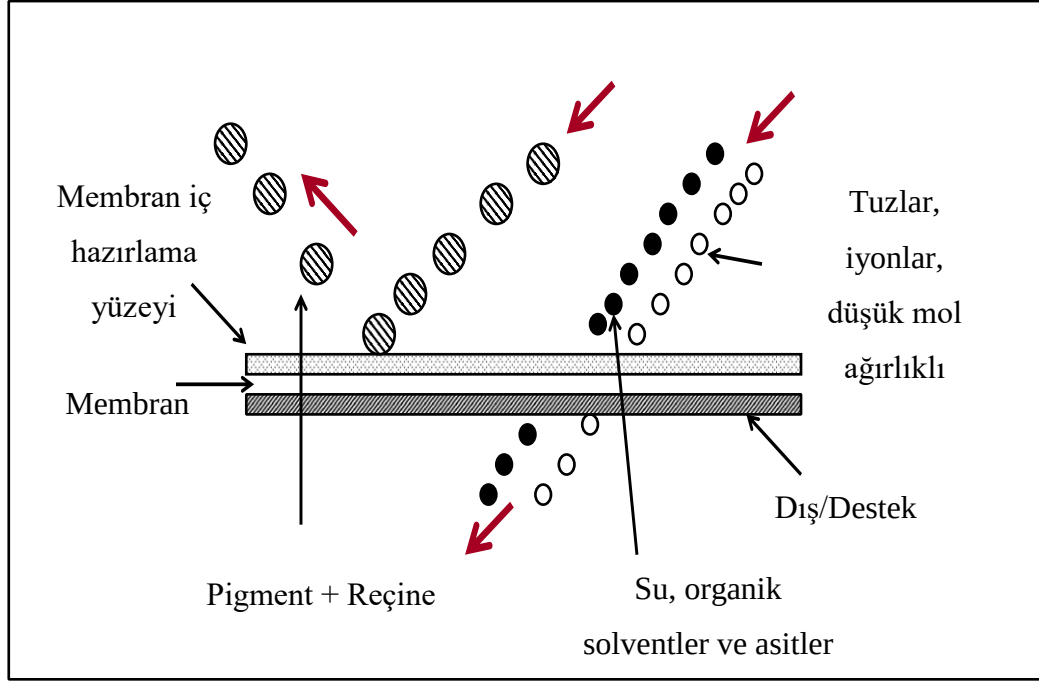
Ultra filtreleme, yüksek moleküler ağırlığa sahip bileşenlerin, kolloidlerin veya bir sıvıda asılı durumda olan küçük partiküllerin endüstriyel ölçekte sürekli olarak filtrelenmesi işlemidir. İşlemin temel unsuru ince bir yarı geçirgen polimer membrandır. İşlemden geçirilecek sıvı ortalama bir basınç altında membranın yüzeyi boyunca akar. Membrandaki deliklerin boyutundan büyük moleküler boyuttaki çözülebilir bileşenler tutulur ve konsantre hale getirilerek konsantre olur. Su ve düşük moleküler ağırlıktaki bileşenler membranın deliklerinden geçer ve ultrafiltrat olur.

Ultrafiltrat, kataforez banyosundan elde edilen bir sıvıdır. Ultrafiltrasyon ünitesinde ultrafiltrasyon modülleri bulunmaktadır ve modüllerin kullanım amacı, kataforez banyosundaki boyayı % 100 geri kazanarak boya içerisindeki suyu ultrafiltrasyon havuzuna beslemektir. Şekil 3.8’ de görüldüğü üzere ultrafiltrasyon membranlardan boya (pigment ve reçine) geçmeyerek kataforez banyosuna geri beslenir. Ayrıca, membranlardan su, organik solventler ve asitler geçmektedir. Ultrafiltrat sıvısı; % 97 DI su ve % 3 oranında bütülglikol, asit ve molekül ağırlığı 1000’ den düşük polimerlerden oluşmaktadır. Kaplanan yüzey üzerindeki fazla boya

ise UF yıkaması ile geri alınır. UF modül kapasitesi boyanacak yüzey alanına bağlıdır. Gerekli UF miktarı 1-3 litre/m²' dir. Doğru basınç ve akış miktarı modüllerin ömrünü belirler. Endüstride modüller; tüp tip modül, spiral tip modül ve düz membran tip modül olarak 3 farklı modül tipinden oluşur. Tüp tipi modülün ömrü 5 ile 7 yıl arasında değişmektedir. Spiral tip modülün ömrü 2 ile 3 yıl arasında değişmektedir. Düz membran tip modülün ömrü ise 6 ile 7 yıl arasında değişmektedir.



Şekil 3.8: Ultrafiltrasyon modülü.



Şekil 3.9: Ultrafiltrasyon membran akışı.

UF pompasının durması nedeniyle modül içinde boya membran yüzeyine çöker ve tıkanmaya neden olur. Modül devreye alınınca DI su ile yıkanır ve yıkama işlemi su modülden berrak alınana kadar tekrarlanır. Bu işlem kısa duruş sürelerinde (1-2 hafta) modülü devre dışı bırakmak için de yapılabilir. Modül temizlendikten sonra giriş ve çıkışlar kapatılarak içinde DI suda bırakılır.

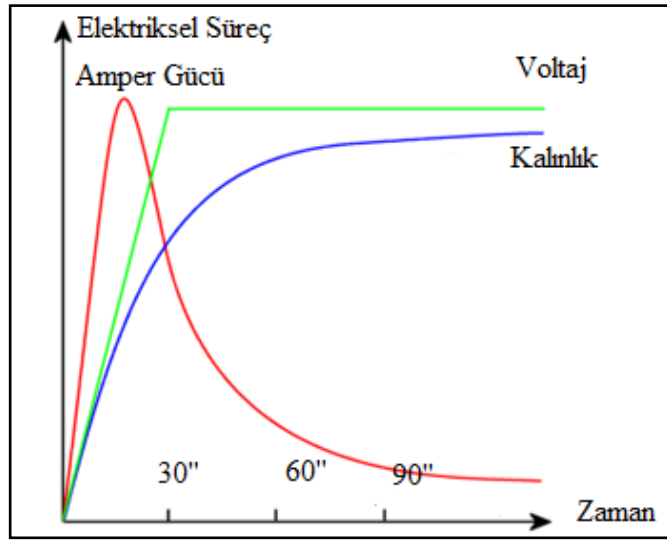
3.4.4. Yıkama Ünitesi

Yıkama ünitesi yüzeyde kaplanan fazla boyayı alır, yüzey kalitesini artırır ve zımpara oranını azaltır. Kaplanan yüzeye göre püskürme veya daldırma uygulamaları vardır. Yıkama işleminde, kataforez kaplama yapılan yüzeylerde fırına girmeden önce tüm yüzey hatalarının giderilmesi amaçlanır.

Şekil 3.10' da görüldüğü üzere yıkama üniteleri gösterilmiştir. Kataforez sisteminin bir parçası olan modüllerde boya % 100 geri kazanılarak kataforez havuzuna geri beslenir, üretilen su ise temiz UF tankına beslenir. Kataforezden sonra UF yıkama tankında 45 sn - 60 sn kaldıktan sonra çıkan parçalar nozullar yardımıyla yıkanır. Nozullardaki su, temiz UF tankından gelen sudur. UF yıkama tankından çıkan parçalar fırına girmeden önce son olarak DI su yıkama tankına girer. Buradaki nozullardan çıkan su DI su yıkama tankındaki sudur.

kürlenmiş katyonik filmin mikron başına dakikada, 1 metrelik daldırılmış parça başına 1-12 amper almasıdır.

Şekil 3.11’ de görüldüğü üzere parçaların kataforez kaplama esnasında voltaj ve amper doğru orantılı olarak artarken, voltaj belirli bir süre sonra sabitlenir, amper gücü ise belirli bir süre sonra düşer. Voltaj arttıkça kalınlık artar. Voltaj değeri, yüzeylerden geçen metrekareye göre belirlenir ve kalınlık değerini istenen seviyede tutmak için voltajın 150-320 arasında kalacak şekilde bir değer belirlenerek ayarlanması gerekir.



Şekil 3.11: Kaplama sırasında zamana bağlı olarak amper, voltaj ve kalınlığın birbiriyle ilişkisi.

3.5. Kataforez Kaplamayı Etkileyen Parametreler

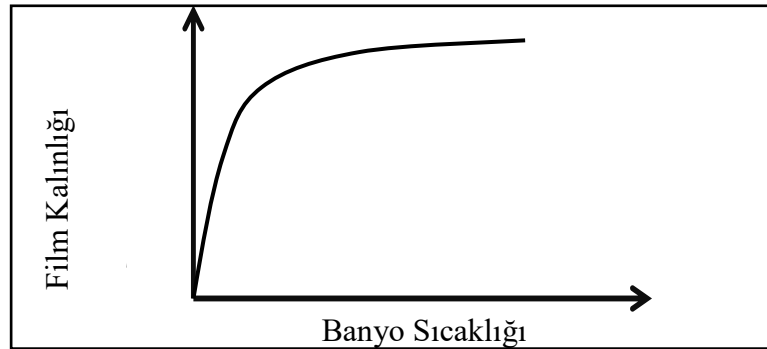
Kataforez kaplamayı etkileyen parametreler aşağıda sıralanmıştır.

- Voltaj (V)
- Kaplama süresi (t)
- İletkenlik
- Banyo sıcaklığı (T)
- Katı, kül ve P/B oranı
- PH

iletkenlik, ortaya çıkan çözüner tuzlar, polarize solventler ve asitler nedeniyle hep yükselme eğilimindedir. Özellikle fosfat havuzundan taşınan iyonlarla banyo iletkenliği yükselir. İletkenlik, sistemden asit iyonlarının uzaklaştırılması veya UF atılmaları ile dengelenir. Banyonun iletkenliğini değiştirmek için solvent miktarı yükseltilir veya katyonik gruplar (NH^+) artırılır veya banyo sıcaklığı yükseltilir. İletkenlik arttıkça kaplama kalınlığı artar [Tekkalmaz, 2010].

3.5.4. Banyo Sıcaklığı

Banyo sıcaklığı kaplama için önemli bir parametre olup, banyonun stabilitesinin sağlanması için banyo sıcaklığı, soğutucu ve ısı değiştirici yardımıyla kontrol altında tutulmalıdır. Kataforez banyosunda sirkülasyon pompaları ve kaplama işlemi banyo içerisinde ısı oluşturan iki önemli etkindir. Şekil 3.13’ de görüldüğü üzere kaplama, banyo sıcaklığı ile doğru orantılı olup, sıcaklık arttıkça kalınlık bir süre sonra artmamakta ve sabit kalmaktadır. Banyo sıcaklığı 28-34 °C arasından kataforez tipine göre değişir. Banyonun sıcaklığı arttıkça soğutucu ile istenilen set aralığında banyonun sıcaklığı stabil tutulmalıdır. Sirkülasyon pompaları ve kaplamadan dolayı banyonun sıcaklığı artacağından dolayı kataforez sisteminde herhangi bir ısıtma ünitesine gerek yoktur. Yüksek sıcaklıklar, UF modülü için tehlikelidir. Düşük sıcaklıklar film kalınlığını etkiler ve banyo çözünürlüğünü azaltır.

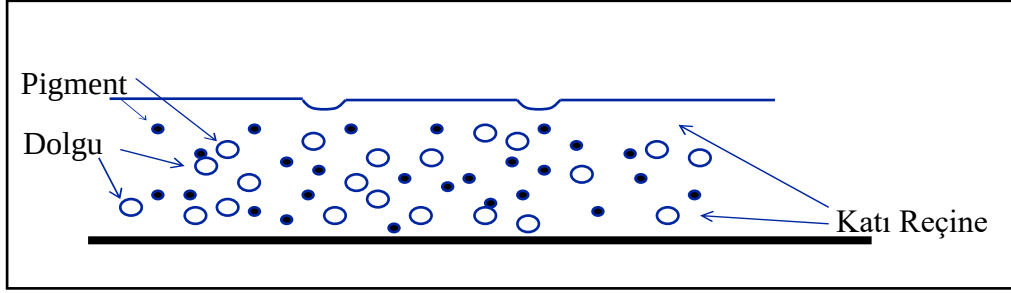


Şekil 3.13: Banyo sıcaklığının film kalınlığına etkisi.

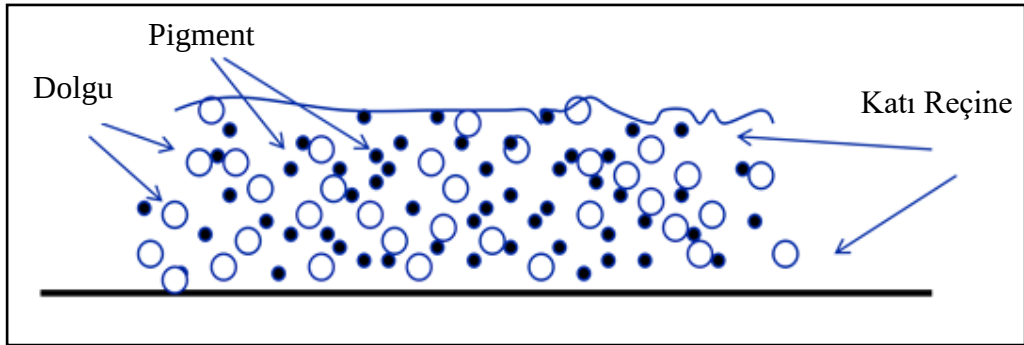
3.5.5. Katı, Kül ve P/B Oranı

Parçalar kataforez kaplandıkça banyo içerisindeki reçine ve pigment pasta miktarlarında azalma olacaktır. Banyoya ilave edilmesi gereken kimyasal miktarı P/B

oranı göz önüne alınarak yapılır. Numunenin katı ve kül oranları bulunur ve aşağıdaki formüle göre P/B oranı belirlenir. % 100 P/B oranı $(\text{Kül/Katı-Kül}) \cdot 100$ formülasyonu ile bulunur. Banyonun belirlenmiş olan P/B limitleri içerisinde çalışması gerekir. Yüksek P/B oranları yüzeyde tozlanmalara, düşük P/B oranları ise yüzeyde açılmalara/deliklenmelere neden olur. Katı, kül ve P/B oranı ile kaplama kalınlığı doğru orantılıdır.



Şekil 3.14: Düşük P/B oranı.



Şekil 3.15: Yüksek P/B oranı.

3.5.6. pH

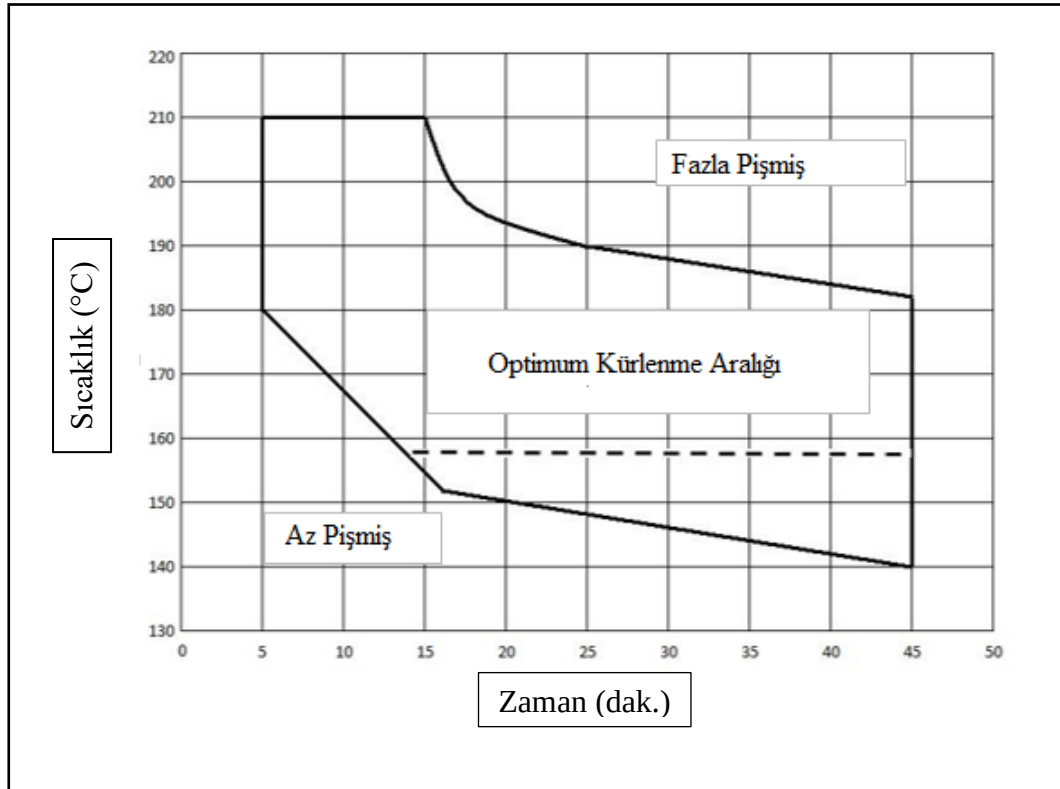
Hidrojen potansiyeli, bir çözeltideki asidiklik ve alkalilik yoğunluğunu gösteren ölçüm birimidir. 0'dan 14'e kadar olan bir skalada ölçülür. pH bir boyada asit ve baz grupları arasındaki dengedir. Kataforez boyada pH 5.2 - 5.6 aralığındadır. pH değeri yükseldiği zaman reçine çözünürlüğü azalır ve emülsiyonun stabilitesi bozularak boyanın tank içinde, filtrelerde ve membranlarda topaklanmasına neden olur. pH değeri düştüğü zaman ise borularda meydana gelen korozyon ortama demir iyonları çıkarır. Membranlarda tıkanmalara neden olur. Kataforez sisteminin pH' a bu kadar bağlı olma nedeni, reaksiyon sırasında katot yüzeyi üzerinde hidroksil grupları (OH^-)

oluşur ve pH yükselir. Böylece topaklanan boya yüzeye çökerek yapışır. Kataforez tankının günde en az iki kere pH ölçümü yapılmalıdır. Pigment pasta ve reçine ilavelerinin sonucunda tank pH değeri yükselir. Asit ilavesi ile pH istenilen aralığa çekilir. Düşük pH durumlarında anolit tankından bir miktar anolit sıvısı atılır ve atılan miktar kadar DI su ilavesi yapılır [Tekkalmaz, 2010].

4. FIRINLAMA

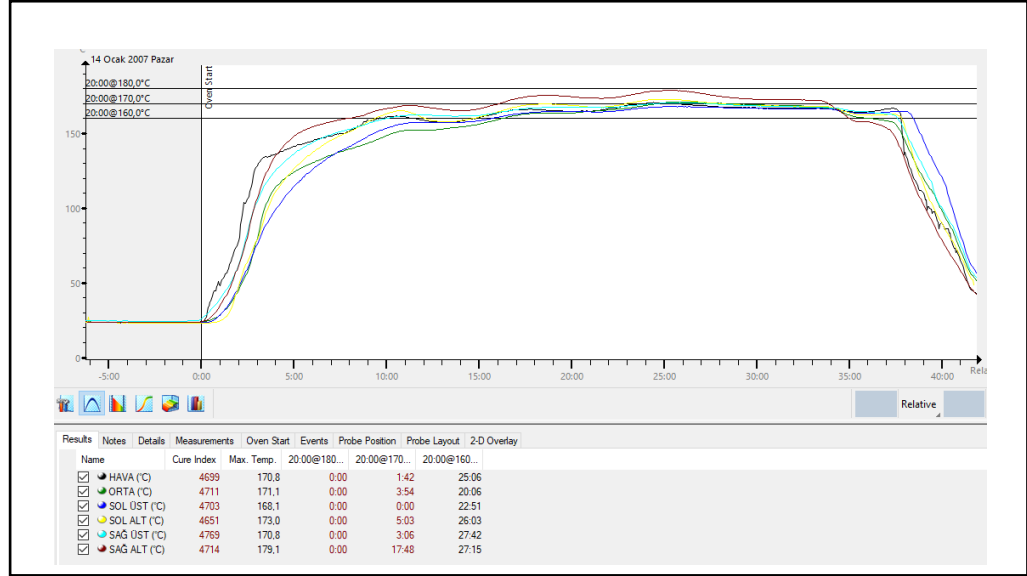
Ürünler kataforez kaplanıp durulandıktan sonra pişirilmesi için fırına gönderilir. Yüksek performans elde etmek için, ürünler piştiğinde termoset reçineler çapraz bağlanır. Çapraz bağlanma meydana geldiğinde, küçük moleküller kimyasal olarak birleşerek, sert ve çözücü saldırısına karşı dirençli tek bir düzgün yüzey oluşturulmaktadır. Gereken sıcaklık ve zaman, kullanılan elektro kaplama ürününe bağlıdır.

Şekil 4.1’ de görüldüğü üzere kürlenme süresi 175 °C’de 15 dakika veya 160 °C’de 20 dakika olarak ele alınabilir. Bu set değerini tutturabilmek için fırın 180 °C’ ye setlenir ve parçaların kürlenme için gereken zaman 30 dakikadır. Fırınlanma işlemi çok önemlidir. Ürünlerin pişmemesi durumunda boya kalkma, soyulma problemleri olur. Fırınlanan malzemelerin pişip pişmediğini anlamak için termograf cihazı kullanılarak metal sıcaklığı ölçülür. Şekil 4.1’ de görüldüğü üzere metal sıcaklığına ait kürlenme penceresinde optimum kürlenme aralığı görülmektedir. Bu aralıkta boyanın kürlenmesi sağlanmalıdır.



Şekil 4.1: Kürlenme penceresi (metal sıcaklığı).

Kaplamanın kürlenmesi için yeterli süre boyunca doğru metal sıcaklıklarına ulaşıldığından emin olmak için termograf cihazı kullanılmalıdır. Termograf cihazı ve problemler kaplanacak metal üzerine takılarak ölçüm yapılır.  l  m sonucu Şekil 4.2’ de görüldüğü üzere grafiklendirilerek tüm metal problemlerinin istenilen kürlenme sıcaklığında ve zamanında olup olmadığı gözlenir ve problem olması dahilinde fırın sıcaklığı yükseltilir.



Şekil 4.2: Kataforez fırını termograf  l  m .

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve SONUÇLAR

Deneyisel çalışmalar, kataforez kaplama prosesi sonrası fırınlanan parçaların yüzeyinde gözlenen ultrafiltrasyon akıntılarının incelenmesine yöneliktir.

5.1. Kataforez Kaplama Hattında Yapılan Analizler

Kataforez kaplama boyunca tüm havuzlar için yapılan birçok analiz mevcuttur. Bu analizlerin ölçümleri laboratuvarında yapılarak, analiz sonuçlarına göre banyolara belirlenen miktarda kimyasal girişi yapılır ve böylece banyoların yenilenmesi sağlanır.

Kataforez hattı boyunca yağ alma banyoları, durulamalar, aktivasyon, çinko fosfat ve kataforez banyosunda ölçülen parametreler, nasıl ölçüldükleri, hangi parametreler arasında olması gerektiği izleyen başlıklarda ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

5.1.1. Spreyle Yağ Alma Banyosunda Yapılan Analizler

Yağ alma banyosunun hacmi 12 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 3 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardobond Add. H 7438, Gardoclean S 5176 ve GB Add H 7143' tür.

Banyo kuruluşu için, çalışma hacmine kadar su konulup 45 °C'ye ısıtılır. Üretime başlamadan önce 150 kg Gardoclean S 5176, 50 kg Gardobond Add H 7438 ılık su içerisinde karıştırma devam ederken eklenir. İlk kurulumda pH'ı 10,0-11,5 olacak şekilde ayarlamak için GB Add H 7143 kullanılmalıdır.

Banyo değiştirme periyodu iki haftada bir kez olup, toplam yağ miktarına göre banyo değiştirilir. Yağ miktarına bakıldıktan sonra iki haftada bir kez değişime karar verilmiştir. Tedarikçi firma tarafından ayda bir kez numune alınıp serbest alkalite, toplam alkalite ve pH değerlerine bakılır.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, Ph, toplam alkalite tayini ve serbest alkalite tayinidir. Çalışma sıcaklığı 55 °C-65 °C arasında olmalıdır. pH 10,0-12,5 arasında olmalıdır. Kalibrasyonu yapılmış pH metre cihazı ile pH kontrolü yapılır. Toplam alkalite tayini için erlene çalışma çözeltisinden 10 ml numune alınır. 50 ml destile su ile seyreltilir. pH metre ile ph 3,8' e kadar veya

bromokresol gr n indikatörü ile renk maviden sarıya kadar test  z ltisi 0,1 N sülfürik asit ile titre edilir. Harcanan sülfürik asit  z ltisi gerekli toplam alkali noktasını gösterir. Toplam alkalite değeri 5,0-11,2 ml arasında olmalıdır. Serbest alkalite tayini için, erlene çalışma  z ltisinden 10 ml numune alınır. 50 ml destile su ile seyreltilir. Fenolftalein indikatörü ile renk değişinceye kadar 0,1 N sülfürik asit ile titre edilir. Harcana sülfürik asit  z ltisi serbest alkalite noktasını gösterir. Serbest alkalite değeri 3,5-8,0 ml arasında olmalıdır.

Spesifikasyonların altındaki her eksik 1 toplam alkalite noktası için banyoya 25 kg Gardoclean S 5176 ve 2,5 kg Gardobond Add H 7438 ilave edilir.

5.1.2. Daldırma ile Yağ Alma Banyosunda Yapılan Analizler

Yağ alma banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 3 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardobond Add. H 7438, Gardoclean S 5176 ve GB Add H 7143' tür.

Banyo kuruluşu için, çalışma hacmine kadar su konulup 45  C'ye kadar ısıtılır.  retime başlamadan önce 2000 kg Gardoclean S 5176, 200 kg Gardobond Add H 7438 ılık su içerisinde karıştırma devam ederken eklenir. İlk kurulumda pH'ı 10,0-11,5 olacak şekilde ayarlamak için GB Add H 7143 kullanılmalıdır.

Banyo değiştirme periyodu yılda bir kez olup, toplam yağ miktarına göre banyo değiştirilir. Yağ miktarına bakıldıktan sonra yılda bir kez değişime karar verilmiştir. Tedarikçi firma tarafından ayda bir kez numune alınıp serbest alkalite, toplam alkalite ve pH değerlerine bakılır.

Banyo değiştirme periyodu yılda bir kez olup, toplam yağ miktarına göre banyo değiştirilir. Yağ miktarına bakıldıktan sonra yılda bir kez değişime karar verilmiştir. Tedarikçi firma tarafından ayda bir kez numune alınıp serbest alkalite, toplam alkalite ve pH değerlerine bakılır.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, Ph, toplam alkalite tayini ve serbest alkalite tayinidir. Çalışma sıcaklığı 55  C-65  C arasında olmalıdır. pH 10,0-11,5 arasında olmalıdır. Kalibrasyonu yapılmış pH metre cihazı ile pH kontrolü yapılır. Toplam alkalite tayini için, erlene çalışma  z ltisinden 10 ml numune alınır. 50 ml destile su ile seyreltilir. pH metre ile pH 3,8' e kadar veya bromokresol gr n indikatörü ile renk maviden sarıya kadar test  z ltisi 0,1 N sülfürik

asit ile titre edilir. Harcanan sülfürik asit çözeltisi gerekli toplam alkali noktasını gösterir. Toplam alkalite değeri 22,0-33,6 ml arasında olmalıdır. Serbest alkalite tayini için, erlene çalışma çözeltisinden 10 ml numune alınır. 50 ml destile su ile seyreltilir. Fenolftalein indikatörü ile renk değişinceye kadar 0,1 N sülfürik asit ile titre edilir. Harcanan sülfürik asit çözeltisi serbest alkalite noktasını gösterir. Serbest alkalite değeri 17,0-24,5 ml arasında olmalıdır.

Spesifikasyonların altındaki her eksik 1 toplam alkalite noktası için banyoya 80 kg Gardoclean S 5176 ve 10 kg Gardobond Add H 7438 ilave edilir.

5.1.3. Durulama Banyosunda Yapılan Analizler

Durulama banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 1 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardobond Add. H 7210 ve Gardobond Add H 7001' dir.

Banyo kuruluşu için çalışma hacmine kadar su ile doldurulur. Banyo değiştirme periyodu iletkenlik limitine göre değişmektedir. Banyodan iyon değiştiricilere giden su banyoya tekrar beslenir. Bu nedenle havuzun iletkenliği düşük olup, banyo sürekli temizlenmektedir.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, Ph ve iletkenlik kontrolüdür. Çalışma sıcaklığı, Ortam sıcaklığı olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile ölçülür. Yağ alma sonrası ilk durulamada iletkenlik maksimum 2000 µS/cm iken diğer durulama havuzunun iletkenlik değeri maksimum 500 µS/cm' dir. Her iki durulama banyosunda pH 7,0-10,0 arasında olmalıdır. Kalibrasyonu yapılmış pH metre cihazı ile pH kontrolü yapılır.

pH 7,0 altında ise Gardobond Add H 7210 ilave edilerek pH istenen aralığa çekilebilir. pH 11,0 üstünde ise banyoya taze su ilave ederek pH istenen aralığa çekilebilir.

5.1.4. Aktivasyon Banyosunda Yapılan Analizler

Aktivasyon banyosunun hacmi 10 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 1,5 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardolene V 6559 ve Gardobond Add H 7555' dir.

Banyo kuruluğu için tanka deiyonize su ile doldurulur. Banyo sirküle ederken pH düzenlemesi için 30 kg Gardobond H 7555 banyoya ilave edilir. Sonrasında 3,5 kg Gardolene V 6559 ilave edilir.

Banyo değiştirme periyodu 4 ayda bir değişmektedir. Bu periyodun belirlenmesinde SEM fotoğrafı ve kaplama ağırlığı etkin olmuştur.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, Ph ve iletkenlik kontrolüdür. Çalışma sıcaklığı, Ortam sıcaklığı olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile ölçülür. İletkenlik değeri 1000-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır. Her iki durulama banyosunda pH 8,5-10,5 arasında olmalıdır. Kalibrasyonu yapılmış pH metre cihazı ile pH kontrolü yapılır.

Vardiya başına 0,35 kg/vardiya Gardolene V 6559 ilave edilir.

5.1.5. Fosfat Banyosunda Yapılan Analizler

Fosfat banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 2 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardobond 24 TA, Gardobond 24 TE, Gardobond Additive H 7257, Gardobond Additive H 7210, Gardobond Additive H 7001, Gardobond Add H 7143, Gardobond Add H 7102, Gardobond Add H 7116, Gardobond Add H 7116, Gardobond Add H 7107, Deiyonize su (maksimum 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$)’ dur.

Banyo değiştirme periyodu yoktur. Havuz boşaltılmaz ve analizlerin sonuçlarına göre sürekli kimyasal ilavesi yapılır. Yılda bir kez fosfat havuzu temizlenir. Temizleme durumunda da depolama tankına alınır.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, serbest asit tayini, toplam asit tayini, çinko konsantrasyonu, gaz noktası, silikoflorür (SiF_6), amur miktarı ve kaplama ağırlığıdır. Çalışma sıcaklığı, 55 °C-65 °C arasında olmalıdır. Serbest asit tayini için, erlene fosfat çözeltisinden 10 ml numune alınır. 50 ml 3,5 M Potasyum Klorit özeltisi ile seyreltilir. pH 4’ e kadar veya 1 damla dimetil gelb indikatörü ile renk sarıya kadar olana dek 0,1 N Sodyum hidroksit ile titre edilir. Harcanan ml cinsinden serbest asit noktasını gösterir (KCl). Serbest asit değeri 1,2-1,8 ml arasında olmalıdır. Toplam asit tayini için, serbest asitteki numune aynen alınır. pH 8’ kadar veya 2-3 damla fenolftalein indikatörü ile renk kırmızıya kadar 0,1 N Sodyum hidroksit ile titre edilir. Harcanan ml cinsinden toplam asit noktasını gösterir. Toplam

asit değeri 19-27 ml arasında olmalıdır. Çinko konsantrasyonu için, pipetle 2 ml fosfat banyosu numunesi erlene alınır. 50 ml destile su ile seyreltilir. 20 ml 0,01 M Titriplex III ilave edilir. 20 ml tampon ph 10 ilave edilir. Spatula ucu ile az miktar Erio-chrome Black T ilave edilir. 0,01 M magnezyum sülfat çözeltisi ile numunenin rengi mavi menekşe moruna kadar titre edilir. 10 damla dimercaptoprapanol ilave edilerek renk siyahtan maviye dönünceye kadar titre edilir. Büret tekrardan doldurulduktan sonra 0,01 M magnezyum sülfat çözeltisi ile 2. kez renk maviden menekşe moruna kadar titre edilir. Fosfat banyosundaki çinko içeriğinin tayini, $g/l Zn = 0,327 \times 2$. titrasyonda tüketilen ml cinsinden Magnezyum sülfat çözeltisi miktarıdır. Çinko değeri 1,0-1,6 arasında olmalıdır. Gaz noktası için, sakkarometreye fosfat banyosundan hava kabarcığı olmaksızın 50 ml numune alınır. Spatula ucu ile 2 gram amidosülfonik asit numuneye eklenir. Hemen hızlı bir şekilde sakkarometrenin ucu başparmakla kapatılır ve toz çözeltisi en üste ulaşana dek 180° baş aşağıya çevrilir. Daha sonra sakkorementre tekrar eski pozisyonuna getirilir ve 2 dakika bu şekilde beklenir. Okunan ml gaz noktasını gösterir. Gaz noktası değeri 1,7-4 ml olmalıdır. Silikoflorür (SiF_6) tayini için, pipetle erlene fosfat çözeltisinden 10 ml numune alınır. 150 ml DI su ile seyreltilir. pH 4,7' ye kadar 0,1 N Sodyum hidroksit ile titre edilir. Harcanan ml olarak sodyumhidroksit serbest asit (Fa) noktasını gösterir (sulu). Fosfat banyosunun SiF_6 içeriği, $[(SA (sulu) - SA (KCL))] \times 0,36 = SiF_6 (g/l)$ formülü ile hesaplanır. SiF_6 değeri 1,4-2,0 arasında olmalıdır. Çamur miktarı tayini için, fosfat banyosundan numune Imhoff Kon' a tamamen doldurulur. 30 dakika çamurun çökmesi beklenir ve skaladan ml olarak çamur hacmi belirlenir. Eğer çamur hacmi $> 5 ml/l$ ise banyoya 5 lt (GBA H 7104) ilave edilir. Çamur miktarı maksimum 5 ml olmalıdır. Kaplama ağırlığı tayini için, yüzey alanı bilinen fosfat kaplı ve tamamen kurtulmuş plaka, hassas terazi yardımıyla tartılır. Ölçülen değer M1 olarak kaydedilir. Plaka önceden hazırlanmış olan $100^\circ C$ ' deki %5' lik kromik asit çözeltisinde 5 dakika bekletilir. Kromik asit çözeltisinden çıkartılan plakanın yüzeyi su ile tamamen temizlenir ve plaka tamamen kuruyuncaya kadar etüvde bırakılır. Plaka tamamen kuruduktan sonra hassas terazide ikinci defa tartılır. Ölçülen değer M2 olarak kaydedilir. M1-M2 farkının toplam yüzey alanına bölünmesiyle g/m^2 birimiyle kaplama ağırlığı bulunur. Kaplama ağırlığı 1,5-2,5 g/m^2 arasında olmalıdır.

Toplam asit noktası Gardobond 24 TE ilavesi ile sabit tutulmaya çalışılır. Standartların altındaki her 1 eksik toplam asit noktası için sirkülasyon devam ederken

banyoya 74 kg (51 l) Gardobond 24 TE ilave edilir. Gaz Noktası Gardobond Additive H 7001 ilavesi ile sabit tutulmaya çalışılır. Standartların altındaki her 1 eksik Gaz Noktası için sirkülasyon devam ederken banyoya 5 kg Gardobond Additive H 7001 ilave edilir. Çinko konsantrasyonu Gardobond Additive H 7107 ilavesi ile de sabit tutulabilir. Standartların altındaki her 0,1 g/l eksik çinko içeriği için sirkülasyon devam ederken banyoya 35 kg Gardobond Additive H 7107 ilave edilir. Silikoflorür Gardobond Additive H 7257 ilavesi ile sabit tutulmaya çalışılır. Standartların altındaki her 0,1 g/l eksik Silikoflorür için sirkülasyon devam ederken banyoya 18 kg Gardobond Additive H 7257 ilave edilir. Serbest asiti 0,1 nokta düşürmek için banyoya 18 kg Gardobond Add H 7210 eklenir. Çözelti banyoda sirkülasyonun iyi olduğu bölgeden yavaş yavaş ilave edilmelidir.

5.1.6. Fosfat Banyosundan Sonraki Durulamalarda Yapılan Analizler

Durulama banyosunun hacmi 45 m^3 tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 1 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardobond Add. H 7210' dur.

Banyo kuruluğu için, banyo çalışma hacmine kadar su ile doldurulur. Banyo değiştirme periyodu iletkenlik limitine göre değişmektedir.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, iletkenlik, pH kontrolüdür. Çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile ölçülür. Fosfat ilk durulamada iletkenlik maksimum $2000\text{ }\mu\text{S/cm}$ iken diğer durulama havuzunun iletkenlik değeri maksimum $600\text{ }\mu\text{S/cm}$ ' dir. Fosfat sonrası ilk durulama banyosunda pH 4,5-7,0 arasında olmalıdır. Kalibrasyonu yapılmış pH metre cihazı ile pH kontrolü yapılır.

pH 4,5 altında ise Gardobond Add H 7210 ilave edilerek pH istenen aralığa çekilebilir. pH 11,0 üstünde ise banyoya taze su ilave ederek pH istenen aralığa çekilebilir.

5.1.7. Pasivasyon Banyosunda Yapılan Analizler

Pasivasyon banyosunun hacmi 45 m^3 tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma

zamanı 40 saniyedir. Banyoda kullanılan kimyasallar ise; Gardolene 6800/6, Gardobond Add H 7204' tür.

Banyo değiştirme periyodu yılda bir kezdir.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, iletkenlik, ph kontrolü ve toplam asit tayinidir. Çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile ölçülür. İletkenlik değeri mak. 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olmalıdır. Kalibrasyonu yapılmış pH metre cihazı ile pH kontrolü yapılır. pH değeri 4,4-4,8 arasında olmalıdır. Toplam asit tayini için, erlene pasivasyon çözeltisinden 100 ml numune alınır. pH 8' e kadar 0,1 N Sodyum hidroksit ile titre edilir. Harcanan ml toplam asit noktasını gösterir. Toplam asit değeri 4-7 arasında olmalıdır.

5.1.8. Kataforez Öncesi Son Durulama Banyosunda Yapılan Analizler

Durulama banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 1 dakikadır. Banyoda herhangi bir kimyasal kullanılmamaktadır.

Banyo kuruluşu için, banyo çalışma hacmine kadar demineralize su ile doldurulur. Demineralize su 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' i geçmemelidir.

Banyo değiştirme periyodu iletkenlik limitine göre değişmektedir. Banyodan iyon değiştiricilere giden su banyoya tekrar beslenir. Bu nedenle havuzun iletkenliği düşük olup, banyo sürekli temizlenmektedir.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı ve iletkenlik kontrolüdür. Çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile ölçülür. İletkenlik değeri maksimum 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' dir.

5.1.9. Kataforez Banyosunda Yapılan Analizler

Kataforez banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma Zamanı 3 dakikadır. Banyoda kullanılan kimyasallar; reçine, pasta, bütülglikol, hegzilglikol, asetik asit ve bakteri öldürücü kimyasal (bakteri durumuna göre)' dir.

Banyo kuruluşu için; kataforez havuzu ¼ oranında saf su ile doldurulur. Saf su üzerine yaklaşık 20 ton reçine havuza ilave edilir. Reçine dolumu bittikten sonra pasta dolumuna başlanılır. 2250 kg pasta, su ile karıştırılarak havuza ilave edilir. Pasta

ilavesi bittikten sonra solvent ilave edilir. Tüm ilavelerden sonra havuzun seviyesinin tamamlanması için demineralize su ile havuz doldurulur.

Banyo değiştirme periyodu yoktur. Havuz boşaltılmaz ve analizlerin sonuçlarına göre sürekli kimyasal ilavesi yapılır. Yılda bir kez kataforez havuzu boşaltılır ve havuzun içerisi temizlenir. Temizleme durumunda, kataforez havuzu depolama tankına alınır.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; katı madde tayini (%), kül madde tayini (%), P/B oranı, çalışma sıcaklığı, ph ve iletkenlik kontrolüdür. Katı madde tayini için, sabit tartıma getirilmiş çapı 50 mm, kenar yüksekliği 5 mm olan alüminyum folyo kabın darası alınır (A). Darası alınan folyo kabın üzerine 2 gr numune konur, tekrar tartılarak dolu ağırlığı kaydedilir (B). Numune 110 °C sıcaklıktaki etüvde 60 dakika bekletilir. 20-25 °C'ye kadar desikatörde soğutulur. Desikatörden çıkarılan numune tartılır (C). Aşağıdaki formül ile % katı madde miktarı belirlenir.

$$\% \text{ Katı Madde Miktarı} = \frac{C-A}{B-A} \times 100 \quad (5.1)$$

Katı madde değeri (%) 13-16 arasında olmalıdır. Katı değerini %1 arttırmak için 1260 kg reçine 158 kg pasta ilave edilir. Kül miktarı tayini için, sabit tartıma getirilmiş boş porselen krozenin darası alınır (A). Darası alınan porselen krozenin üzerine 2 gr numune konur. Tekrar tartılarak dolu ağırlık kaydedilir (B). Numune önce 110 °C'de 60 dakika etüvde bekletilerek kuruması sağlanır. Daha sonra sırasıyla 250 °C de 30 dakika, 450 °C de 30 dakika, 750 °C de 20 dakika kül fırınında numunenin yanması sağlanır. 20-25 °C'ye kadar desikatörde soğutulur. Desikatörden çıkarılan numune tartılır (C). Aşağıdaki formül ile % kül madde miktarı belirlenir. Kül değeri (%) 1,2-2,0 arasında olmalıdır.

$$\% \text{ Kül Madde Miktarı} = \frac{C-A}{B-A} \times 1,24 \times 100 \quad (5.2)$$

P/B oranı için, numunenin katı ve kül oranları bulunur ve aşağıdaki formüle göre P/B oranı belirlenir.

$$\% P/B = \frac{K\ddot{u}l}{Katı-K\ddot{u}l} \times 100 \quad (5.3)$$

P/B oranı (%) 0,1-0,13 arasında olmalıdır. P/B oranını % 0,01 arttırmak için 213 kg pasta ilave edilirken, P/B oranını % 0,01 oranında düşürmek için 1845 kg reçine ilave edilir. pH kontrolü için, pH metre, ilk önce pH 4 ve pH 7 sıvılarıyla kalibre edilir. Ardından numuneye daldırılarak pH ölçülür. Kataforez banyosunun pH'ı 5,2 ile 5,6 arasında olmalıdır. İletkenlik kontrolü için, kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile numunenin iletkenliği ölçülür. Kataforez banyosunun iletkenliği 900-1500 µS/cm' dir. Sıcaklık 32-34 °C arasında olmalıdır. Banyonun istenilen sıcaklık değerinde tutulabilmesi için soğutucuya ihtiyaç vardır.

5.1.10. Ultrafiltrasyon Banyosunda Yapılan Analizler

Ultrafiltrasyon banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 45 saniyedir. Banyoda kullanılan kimyasallar; bütülglikol, hegzilglikol ve bakteri öldürücü kimyasal (bakteri durumuna göre)' dir.

Banyo kuruluşu için, banyo çalışma hacmine kadar demineralize su ile doldurulur.

Banyo değiştirme periyodu iletkenlik limitine göre değişmekte olup havuzdan UF atılıp taze su beslemesi yapılarak iletkenlik kontrol altına alınır.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; katı madde tayini (%), ph ve iletkenlik kontrolüdür. Katı madde tayini için, sabit tartıma getirilmiş çapı 50 mm, kenar yüksekliği 5 mm olan alüminyum folyo kabın darası alınır (A). Darası alınan folyo kabın üzerine 2 gr numune konur, tekrar tartılarak dolu ağırlığı kaydedilir (B). Numune 110 °C sıcaklıktaki etüvde 60 dakika bekletilir. 20-25 °C'ye kadar desikatörde soğutulur. Desikatörden çıkarılan numune tartılır (C). Aşağıdaki formül ile % katı madde miktarı belirlenir. Katı madde değeri (%) 0,2-0,4 arasında olmalıdır. Ph kontrolü için, ph metre ilk önce pH 4 ve pH 7 sıvılarıyla kalibre edilir. Ardından numuneye daldırılarak pH ölçülür. UF banyosunun pH'ı 5,0 ile 5,5 arasında olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile numunenin iletkenliği ölçülür. UF banyosunun iletkenliği 500-1500 µS/cm' dir.

5.1.11. Demineralize Su Banyosunda Yapılan Analizler

Demineralize banyosunun hacmi 45 m³ tür. Parçaların banyonun içerisinde kalma zamanı 45 saniyedir. Banyoda herhangi bir kimyasal kullanılmamaktadır.

Banyo kuruluşu için, banyo çalışma hacmine kadar demineralize su ile doldurulur.

Banyo değiştirme periyodu iletkenlik limitine göre değişmekte olup, havuzdan su boşaltılıp taze su beslemesi yapılarak iletkenlik kontrol altına alınır.

Analiz metodu için bakılan en önemli parametreler; katı madde tayini (%) ve iletkenlik kontrolüdür. Katı madde tayini için, sabit tartıma getirilmiş çapı 50 mm, kenar yüksekliği 5 mm olan alüminyum folyo kabın darası alınır (A). Darası alınan folyo kabın üzerine 2 gr numune konur, tekrar tartılarak dolu ağırlığı kaydedilir (B). Numune 110 °C sıcaklıktaki etüvde 60 dakika bekletilir. 20-25 °C'ye kadar desikatörde soğutulur. Desikatörden çıkarılan numune tartılır (C). Aşağıdaki formül ile % katı madde miktarı belirlenir. Katı madde değeri (%) maksimum 0,3 olmalıdır. Kalibre edilmiş iletkenlik ölçer ile numunenin iletkenliği ölçülür. Banyonun iletkenliği maksimum 50 µS/cm olmalıdır.

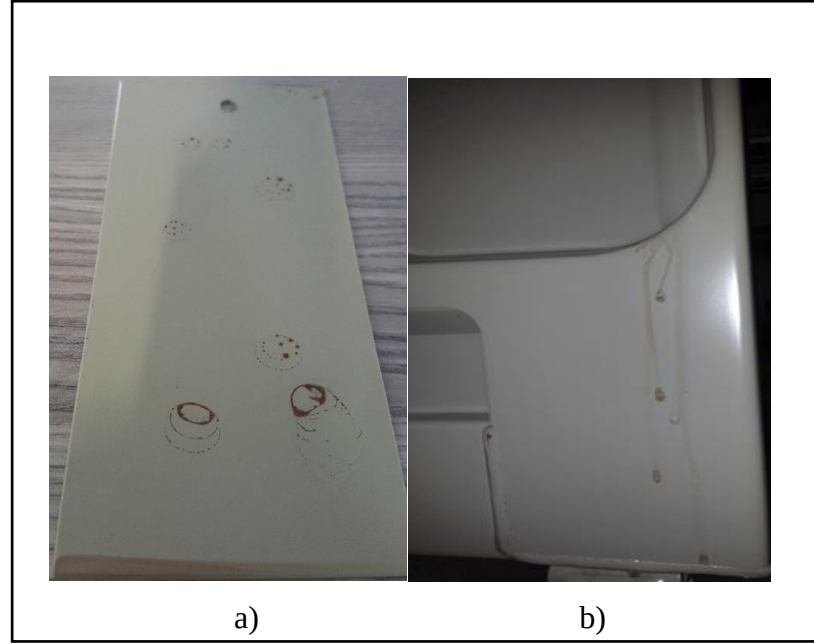
5.2.Ultrafiltrasyon Akıntılarının İncelenmesi

Kataforez kaplanan ürünlerin özellikle yatay yüzeylerinde ultrafiltrasyon akıntısı dediğimiz sarı lekeler oluşmakta olup, bu lekeler parça yüzeylerinde görüntü bozukluğuna neden olmaktadır. Bu problem araştırılarak, hatalı plaka ve kataforez banyosundan numune alınarak değerler incelenmiş olup, aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 5.1: Hatalı yüzey görüntüsü.

Şekil 5.1’ te gözlenen parça asılarak kataforez hattından geçirilmiştir. Parçanın yatay yüzeylerinde sarı leke gözlenmiştir. Şekil 5.2.a ve 5.2.b’ de görüldüğü üzere, özellikle beyaz ve gri kataforezle kaplanan parçalarda lekeler sarı şeklinde daha net gözlenmekte iken, Şekil 5.1’ de siyah kataforezle kaplanan parçalarda lekeler siyah kataforezden dolayı sarı gözlenmemektedir.



Şekil 5.2: a) Beyaz kataforez parçalarda sarı lekelerin görüntüsü, b) Gri kataforez parçalarda sarı lekelerin görüntüsü.

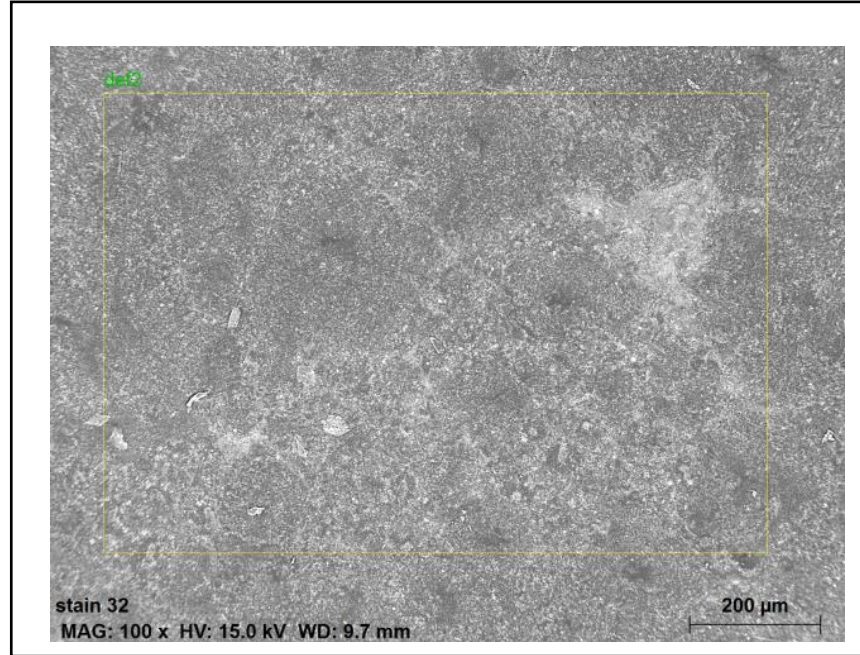
Kaplanan parçalardaki sarı leke hatasının nedenlerini belirlemek üzere kataforez banyosundan örnekler alınmıştır. Kataforez banyosundan alınan banyo numunesinin kimyasal analizi yapılarak problemin nereden kaynaklandığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Kimyasal analizlerde pH, katı, kül, iletkenlik, butilglükol ve hegzilglükol oranlarına bakılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5.1’ de verilmiştir.

Sarı leke probleminin hangi havuzdan kaynaklandığını bulmak üzere bazı denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde fosfat kaplı plaka kullanılmış olup, fosfattan sonraki havuza plakanın sokularak durulatmadan doğrudan kataforez hattına alınmıştır. Fırınlanan plaka yüzeyine bakıldığında sarı lekeler görülmüştür. Bu deneme fosfat sonrası tüm havuzlarda ayrı ayrı uygulanmış olup, plaka yüzey görüntüsünün hangi havuzdan kaynaklandığına dair denemeler yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda problemin en çok fosfattan sonraki durulama ve pasivasyon havuzundan kaynaklandığı gözlenmiştir.

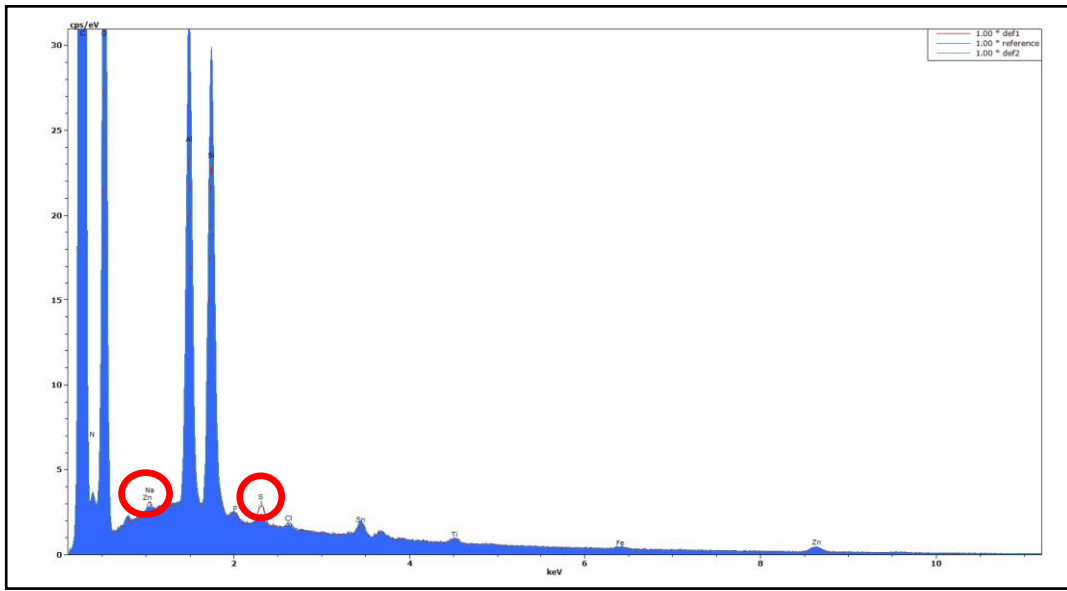
Şekil 5.3’ de görüldüğü üzere kataforez hattından geçirilen plaka yüzeyinde sarı leke olduğu tespit edilmiştir. Bu test plakasında hangi iyonların bulunduğu ile ilgili analiz yapılmak üzere plaka Şekil 5.4’ de görüldüğü taramalı elektron mikroskobunda enerji X ışını dispersif spektroskopisi ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda problem gözüken alanda çinko (Zn), sodyum (Na) ve sülfür (S) iyonları Şekil 5.5’ de grafikte gösterilmiştir. Bu test sonucu da gösteriyor ki fosfatın, fosfattan sonraki havuzlara ve kataforez hattına taşındığıdır.



Şekil 5.3: Ultrafiltrasyon akıntı (sarı leke) gözlenen plaka görüntüsü.



Şekil 5.4: Hata gözlenen yüzeyin mikroskobik görüntüsü.



Şekil 5.5: Hatalı yüzeyde bulunan iyonlar.

Kataforez hattına giren parçalar griftli yapı içerdiğinden dolayı, fosfat kimyasalı bu griftli parça içlerinde kalarak kataforez hattına kadar taşınmıştır. Kataforez hattında filtreleme sistemi mevcut olup, filtrelerde mevcut kirliliklerin tutulması sağlanır. Tablo 5.1’ de görüldüğü üzere, kataforez havuzuna ait parametrelerin analiz sonuçları gözlenmiş olup, Tablo 5.2’ de filtre içerisindeki kalıntılardaki iyon oranları gözlemlenerek, kalıntının banyoya oranı 2’ den büyük olduğu için kataforez havuzuna fosfat taşınmaları olduğu gözlenmiştir.

Tablo 5.1: Kataforez banyo numuneleri analiz değerleri.

Parametreler	Ürün Spesifikasyonu	10.01.2018	7.02.2018	19.03.2018
Katı (%)	13 – 16	10,19	9,09	6,51
P/B	0,1 – 0,13	0,134	0,115	0,108
pH (25°C)	5,2 – 5,6	5,41	5,41	5,49
İletkenlik (µS/cm)	900 – 1500	949	909	759
Asit Meq	25 – 40	28	29	32
Bütülglikol (%)	0,5 – 1,4	0,83	0,95	0,95
Hegzilglikol (%)	0,2 – 0,8	0,37	0,4	0,33
Bakteri (CFU/ml)	Mak. 100	95,2	69,7	68,9

Tablo 5.2: Filtre kalıntısı içindeki iyon oranları.

%100 Katı	Kataforez kalıntı	UF kalıntı	Oran Sonuçları Kalıntı / Banyo	
			Kataforez	UF
PO ₄	1476,3	1035,1	3,1	2,2
Fe	1691,5	1982,6	4,6	5,4
Na	130	172,3	0,6	0,8
K	305,6	366,8	6,3	7,6
Zn	802,9	378	16	7,5
Zr	15,1	17,3	3,4	3,9
Ca	58,6	42,5	1,6	1,2
Mg	61,1	72,7	0,5	0,6
Ni	38,7	28,4	10,5	7,7
Mn	36,4	22	15,8	9,5
Cu	10,8	12,4	1,1	1,3

Parça yüzeyinde gözlenen problemin hangi iyonlara ait olduğunu anlamak için yapılan bir diğer test ise, kataforez fırınına girmeden önce parçaların yatay yüzeylerindeki damlacıkların toplanılarak iyon analizi yapılmasıdır. Ayrıca, fosfat sonraki durulama havuzunda da iyon analizi yapılarak Tablo 5.3’ de görüldüğü üzere, fosfattan kaynaklı iyonların yüksek değerlerde olduğu görüldü.

Tablo 5.3: Parça yüzeyinden alınmış olan ve fosfat durulama havuzu içindeki iyon değerleri.

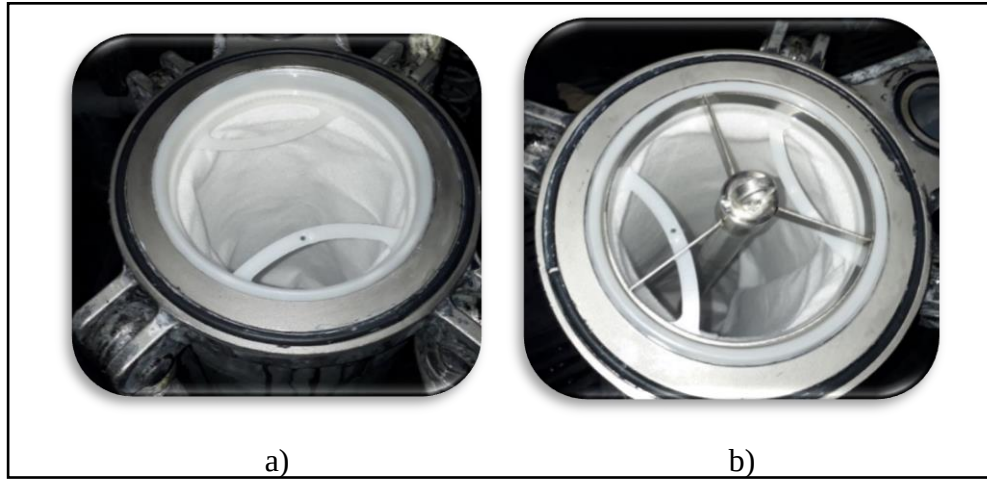
İYON ANALİZLERİ (PPM) mg/lt		ZN	ZR	NI	NA	MG	CL	CA
31.05.2018	Parça yüzeyi	16,18	0,321	1,35	6,44	3,38	5,75	0,513
27.07.2018		14,4	0,32	1,3	1,43	1,4	2,8	1,7
27.07.2018	Fosfat sonrası durulama havuzu	35,5	0,31	11	75,2	3,7	9,7	16,2

Fosfattan kaynaklı iyonları engellemek için durulama banyolarına Şekil 5.6’ da görüldüğü üzere mıknatıslar konulmuştur. Ayrıca kataforez hattında bulunan filtreler içerisine Şekil 5.7.b’ de görüldüğü üzere manyetik toplayıcılar konularak, kataforez

havuzundan sonra meydana gelen UF akıntılarının azaltılması için iyileştirmeler yapılmıştır.



Şekil 5.6: Demir vb. iyonların toplandığı mıknatıs görünümü.



Şekil 5.7: a) Manyetik toplayıcı bulunmayan torba filtrenin içi, b) Manyetik toplayıcı bulunan torba filtrenin içi.

Kataforez hattına giren parçalar griftli yapı içerdiğinden dolayı, fosfat kimyasalı bu griftli parça içlerinde kalarak kataforez hattına kadar taşınmıştır. Bunu önlemek için parçaları taşıyan baraların havuzlardan çıkarken Şekil 5.8’ de görüldüğü üzere eğimli şekilde çıkartılması sağlanarak, grift içerisindeki kimyasalın boşaltılması sağlanmıştır.



Şekil 5.8: Parçaları taşıyan baraların eğimli görüntüsü.

Ayrıca, fosfat sonrası durulama havuzlarında parçalardaki taşınmayı engellenmek için bekleme süreleri uzatılmıştır. Bunun dışında, fosfatlama banyosu sonrası durulama havuzunun iletkenliği düşürüldüğünde parçaların yatay yüzeylerinde görülen problem yarı yarıya azalmıştır. Tablo 5.5’ de görüleceği üzere, 2017 yılı Ağustos ayında gri kataforezden siyah kataforeze geçilerek, kataforez banyosunda belirli zamanlarda metalik safsızlık birikimine bakılmıştır. İlk parametre sonuçlarının görülmesi için 19.10.2017 tarihinde parametrelere bakılmış olup üç ay sonra 10.01.2018 tarihinde fosfat değerlerinde artış gözlenmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda 23.7.2018 tarihinde bakılan analiz değerlerinde azalma gözlenmiş olup, parçaların yatay yüzeylerindeki lekeler de görsel olarak azalmıştır.

Tablo 5.4: Kataforez havuzu içindeki metalik safsızlık birikimi.

Parametreler	Standart değer (ppm)	19.10.2017	10.01.2018	23.07.2018
Çözünür fosfat	Max.40	19,6	39,6	24,8
Toplam fosfat	Max.70	31,4	48,3	35,4
Çözünür demir	Max.30	0	0	0
Toplam demir	Max.150	54	52,3	46,9

KAYNAKLAR

Kuzucu İ., Demircan Memiş E., Kaçdemir M., Çavdar F.Y., Çavdar K., (2015), “Kataforez Sonrası Boyalı Yüzeyde Oluşan Damlacık İzlerinin Giderilmesine Yönelik Yeni Bir Süreç Geliştirme Çalışması”, OTOSEM XIII. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu ve Sergisi, 127-135.

Özçanak T., (2008), “Kataforez Kaplama Öncesinde Yüzey Hazırlama, Kurutma ve Kaplama Proseslerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Tekkalmaz N., (2010), “Kataforez Kaplamada Yatay Yüzeylerde Oluşan Görüntü Bozukluğu Nedenlerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Yanardağ T., (2011), “Çinko ve Çinko Alaşımların Korozyonunun İnorganik ve Organik Maddelerle Önlenmesi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

Selen Sayaroğlu 1988 yılında Kocaeli’de doğdu. 2007 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü 2012 yılında başarıyla tamamlamış olup, çift anadal programı ile 2008 yılında başlamış olduğu Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünü 2013 yılında başarıyla tamamlamıştır. 2015 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2013 yılından beridir Scattolini Otomotiv San. Tic. Ltd. Şti. fabrikasında boyahane sorumlusu olarak çalışmaktadır.