



**ALKALİ VE ALAŞIMLI ÇİNKO KAPLAMA
ÜZERİNE SOLVENT BAZLI LAMELLİ
KAPLAMA UYGULAMASI İLE OLUŞACAK
DUBLEKS KAPLAMANIN KOROZYON VE
ÖMÜR TESTİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet CAN

Eskişehir-2019

**ALKALİ VE ALAŞIMLI ÇİNKO KAPLAMA ÜZERİNE SOLVENT BAZLI
LAMELLİ KAPLAMA UYGULAMASI İLE OLUŞACAK DUBLEKS
KAPLAMANIN KOROZYON VE ÖMÜR TESTİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Ahmet CAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Levent AKYALÇIN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2019

Bu tez çalışması TÜBİTAK/TEYDEB tarafından kabul edilen 3170630 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ahmet CAN'ın "Alkali ve Alaşımli Çinko Kaplama Üzerine Solvent Bazlı Lamelli Kaplama Uygulaması ile Oluşacak Dupleks Kaplamanın Korozyon ve Ömür Testine Etkisinin İncelenmesi" başlıklı Kimya Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi 21.08.2019 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı-Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	:Dr. Öğr. Üyesi Levent AKYALÇIN	
Üye	:Doç. Dr. İlker KIPÇAK	
Üye	:Doç. Dr. Sema AKYALÇIN	

Prof. Dr. Murat TANIŞLI
Lisansüstü Eğitim Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ALKALİ VE ALAŞIMLI ÇİNKO KAPLAMA ÜZERİNE SOLVENT BAZLI LAMELLİ KAPLAMA UYGULAMASI İLE OLUŞACAK DUBLEKS KAPLAMANIN KOROZYON VE ÖMÜR TESTİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ahmet CAN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Levent AKYALÇIN

Metallerin korozyon direncinin artırılmasında kullanılan alkali çinko/alkali çinko demir/alkali çinko nikel kaplama prosesi ve çözücü bazlı lamelli kaplama prosesleri birbirinden bağımsız uygulanan proseslerdir. Bu çalışmada, iki farklı prosesin bir araya getirilmesiyle her bir prosteden elde edilen ürünlerden daha üstün kaplama özelliklerine sahip bir ürün üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen ürünün kaplama kalınlığı X-Ray cihazı ve elkometre ile ölçülmüştür. İki farklı kaplamanın birbirine yapışma mukavemeti kuru yapışma testi ve çekme yapışma testi ile belirlenmiştir. Geliştirilen proses sonucu elde edilen ürünler özellikle otomotiv endüstrisi tarafından belirlenen şartnamelerdeki su direnci testi, nem direnci testi, hidrolik fren sıvısı testi, benzin direnci testi, mazot direnci testi, transmisyon sıvısı testi, tuz sisi testi, çevrim testi ve sıcaklık dayanımı testlerine de tabi tutulmuştur. Tüm testlerde başarılı olan kaplama prosesi için patent alınmış ve sonrasında ürün ticarileştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alkali çinko kaplama, Alkali çinko demir kaplama, Alkali çinko nikel kaplama, Çinko lamelli kaplama, Son kat kaplama

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EXAMINING THE EFFECT OF DUPLEX COATING ON CORROSION AND LIFE TESTING WITH SOLVENT BASED LAMELLED COATING ON ALKALINE AND ALLOY ZINC COATING

Ahmet CAN

Department of Chemical Engineering

Programme in Chemical Technologies

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2019

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Levent AKYALÇIN

Solvent-based zinc flake coating processes and the alkaline zinc/ alkaline zinc-iron/ alkaline zinc-nickel coating processes are used independently on the metal surfaces to increase the corrosion resistance. In the study, it is achieved better coating properties and corrosion resistance by applying two different processes, rather than one process. Coating thicknesses were measured by X-Ray and Elcometer instruments. Dry adhesion and tensile tests were conducted to understand the adhesion of the coating process. The products of the new coating process were tested to water resistance, humidity, hydraulic brake fluid gasoline resistance, diesel resistance, transmission fluid, salt spray, cycle corrosion and temperature resistance tests which their specifications were chosen by the automotive industry. The patent was obtained for coating processes, which was showed the best performance in all tests and the product was commercialized.

Keywords: Alkali zinc coating, Alkali zinc iron coating, Alkali zinc nickel coating, Zinc flake coating, Top coating

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde yapıcı eleştiri ve yardımlarıyla yol gösteren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Levent AKYALÇIN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her türlü konuda bana destek olan tüm Bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen AİLEME en içten dileklerimle teşekkür ederim.



Ahmet CAN
Ağustos 2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
Ağustos 2019
Ahmet CAN

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES

I hereby truthfully declare that this thesis is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with “scientific plagiarism detection program” used by Eskişehir Technical University, and that “it does not have any plagiarism” whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.

.....
August 2019

Ahmet CAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ... ..	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektro Kaplamanın Temelleri... ..	2
1.2. Elektro Kaplamanın Mekanizması... ..	3
2. ÇİNKO KAPLAMA PROSESLERİ... ..	5
2.1. Siyanürlü Çinko Kaplama.....	5
2.2. Asit Klorür Kaplama... ..	7
2.3. Alkali Siyanürsüz Kaplama... ..	9
2.3.1. Alkali siyanürsüz çinko alaşım kaplama... ..	9
2.3.2. Alkali siyanürsüz çinko-demir kaplama... ..	9
2.3.3. Alkali siyanürsüz çinko-nikel kaplama... ..	11
3. ALKALİ ÇİNKO KAPLAMA PROSESİ VE BASAMAKLARI... ..	14
3.1. Alkali sıcak yağ alma... ..	14
3.2. Durulama... ..	16
3.3. Elektrikli yağ alma... ..	16
3.4. Asidik yağ alma... ..	17
3.5. Çinko kaplama... ..	17
3.5.1. Çinko alaşımlı kaplama	19
3.6. Nötrleme	20
3.7. Pasivasyon.....	20
3.8. Kurutma... ..	21

4. ÇİNKO LAMELLİ KAPLAMA PROSESİ VE BASAMAKLARI.....	22
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
5.1. Yöntem.....	25
5.2. Kaplama Kalitesi Ölçümünde Kullanılan Test Yöntemleri... ..	34
5.2.1. Kaplama kalınlığının ölçümü.....	34
5.2.2. Yapışma testi... ..	35
5.2.3. Kuru yapışma testi... ..	37
5.2.4. Su direnci test... ..	37
5.2.5. Nem direnci testi.....	37
5.2.6. Çekme yapışma testi... ..	37
5.2.7. Kimyasal direnç testleri.....	38
5.2.7.1. Hidrolik fren sıvısı direnci testi... ..	38
5.2.7.2. Benzin direnci testi.....	38
5.2.7.3. Dizel direnci testi.....	38
5.2.7.4. Transmisyon sıvısı direnci testi.....	39
5.2.8. Sıcaklık dayanımı testi.....	39
5.2.9. Tuz sisi testi.....	39
5.2.10. Çevrim testi.....	40
6. DENEYSEL SONUÇLAR.....	41
7. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	52
7.1. Sonuçlar... ..	52
7.2. Tartışma.....	54
7.3. Öneriler.....	54
KAYNAKÇA.....	55
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Step-edge (kenar) iyon transferi...	3
Şekil 1.2. Step-edge (kenar) transferi ve difüzyon	3
Şekil 1.3. Terrace iyon transferi...	4
Şekil 2.1. Fe-Zn faz diyagramı. ikili alaşım faz diyagramı	10
Şekil 2.2. Fe-Zn ikili faz diyagramının çinko zenginleştirme bölümü...	11
Şekil 2.3. Pasivasyonsuz, gazdan arındırılmış asitli Zn-Ni kaplama görüntüleri...	12
Şekil 2.4. Pasivasyonlu, gazdan arındırılmış alkali Zn-Ni kaplama görüntüleri...	13
Şekil 3.1. Alkali çinko kaplama prosesi basamakları...	14
Şekil 3.2. Partikülün yüzeyden ayrılma mekanizması	15
Şekil 3.3. Yağın yüzeyden ayrılması...	16
Şekil 3.4. Elektrikli temizleme sistematığı	16
Şekil 3.5. Akım yoğunluğu ve potansiyeli	20
Şekil 4.1. Çinko lamelli kaplama prosesi basamakları...	22
Şekil 4.2. Temel çinko lamelli kaplama sistemleri...	23
Şekil 5.1. Alkali çinko/ çinko nikel/ çinko demir kaplama prosesleri iş akış şeması	25
Şekil 5.2. Solvent bazlı lamelli kaplama iş akış şeması	26
Şekil 5.3. Yeni geliştirilen proses iş akış şeması	28
Şekil 5.4. X-ray cihazıyla yapılan örnek ölçüm verileri...	34
Şekil 5.5. Yapışma testi ekipmanları...	35
Şekil 5.6. Cross-cut bıçakları...	35
Şekil 5.7. Bant uygulaması...	36
Şekil 5.8. Çevrim testi uygulama sırası...	40
Şekil 6.1. Alkali çinko- 5 mikron + delta protekt KL100 + delta seal black	41
Şekil 6.2. Alkali çinko demir-8 mikron + delta seal black...	42
Şekil 6.3. Alkali çinko nikel %15-5 mikron + delta seal black...	43
Şekil 6.4. Alkali çinko nikel %15-12 mikron + delta seal gz black...	44
Şekil 6.5. Alkali çinko-8 mikron + delta seal gz slver	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Alkali siyanür çinko kaplama banyosu bileşenleri ve derişimleri... ..	5
Çizelge 2.2. Asit klorür çinko kaplama banyosu bileşenleri... ..	8
Çizelge 2.3. Fe-Zn denge diyagramındaki fazlar ve özellikleri... ..	10
Çizelge 3.1. Siyanür içermeyen alkali banyo bileşenleri... ..	18
Çizelge 3.2. Çeşitli kaplama proseslerinin başarılı olabilmesi için gereksinimler... ..	19
Çizelge 5.1. Proseslerin karşılaştırılması... ..	26
Çizelge 5.2. Proses çalışmaları... ..	28
Çizelge 5.3. Yapışma testinin sınıflandırılması... ..	36

1. GİRİŞ

Çinko kaplamalar, birçok yapısal ve genel mühendislik uygulamalarında malzemelerin korozyondan korunması için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kaplamalar iyi bir korozyon direnci göstermesinin yanı sıra malzeme üzerinde iyi mekanik özellikler göstermekte, kaynak yapılmasına olanak sağlamakta ve boyanabilmektedir. Öte yandan, yüksek çözünme hızı çinko kaplamaların kullanımını kısıtlamaktadır. Çinko kaplamaların kullanım ömrü, fosfatlama, üç değerlikli krom pasivasyonu ve silisleme prosesleri gibi pasivasyon süreçleri ile uzatılabilmektedir. Çinko korozyon dirençlerinin özellikleri; Ni, Co, Sn ve Cr gibi geçiş metalleri ile birlikte alaşımlandırılarak önemli ölçüde iyileştirilebilir [1].

Bu teknolojinin gelişmesindeki en büyük motivasyon, özellikle otomotiv endüstrisindeki yüksek korozyon performansı beklentisidir. Bir diğer neden de birçok gelişmiş ülkede yasaklanan ve aşırı zehirli olan kadmiyumun yerine acil bir çözüm ihtiyacına gerek duyulmuş olmasıdır. Çinko alaşım kaplamalarının kullanımı birçok avantajı da beraberinde getirmektedir. Bu nedeni elektrokimyasal olarak, alaşımların bileşimindeki elementlere bağlı olarak farklı korozyon potansiyellerine sahip olmasıdır.

Günümüzde birçok çinko alaşım süreci ticari olarak kullanılmaktadır. Belirli bir prosesin seçimi, son ürünün gereksinimlerine ve kullanım koşullarına bağlıdır. Çinko-demir, çinko-kobalt, çinko-nikel ve çinko-kalay en çok tercih edilen alaşımlardır [2].

Çinko lamelli kaplama prosesi ise bir çelik yüzeye genellikle alüminyum eklenmesi ile uygun bir ortamda çinko dispersiyonuyla yapılmaktadır. Isının etkisiyle lameller arası ve lamelle yüzey arasında bir bağ oluşmaktadır. Böylece katodik korumayı sağlamak için yeterince elektriksel olarak iletken bir inorganik yüzey kaplaması meydana getirilmektedir [3].

Çinko lamelli kaplama üzerine uygulanan Delta® Seal, yüksek bağlama kapasitesine sahip son derece bağlayıcı sistem ve yüksek kaliteli pigmentlerden oluşan organik bir mikro katmanlı son kaplama katıdır. Elde edilen kuru film, kadmiyum, krom veya kurşun vb. gibi ağır metaller içermemekte, ince ve son derece dayanıklı bir kaplama sağlamaktadır [4].

Otomotiv sanayinde alkali çinko/ alkali çinko demir/ alkali çinko nikel prosesleri ile çinko lamelli kaplama prosesleri birbirinden bağımsız uygulanan proseslerdir. Bu proseslerle yapılan kaplamaların birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yönleri

bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki motivasyon daha ekonomik, her biçim ve büyüklükteki parçalara uygulanabilen ve sonucunda iyi özelliklere sahip kaplamaların yapılabileceği yeni bir kaplama prosesi oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında, alkali çinko/ alkali çinko nikel ve alkali çinko demir kaplama prosesleri ile çözücü bazlı lamelli kaplama prosesleri yeniden düzenlenerek bir araya getirilmiş ve böylelikle birbirinden farklı proseslerin üstün özelliklerinden faydalanılarak daha üstün kaplama özelliklerine sahip ürünlerin üretilmesine olanak veren bir proses elde edilmiştir. Elde edilen yeni proses yüksek korozyon dayanımı (1000 saat tuz sisi testi ve 63 çevrim çevrimsel korozyon testi), yüksek sıcaklık dayanımı (300 °C de bir saat) olan, elektriksel iletkenliği olmayan, üstün bir kimyasal dayanıma sahip kaplamaları olan parçaların üretimine olanak vermiştir [5].

1.1. Elektro Kaplamanın Temelleri

Metallerin elektrokimyasal birikim ve çözünmesi birçok metal işleme yönteminde kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan ve en iyi bilineni elektrolitik kaplamadır. Metal kaplama, iletken yüzeylere elektrolitik birikim yolu ile uygulanmaktadır. İletken bir yüzey tabakası sağlanmak koşuluyla, kaplanan yüzey metal ya da metal olmayan bir maddedir. Kaplama koruma, süsleme veya hem koruma hem süsleme amacıyla uygulanmaktadır. Metal birikiminin kullanıldığı bir başka yöntemde elektrolitik şekillendirmedir. Bu yöntem de yüzeye biriktirilen tabakanın kalınlığı normal kaplamada uygulanandan çok daha fazladır ve yüzeyde biriken metal birikim tamamlandıktan sonra yüzeyden ayrılabilir. Metalin kalınlığı bir şekil oluşturacak ve biriktiği yüzeyin geometrik şeklini alacak kadar olmalıdır.

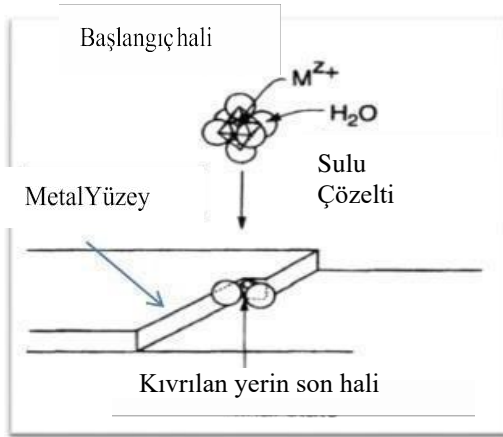
Bir kaplama hücresi katot, anot, elektrolit ve uygun bir kaplama banyosundan oluşmaktadır. Bunun yanında bazı ek araçlara da gereksinim duyulabilir. Bunlar elektrolitin karıştırılması ve artırılması için gerekli olan ve herhangi bir otomatik kontrol için gerekli olan araçlardır. Elektriksel araçlar ise ana güç kaynağından gerekli düşük gerilimi (doğru akım) sağlamak amacıyla bir azaltıcı dönüştürücü (transformer) ve rektifiye edici araçlardır. Bazı hallerde motor jeneratörler de kullanılmaktadır. Bununla birlikte kaplama hücrelerine gerekli gücün istenilen mertebede verilmesine olanak sağlayacak kontrol sistemlerine de gereksinim vardır.

Bir elektrolit çözelti içerisinde akım geçirildiğinde iyonlar elektrotlara doğru hareket eder. İyonlar elektrotlara ulaştıklarında elektron alır ya da verirler ve kimyasal

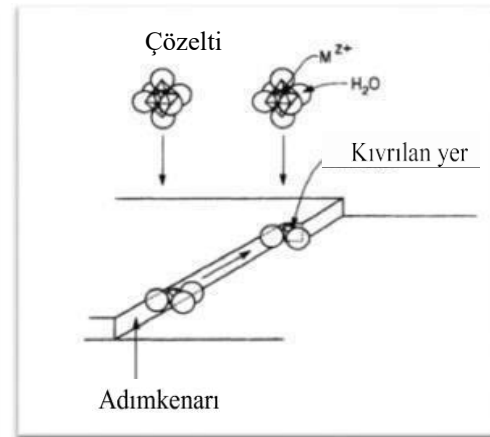
değişim gerçekleşmektedir. Bir elektrolit içerisinde akım geçirilerek oluşturulan kimyasal değişime elektroliz adı verilir. Bu alandaki ilk çalışmaların çoğu Michael Faraday tarafından gerçekleştirilmiştir. Faraday geçirilen elektrik miktarının tepkimenin ilerlemesi ile orantılı olduğunu ve 96485 kulon elektrik yükünün çözeltilen bir eşdeğer gram madde ayrıştırdığını göstermiştir. Faraday'ın elektroliz yasası olarak bilinen olayda 96485 kulon'luk elektrik yükü 1 Faraday 'a eşittir. Elde edilen bu sonuçlara göre tüm iyonlar $1,6 \times 10^{-19}$ kulon elektrik yükü taşımaktadırlar [6].

1.2. Elektro Kaplama Mekanizması

Elektro kaplamanın iki fazda gerçekleştiği varsayılmaktadır. İlk faz, iletken altlığa yapışan birkaç metal atomunun tutunmasıyla başlar. Bu fazın, genel kabul gören iki mekanizma tarafından gerçekleştiği kabul edilmektedir. İlk mekanizma iki yoldan gerçekleşebilir. Mekanizma parça yüzeyinin homojenliğine bağlıdır. Bu mekanizmaların ilk aşaması step-edge (kenar) iyon transferidir. M-adyonu, bir yüzeye adsorbe edilen bir iyondur. İlk olarak Şekil 1.1'de gösterildiği gibi bükülme yerine doğrudan aktarma gerçekleşir; M-adyonu, yarı kristal haldedir ve tampon iyonun sahip olduğu bağ enerjisinin yarı miktarı ile kristal yapıya bağlıdır, bu nedenle M-adyonu, kütle kristaline aittir, ancak yine de hidratlaşır. İkinci yolda kenar bölgede transfer gerçekleşir ve Şekil 1.2'de de gösterildiği gibi büküm noktasına ulaşana kadar kenar boyunca difüzyon. Bu iki durum içinde M-adyonu metal kristal yapılarına dahildir [5].



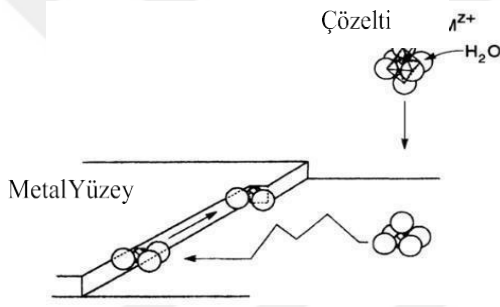
Şekil 1.1. Step-edge (kenar) iyon transferi [5]



Şekil 1.2. Step-edge (kenar) transferi ve difüzyon [5]

İkinci önerilen mekanizma ise Şekil 1.3'te gösterilen terrace iyon transfer mekanizmasıdır. Metal iyonu çözeltiden teras bölgesinin düz yüzeyine aktarılır. Bu durumda, metal iyonu, hidrasyon suyunun tamamına sahip olan adyon durumundadır. M-adyonu daha düşük enerjiye doğru aktarılır ve bükülme bölgesinde difüzenir.

İlk fazın ardından, başlangıçta az miktarda yapışan atomlardan kristal büyümesinin meydana geldiği ikinci bir faz vardır. Kaplamanın artma durumunu açıklamak için iki temel mekanizma vardır. Bunlar katman büyümesi ve üç boyutlu kristal büyümeleridir. Katman büyüme mekanizmasında, bir kristal, bir alt tabaka boyunca birbiri ardına ayrık basamakların yayılmasıyla genişler. Çeşitli büyüme formları; sütun, fırça ve lif dokusu şeklinde gerçekleşebilir [5].



Şekil 1.3. Terrace iyon transfer [5]

İkinci yöntem de ise “izole edilmiş çekirdeklerin üç boyutlu kristal şeklinde büyümelerini, kristallerin birleşmesini, birbirine bağlı bir ağı oluşturumunu ve daha sonra sürekli bir kaplama oluşumunu” içermektedir [5].

2. ÇİNKO KAPLAMA PROSESLERİ

2.1. Siyanürlü Çinko Kaplama

Bir iletken altlık üzerine çinko kaplamak için siyanürlü çinko kaplama prosesi ticari olarak kullanılmış ilk çinko kaplama prosesidir. Bununla beraber, insan sağlığı ve çevre ile ilgili kanuni düzenlemelerin bir sonucu olarak siyanürlü çinko kaplama prosesinin yerini yıllar geçtikçe diğer prosesler almıştır. Ancak çinko kaplama prosesinin gelişimde yer alan bir proses olduğu için bilinmesi gerekmektedir. Siyanürlü çinko kaplama prosesinde Zn^{2+} iyonlarının indirgenmesi aşağıda verilen reaksiyon zincirinin sonunda gerçekleşmektedir.



Çinkonun indirgenmesine olanak sağlayan ana banyo bileşenleri Çizelge 2.1’de verilmiştir [5].

Çizelge 2.1. Alkali siyanür çinko kaplama banyosu bileşenleri ve derişimleri

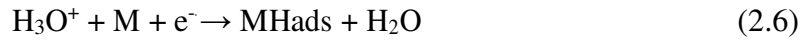
Kimyasal Bileşenler	Normal Derişim (g/L)	Orta Derişim (g/L)	Yüksek Derişim (g/L)
Zn (CN) ₂	60	30	10
NaCN	40	20	8
NaOH	80	75	65
Na ₂ CO ₃	15	15	15
Na ₂ S	2	2	-
Parlatıcı	1-4	1-4	1-4

Bu prosesin diğerlerine göre en önemli avantajı boru formunda olduğu gibi düşük akım yoğunluğu bölgeleri olan geometrilere sahip iletken altlıkların kaplanabilme yeteneğidir. Bu prosesin bu kadar etkili olmasının sebebi iyon fırlatma gücünün diğer iki prosese göre daha yüksek olmasıdır. Siyanürlü çinko prosesinde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi de hidrojen gevrekliğidir. Sadece klorürlü proseslerde hidrojen gevrekliği sorunu ile karşılaşılmamaktadır.

Hidrojen gevrekliği yüksek mukavemetli çeliklerin hidrojene maruz kaldıktan sonra kırılgan hale geldiği ve kırıldığı bir prostestir. Bir kaplama banyosundaki hidrojenin kaynağı katotta meydana gelen reaksiyonlardır [5].



Bir metal altlık üzerine hidrojen difüzyonunu açıklamada önerilen iki model vardır. Her iki önermede de metalin kırılganlığıyla sonuçlanan ve atomik hidrojenin metal yüzeyine adsorblandığı ve metal içerisine difüzlendiği kabul edilmektedir. İlk model, elektrolitik olarak oluşan hidrojenin metal alt tabakaya difüzlenerak orta bölgede adsorbe olmasını (MHads) ve hidrojen değişimiyle aynı olduğunu gösteren bir mekanizmadır. Reaksiyonun ilk basamağında, metal yüzeyince adsorbe olan H_3O^+ iyonu çözeltiye 2.6 reaksiyonunda belirtildiği üzere su ve H^+ iyonu vermektedir.



Adsorblanmış hidrojen metal yüzeye yayılmakta ve 2.7 reaksiyonunda gösterildiği gibi bir metal-hidrojen kompleksi oluşturmaktadır.



Metal yüzeyinde adsorbe olan hidrojen 2.8 reaksiyonunda verildiği gibi hidrojen oluşturmak üzere serbest kalmaktadır.



İkinci model, atomik hidrojenin metal örgüye salındığı şekilde girdiğini ve hidrojenin metal örgüye girdiği ara evrenin, hidrojen değişimi ile sonuçlanan adsorbe edilen hidrojen mekanizması ile aynı olmadığını göstermektedir. İlk basamak hidrojenin metal yüzeyine adsorblandığı 2.9 reaksiyonuyla ifade edilmektedir.



Hidrojen aynı zamanda 2.10 reaksiyonunda gösterildiği gibi metal yüzeye adsorbe olmaktadır.



Her iki mekanizmada da hidrojen oluşumu 2.11 reaksiyonunda verildiği şekilde sonlanmaktadır.



Hidrojen gevrekliği hidrojen iyonlarının salıverildiği asitle temizleme ve suyun yarattığı korozyon sonucu da oluşabilir. Atomik hidrojeni uzaklaştırmada kullanılan yöntemlerden birisi de kaplanmış parçanın yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmasıdır. Bu yöntemde kaplanmış parçalar 177-204 °C aralığındaki sıcaklıklarda bir fırınlama döngüsüne tabi tutulmaktadır. Bu yöntem absorplanmış hidrojenin metal ya da metal alaşımından uzaklaştırılmasına olanak sağlamaktadır[5].

Alkali çinko prosesinin katot verimi diğer yöntemlere göre daha düşüktür. Bu nedenle kaplama süresi daha uzundur. Ayrıca, alkali siyanür kimyasal işlem maliyetlerinin yüksek olması, siyanürü azaltmak için gereken atık bertarafından kaynaklanmaktadır.

Siyano kompleksleri Cu, Cd, Au, Ag, Zn ve In kaplamak için kullanılmaktadır. Tüm siyanürlü kaplama çözeltileri alkalidir. Bir siyanürlü kaplama çözeltisine asit ilave edilirse zehirli siyanür gazı açığa çıkmaktadır.

2.2. Asit Klorür Kaplama

Çinko kaplama prosesinde, çinko sülfat ve çinko klorür bazlı asidik çözeltiler de kullanılabilir. Asit klorür prosesi alkali siyanür ve alkali siyanürsüz çinko kaplama prosesleriyle karşılaştırıldığında daha yeni bir teknolojidir. Asit klorür prosesi çinko kaplama endüstrisini hızla değiştirmekte ve en gelişmiş ülkelerde çinko kaplama banyolarının %50'sini oluşturmaktadır. Dökme demir, dövülebilir demir ve karbon nitrür çeliği de asit çinko kaplama işlemlerinde kolayca kaplanabilmektedir. Katottaki Zn^{2+} 'in indirgenmesi 2.12-2.14 reaksiyonlarına göre gerçekleşmektedir.





Asit klorür prosesinin en önemli avantajı daha az yan reaksiyonun olması ve daha kısa kaplama süreleriyle sonuçlanan yüksek katot verimidir. Aynı zamanda, Çizelge 2.2’de verildiği gibi, seçilen asit klorür prosesine bağlı olarak atık arıtımı en az seviyeye düşmektedir. Atık arıtma sorunlarına neden olabilecek tek kimyasal bol miktardaki NH_4Cl ’dür. Asit klorür prosesinin en önemli dezavantajı uygun temizleme işlemlerine uyulmaması durumunda kullanılan kimyasalın aşındırıcı olması nedeniyle kaplamanın girintili yerlere zarar vermesidir. Üç tip klorür banyosu vardır. Bunlar, NH_4Cl , $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{KCl}$ karışımı ve KCl ’dir. Her birinin diğerine göre üstünlüğü bulunmaktadır. $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{KCl}$ karışım banyosu her iki kimyasalında en iyi özelliklerini taşımaktadır. Çinko kaplama çözeltisinde kabul edilen içerikler arasında taşıyıcı parlaticılar, birincil parlaticılar ve yüzey aktif maddeler bulunmaktadır. Birincil parlaticılar optik yansıtma gücünü en üst düzeye çıkarmak için çinko kaplı yüzeyin pürüzlülüğünü azaltmaktadır. Bu parlaticıların çözelti içerisindeki çözünürlükleri azdır. Taşıyıcı parlaticılar birincil parlaticıların çözeltiden dışarı çıkmasını engellenmektedirler. Birçok klorürlü sistem iki farklı birincil parlaticı ve dört ile sekiz arasında farklı yüzey aktif madde içermektedir. Yüzey aktif maddeler sıvının ve katının yüzey gerilimini düşüren birincil ve taşıyıcı parlaticıların altlık yüzeyine kolayca ulaşmasını sağlayan bileşiklerdir [5].

Çizelge 2.2. Asit klorür çinko kaplama banyosu bileşenleri

Kimyasal	Tümü NH_4OH (g/L)	Tümü KCl (g/L)	Banyo Karışımı- KCl (g/L)	Banyo Karışımı- KCl (g/L)
Zn	15-30	22-38	15-30	15-30
NH_4Cl	120-180	-	30-45	30-45
KCl	-	185-225	120-150	-
NaCl	-	-	-	120
H_2BO_3	-	22-38	-	-
Taşıyıcı Parlaticı	%4 b/v	%4 b/v	%4 b/v	%4 b/v
Birincil Parlaticı	%0.25 b/v	%0.25 b/v	%0.25 b/v	%0.25 b/v

2.3. Alkali Siyanürsüz Kaplama

Siyanürün hem çevreye hem de kaplama tesislerindeki çalışanlara verdiği zararların bertaraf edilebilmesi için yasaklanmasından dolayı elektro kaplamada da alkali siyanürsüz çinko alaşım kaplamalar olan alkali çinko, alkali siyanürsüz çinko-nikel, alkali siyanürsüz çinko-demir yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır.

2.3.1. Alkali siyanürsüz çinko alaşım kaplama

Çinko alaşım kaplamaları, 1980'den beri Japonya ile Avrupa'da ve son zamanlarda Amerika Birleşik Devletleri'nde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bu teknolojinin gelişmesinin arkasındaki en önemli neden, motivasyon otomotiv endüstrisindeki yüksek korozyon direnci beklentisidir. Bir diğer neden de endüstrileşmiş birçok ülkede yasaklanan ve aşırı zehirli olan ve kaplama sektöründe kullanılan kadmiyumun yerine acil bir çözüm ihtiyacı duyulmasıdır.

Çinko alaşım kaplamalarının kullanımının pek çok avantajı bulunmaktadır. Elektrokimyasal olarak, alaşımlar bileşimindeki elementlere bağlı olarak farklı korozyon potansiyellerine sahiptir. Çinko alaşımları, örneğin, çeliğe anodik koruma sağlamak için tasarlanabilir. Bir çinko alaşım kaplaması çelik bileşenlerine feda edilebilir; ancak bir korozyon ortamına maruz bırakıldığında çinkodan daha yavaş korozyona uğrayacaklardır.

Birçok çinko alaşım prosesi ticari olarak günümüzde kullanılmaktadır. Belirli bir prosesin seçimi, son ürünün gereksinimlerine ve kullanım koşullarına bağlıdır. Çinko-demir, çinko-kobalt, çinko-nikel ve kalay-çinko mevcut uygun alaşımlardandır [2].

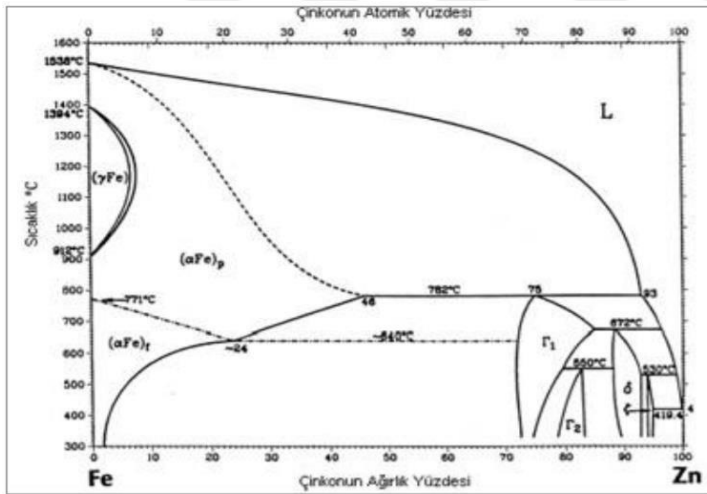
2.3.2. Alkali siyanürsüz çinko-demir kaplama

Çinko-demir kaplama, kaplamanın daha iyi tutunmasını sağlayan metalik bir kaplama çeşididir. Parçaların darbelere karşı daha uzun ömürlü olmasını sağlar. Alkali çinko demir alaşımlı banyolarda 50 – 200 ppm arasında kaplama yapılabilir.

Çinkonun demir-grubu metallerle alaşımlandığında, saf metalden daha iyi bir korozyon direnci gösterdiği bildirilmektedir. Alaşım düşük Fe içeriğine sahipse (<%10) açık gri renktedir ve Fe oranı arttıkça (> %20) progresif olarak siyaha dönüşmektedir.

Alaşımın mikro sertliği çinkondan daha yüksektir ve Fe içeriği ile artmaktadır.

Çelik altlık sıvı çinko banyosuna daldırıldığında çeliğin içeriğindeki elementlere ve banyo bileşimine bağlı olarak birçok reaksiyon meydana geldiği rapor edilmiştir. Şekil 2.1’de verilen ve yaygın olarak kabul gören Fe-Zn denge faz diyagramı Kubachewski tarafından hazırlanmıştır. [8].

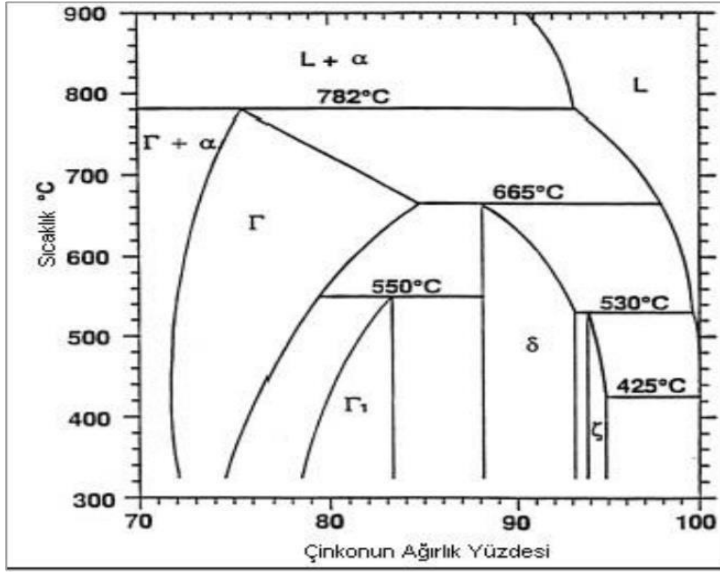


Çizelge 2.3’de bulunan fazların ana hatları Şekil 2.1’de gösterilmektedir [8].

Çizelge 2.3. *Fe-Zn denge diyagramındaki fazlar ve özellikleri* [8]

Faz	Kristal Yapı	Formül	Sertlik (HV _{0,025})
α	Hacim Merkezli Kübik	Fe(Zn)	104
Γ	Hacim Merkezli Kübik	Fe ₃ Zn ₁₀	326
δ	Hegzagonal	FeZn ₁₀	358
ζ	Monoklinik	FeZn ₁₃	208
η	Hegzagonal	Zn(Fe)	52

Fe-Zn ikili faz diyagramının çinko zenginleştirme bölümü Şekil 2.2’de verilmiştir [8].



Şekil 2.2. Fe-Zn ikili faz diyagramının çinko zenginleştirme bölümü [8]

2.3.3. Alkali siyanürsüz çinko-nikel kaplama

Çinko alaşımları korozyona karşı yüksek koruma kapasitesine sahip oldukları için metal korumada saf çinkoya göre daha yaygın kullanılan malzemelerdir. Fe, Co ve Ni gibi elementlerin eklenmesi korozyon oranını düşürmekte ve katodik korumayı devam ettirmektedir. Çinko-nikel alaşımlı kaplamalar, çinko ve diğer çinko alaşımı kaplamalarına kıyasla daha yüksek korozyon direncine ve daha iyi mekanik özelliklere sahip oldukları için daha çok dikkat çekmektedir. Çinko-nikel kaplamalar, nispeten agresif ortamlarda bulunan çelikler için daha iyi bir korozyon koruması sağlamaktadır. Nikel içeriği %12-15 arasında olan alaşımların en yüksek koruyucu kabiliyete sahip olduğu bildirilmiştir.

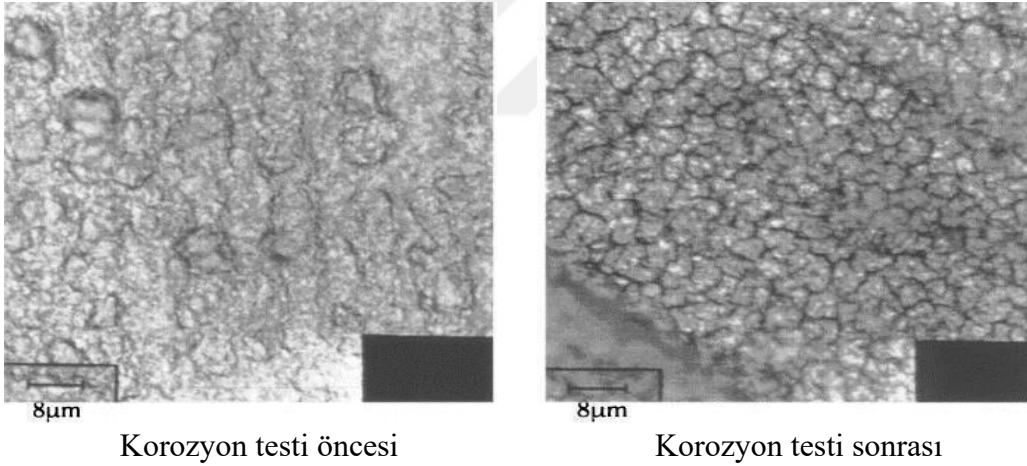
Çinko-nikel alaşımı kaplama işlemleri kaplama banyolarının pH’na göre asit tipi ve alkali tip olarak ikiye ayrılabilir Asit banyosunda kaplanan çinko-nikel kaplamaların nikel içeriği, katot akım yoğunluğunun değişmesine daha duyarlıdır. Bu nedenle, asit çinko-nikel kaplamalar sadece basit şekillerdeki çelik parçalar için kullanılabilir ve endüstriyel uygulamaları sınırlıdır.

Buna karşılık, alkali çinko-nikel banyoları, kaplamalarda daha homojen nikel içeriği verebilmektedir. Ek olarak, alkali çinko-nikel kaplama işleminde kullanılan

ekipmanın daha az aşınması ve daha düşük üretim maliyeti gibi asit işlemine göre avantajları da vardır.

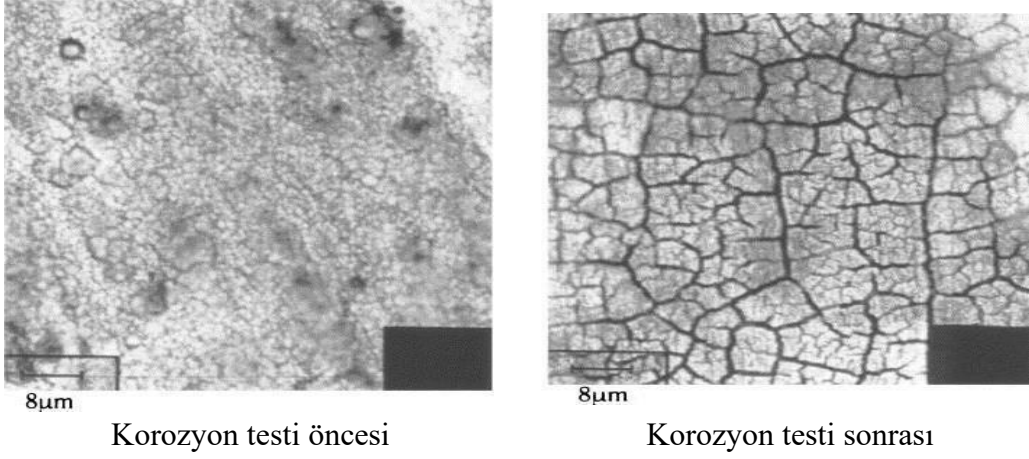
Elektrokimyasal, tuz-püskürtme ve bağ mukavemet testlerinin sonuçları, ağırlıkça %30 çinko içeren nikel kaplamaların katodik koruma sağladığını göstermiştir. Bu katodik koruma, altlık üzerinde aktif bir korozyon koruması sağlar ve kaplamadaki gözenekliliğin varlığından etkilenmez. Ağırlıkça %30 çinko içeren nikel kaplamaların yapışma mukavemeti 40 MPa civarındadır.

Uzun daldırma testlerine tabi tutulan numuneler, testten önce ve sonra, optik mikroskop (OM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmektedir. Şekil 2.3'te, örnek olarak, asidik banyoda yapılan Zn-Ni kaplamasına ait mikrografları verilmektedir. Numunelerin uzun bir daldırma testi (48 saat) öncesi ve sonrasında parçadaki oksijen gazı giderilmiştir. Şekil 2.3'ten de görüleceği üzere, çatlaklar veya süreksizlikler olmaksızın, kaplamanın, doğal korozyon testinden sonra homojen olarak kırıldığı görülebilmektedir.



Şekil 2.3. Pasivasyonsuz, gazdan arındırılmış asitli Zn-Ni kaplama görüntüleri [9,10]

Şekil 2.4'de ise, aynı akım yoğunluğunda pasivasyon sonrası bir alkali Zn-Ni kaplamasından elde edilen görüntüleri verilmiştir.

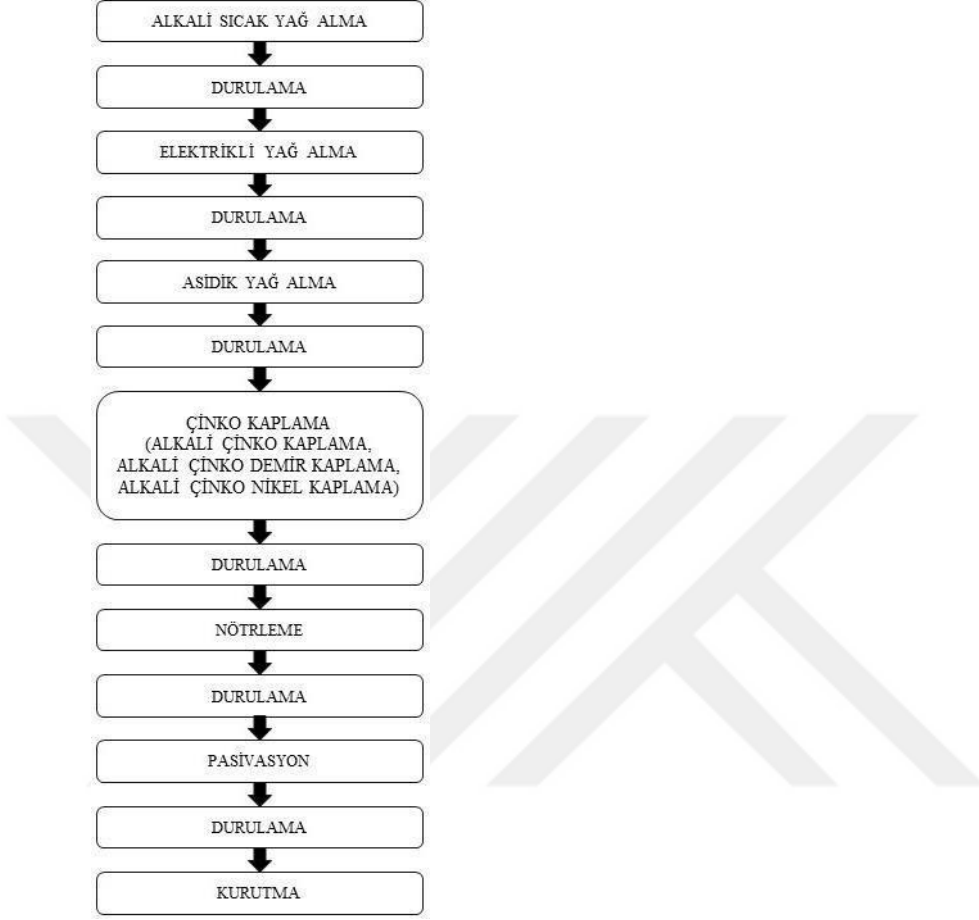


Şekil 2.4. Pasivasyonlu, gazdan arındırılmış alkali Zn-Ni kaplama görüntüleri [9,10]

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de verilen görüntüler kıyaslandığında özellikle pasivasyonun yarattığı yararlı etki açıkça görülmektedir [9,10].

3. ALKALİ ÇİNKO KAPLAMA PROSESİ VE BASAMAKLARI

Alkali çinko kaplama prosesleri için akım şeması Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1. Alkali çinko kaplama prosesi basamakları

3.1. Alkali Sıcak Yağ Alma

Alkali sıcak yağ almanın görevi metal üzerinde birikmiş tüm kirliliği uzaklaştırmaktır (Bkz. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Kaplama hatlarında kullanılan alkali temizleyiciler ticari olarak, sıvı veya toz formunda temin edilebilmektedir. Sıvı kimyasallar genellikle yüzey aktif madde içeren ayırıcı ve geliştirici bileşenlerden oluşan ürünlerdir. Öte yandan toz ürünler tek bir bileşenden oluşmaktadır. Otomotiv sanayinde aracın iskeletinin temizliği için alkali yağ almada kullanılan ürünler standart ürünlerdir.

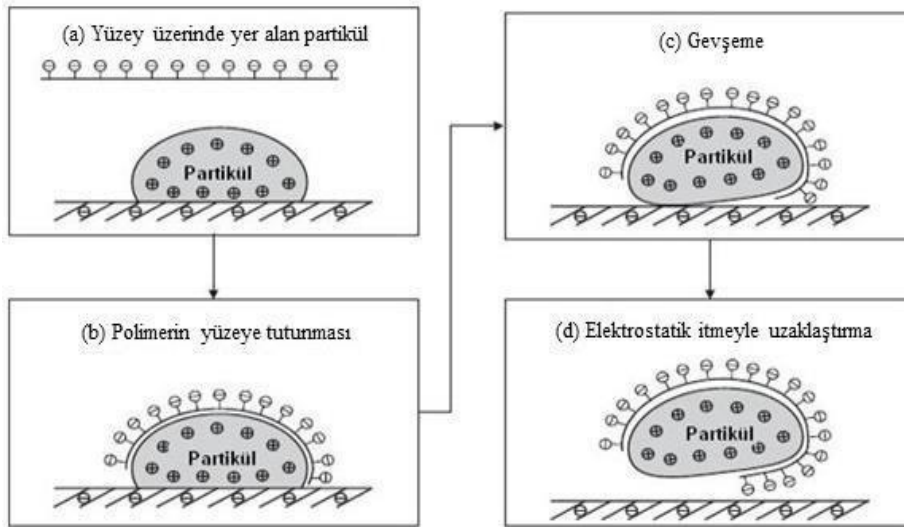
Metal taneleri ile kaynak lekeleri gibi kirleticileri ve diğer inorganik maddeleri metalden uzaklaştırmakta kullanılan geliştirici bileşenler inorganik tuzlardan, yüzey aktif

maddelerden ve organik bileşenlerden meydana gelmektedir. Yüzey aktif maddelerin görevi ise yağ, gres yağ ve organik atıkları metalden uzaklaştırmaktır.

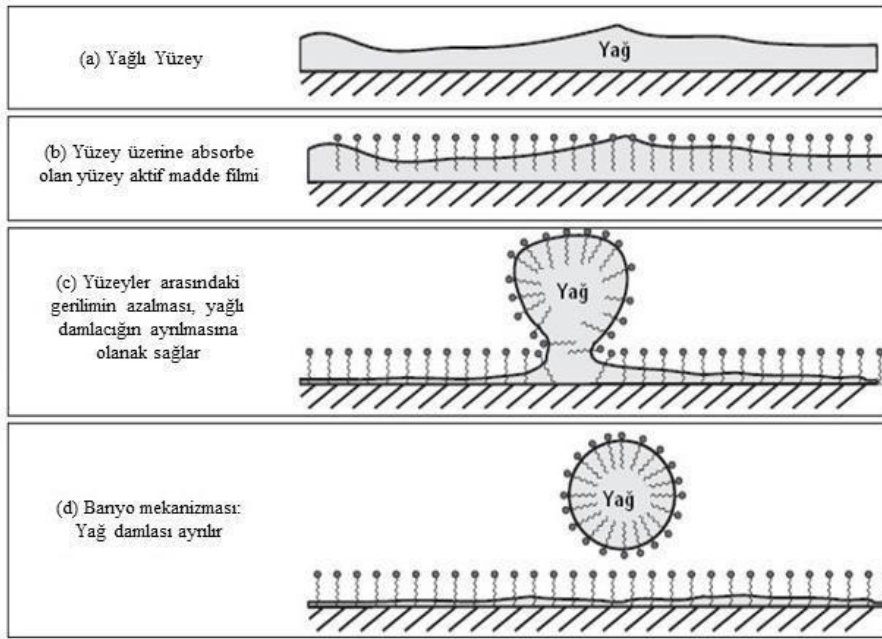
Alkali temizleyiciler içerisinde kullanılan tipik geliştiriciler aşağıda verilmiştir:

- NaOH, KOH, Na₂CO₃, K₂CO₃: Alkaliliğin sürekliliğini sağlamaktadır.
- Silikatlar: Partikül uzaklaştırma, inhibitör, tampon olarak kullanılmaktadırlar.
- Ortofosfat: Temizlemede kullanılmaktadırlar.
- Yoğunlaştırılmış Fosfatlar: yağ alma ve kompleks oluşumunda kullanılmaktadırlar.
- Kompleks ajanları: Kompleks oluşumu sağlamaktadırlar.

Yüzey aktif maddeler, hidrofilik ve hidrofobik gruplar içerir. Hidrofilik gruplar etoksi (EO) uzun zinciri veya propoksi (PO) molekülünün zinciridir. Hidrofobik gruplar özel ve uzun bir alkali zinciridir. Yüzey aktif maddeler anyonik, katyonik, non-iyonik ve amfoter yüzey aktif maddeler olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 3.2. Partikülün yüzeyden ayrılma mekanizması [9]



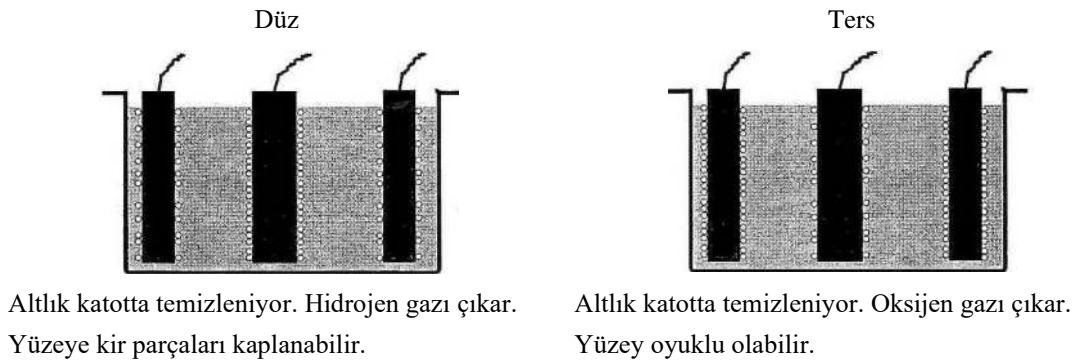
Şekil 3.3. Yağın yüzeyden ayrılması [9]

3.2. Durulama

Durulamanın görevi metal yüzeyindeki kimyasalları gidermek ve böylelikle kimyasalların takip eden adımlara bulaşması engellemektir. Çünkü metal yüzeyinde kalan kimyasallar sonraki adımlara aktarılması problemlerin oluşmasına yol açmaktadır.

3.3. Elektrikli Yağ Alma

Metallerin elektrikli temizlenmesinde kullanılan temizleme çözeltileri de alkali yağ alma çözeltileri gibi bazik çözeltilerdir. Çözeltilerin bileşimi tam olarak aynı değildir. Temizlenecek parçayı anot veya katot olarak kullanarak çözeltiden elektrik akımı geçirilmektedir. Elektrikli yağ alma sistematığı Şekil 3.4’te verilmektedir.



Şekil 3.4. Elektrikli temizleme sistematığı [9]

Burada anotta veya katotta oluşan hidrojen ve oksijen gazı kabarcıkları yüzeyi temizlemede rol oynamaktadırlar.

3.4. Asidik Yağ Alma

Asidik yağ alma kimyasalları genellikle hem yağ alma hem de pas ve tufal temizleme gerektiren parçalar için kullanılır. Sadece metalin üzerindeki pas ve bazen de tufal temizlendiği için de tercih edilebilir. Alüminyum, demir ve çelik parçalar için kullanımı uygundur.

Asidik yağ alma banyoları soğuk çalışabildiği gibi sıcak çalışması durumunda yağ ve pas alma hızı artmaktadır. İçeriğinde yüzey aktif malzemeler, emülgatörler, inhibitör ve asitler (fosforik, sülfürik, hidroklorik, hidroflorik, nitrik asit vb.) bulunabilir. Yağ alma banyosunda kullanılan kimyasallar asidik olduğu için banyo ekipmanları paslanmaz çelikten üretilmiş olmalıdır. Ortam sıcaklığında çalışması ve pası da uzaklaştırması banyonun olumlu yönü olmasına rağmen, yüksek derişimlerde asit kullanılması olumsuz yönüdür. Alüminyum kromat, mangan fosfat, demir fosfat ve çinko fosfat banyolarında ön işlem olarak kullanılabilir. Metalin parça üzerindeki pas ve yağ miktarına göre %5-50'lik çözelti derişimlerinde çalışır. İşlem süresi banyo derişimi düştükçe uzamaktadır. Yüksek sıcaklık gerekme de sıcaklığın artması reaksiyon hızını artıracığı için tercih edilebilir. Asidik yağ alma banyolarında dikkat edilmesi gereken parametreler toplam asit derişimi ve süredir. Banyo derişimi düştükçe işlem hızı azalacak ve çözelti eklemesi gerekecektir. Özellikle demir ve çelik parçaların aşınması çözelti içerisindeki inhibitör yardımı ile engellenebilir. Asit inhibitörü yardımı ile metalin üzerindeki pas ve tufal alındıktan sonra kimyasal reaksiyon hızı azalacak, aşındırma en aza inecektir. Bu sayede banyo ömrü de uzayacaktır. Alüminyum malzemede ise bir miktar aşındırma olması istendiğinden asit inhibitörü kullanılmasına gerek yoktur [9,11].

3.5. Çinko Kaplama

Endüstride siyanürsüz alkali çinko kaplama prosesi kullanılmaktadır. Çizelge 3.1'de banyo bileşenlerinin derişimleri g/L oranları verilmiştir. Siyanür olmayan alkali çinko kaplama prosesi güvenilir ve düşük maliyetli bir proses olup, asit klorür çinko kaplama prosesine benzemektedir. Çelik malzemenin elektrokaplama prosesinde meydana gelen reaksiyonlar Eşitlik 3.1-3.4 verilmektedir.



Siyanür olmayan alkali prosesin zorluğu yüksek miktarlardaki karbonatların varlığıdır. Eşitlik 3.5’de verilen reaksiyona göre çözeltiye fazla miktarda CO₂ girmesi sebebiyle karbonat birikmektedir.



Çözelti iletkenliğinin azalmasına sebep olan karbonatlar çözeltide, çözeltinin sıcaklığı ve karıştırılmasıyla artmakta ve elektrokaplama prosesinin engellenmesine neden olmaktadır. Çözeltide izin verilen karbonat miktarı, havadaki CO₂ miktarına bağlı olarak 50-100 g/L arasında değişmektedir. Karbonatları çöktürüp çözeltiden uzaklaştırmak için birçok yöntem vardır. İlk yöntem, karbonatlar donana kadar çözeltiyi 5-10 °C’ye soğutup ardından karbonatları çözeltiden filtrelemektir. Daha az kullanılan yöntem ise karbonatların kalsiyum hidroksit ile çöktürülmesidir [5].

Çizelge 3.1. Siyanür içermeyen alkali banyo bileşenleri

Kimyasal	Aralık (g/L)
Zn	6.0 – 17.0
NaOH	75 – 112
Katkı maddeleri	Üretici tarafından önerildiği gibi

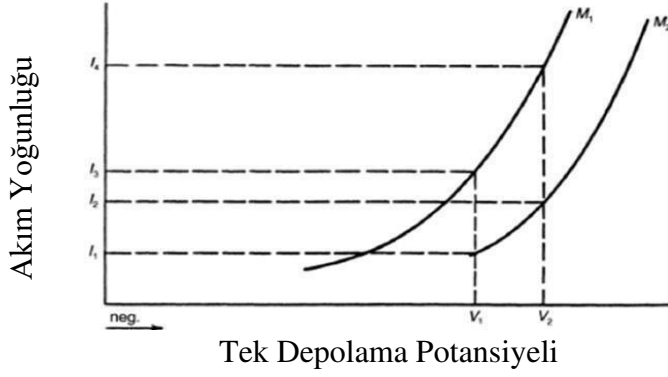
Siyanürlü, asit klorür ve siyanür içermeyen alkali çinko kaplama proseslerin başarılı olabilmesi için ek koşullara gerek vardır. Çizelge 3.2’de her proses için belirli gereksinimler özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Çeşitli kaplama proseslerinin başarılı olabilmesi için gereksinimler

Gerekenler	Asit Klorür Çinko	Siyanür İçermeyen Alkali Çinko	Siyanürlü Çinko
Anot Polarizasyonu	Nadiren	Evet	Evet
Banyo Çözeltisi Davranışı	Üst Düzey	C.D. 'ye bağlı	Orta
Hava Karıştırması	Gerekli	Gerekmez	Gerekmez
Isıtma	Gerekli	Gerekli	Gerekli
Filtrasyon	Evet	Evet	Hayır
Gerekli pH Ayarı	Evet	Hayır	Hayır
Safsızlık Tedavisi İçin Temizleyici	Hayır	Evet	Evet
Kromat Alma Gücü	İyi	C.D. 'ye bağlı	Üst Düzey
Atık Arıtma	Basit	Basit	Kompleks
Oksitle Demir İyileştirmesi	Evet	Hayır	Hayır

3.5.1. Çinko Alaşımli Kaplama

Günümüzde, endüstrinin çinko kaplamaların performanslarının artırılmasına yönelik olarak gelişen beklentiler üzerine çinko alaşımli kaplama prosesi geliştirilmiştir. En dikkat çekici çinko alaşım elementleri demir, kobalt, nikel ve kalaydır. İki farklı metalin potansiyelleri benzer ve iyonik aktiviteleri farklı ise eş zamanlı olarak kaplanabilir. Bir çözeltide daha reaktif metal iyonunun aktivitesi kararlı bir kompleks oluşumu ile büyük ölçüde azaltılmadıkça alaşımlar biriktirilemez. Akım yoğunluğu ve potansiyel grafikleri Şekil 3.5.'te gösterildiği gibi benzer olarak görünecektir. Daha önce belirtildiği gibi, tek biriktirme potansiyelleri benzerdir. Ancak eş zamanlı biriktirmenin gerçekleşmesi için iyonik faaliyetlerin farklı olması gerekir. Böylece M1 ve M2 metalleri aynı anda kaplanabilir. [5].



Şekil 3.5. Akım yoğunluğu ve potansiyeli [5]

3.6. Nötrleme

Durulamadan sonra banyonun pH'nı tamamen nötralize etmek için ağırlıkça %5-6'lık zayıf bir asit çözeltisi kullanılmalıdır. Yaklaşık olarak 30 saniye uygulanır [11].

3.7. Pasivasyon

Metal kaplama proseslerinde son aşama olan pasivasyon işlemi; çinko kaplı yüzeylerde parmak izini önlemek, yüzeylere dekoratif bir görünüm kazandırmak ve kaplamanın korozyon mukavemetini artırmak için uygulanmaktadır. Pasivasyon genellikle çinko kaplanmış parçaları tuzlu sudan korumak amacıyla metal üzerine koruyucu bir kromat tabakası biriktirme işlemidir.

Çinko kaplanmış parçalar pH'ı 2 olan bir lityum kromat banyosuna daldırılır. Bu işlem sırasında çinko anodik olarak çözünür ve çinko ile kromat iyonlarının reaksiyonu sonucu çinko kromat tabakası oluşur. Oksijenin anyon okside dönüşmesi elektrokimyasal olarak meydana gelebilecek reaksiyonları engeller ve korozyon koruması sağlanmış olur.

Pasivasyon banyoları krom esaslıdır. Banyolarda Cr^{3+} iyonları kullanılmaktadır. Cr^{6+} iyonlarının kullanımı doğa ve insan sağlığına verdikleri zarardan dolayı birçok sanayide yasaklanmıştır. Pasivasyon tabakası, uygulanan formülasyona göre dekoratif renklere sahiptir. Ayrıca bu tabakaya korozyon mukavemetini artırma amaçlı şeffaf ya da renkli koruma tabakası da uygulanabilir. Bu koruma banyoları organik (reçine) veya inorganik (silikat) esaslıdır [9,12].

3.8. Kurutma

Son yıkamadan sonra parçalar kurutma fırınına alınır. Konveksiyonel fırınlar, IR (Infra-Red) fırınlara göre daha az enerji verimliliğine sahiptirler. Ancak konveksiyonel fırınlar pişirme prosesleri için zorunludur.

Modern fırınlara A sınıfı fırınlar denilir. Bu fırınların giriş bölgesinde parça belirli bir seviyeye kadar yükseltilir, fırın boyunca sabit ilerler ve fırın çıkış bölgesinde parça başlangıç yüksekliğine geri döner, A sınıfı fırınlar bu şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarımın avantajı, sıcak havanın sürekli olarak fırının üst kısmında hareket etmesiyle enerji kaybında dikkate değer derecede azalma olması ve bu sayede sıcak havanın fırında kalmasının sağlanmasıdır. [11].

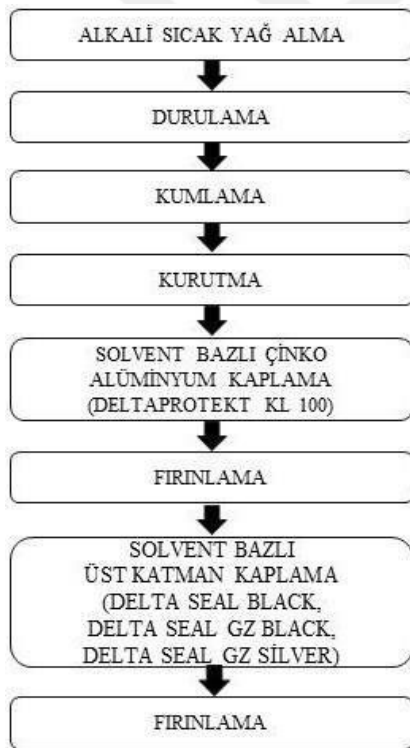


4. ÇİNKO LAMELLİ KAPLAMA PROSESİ VE BASAMAKLARI

Metallerin hava kirliliğinin az olduğu ortamlarda çalışma ortamından kaynaklanan korozyonu azalmaktadır. Öte yandan metallerin atmosferik kirliliğin yüksek olduğu ortamlarda çalışması gerekiyorsa malzemelerin korozyona karşı korunmasında daha iyi performans özelliği gösterdikleri için çinko ile birlikte alüminyum ya da alüminyum alaşımları koruyucu kaplama olarak kullanılmaktadır.

Çelik, üzerine uygulanacak çinko ve alüminyum kaplamalar, yapı için gerekli olan mukavemeti ve korozyon dayanımını sağlayan nitelikli bir kaplama kombinasyon oluşturmaktadır [13].

Çinko lamelli kaplama prosesi, bir çelik yüzeyin önce alüminyumla ve daha sonra çinkoyle kaplanmasıyla gerçekleştirilir. Bu prosese ait işlem basamakları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çinko lamelli kaplama prosesi basamakları

Çinko lamelli kaplama prosesi, bir çelik yüzeye genellikle alüminyum eklenmesi ile uygun bir ortamda çinko dispersiyonuyla gerçekleştirilmektedir. Isının etkisiyle lameller arasına lamelle yüzey arasında bir bağ oluşmaktadır. Böylece katodik korumayı sağlamak için yeterince elektriksel olarak iletken bir inorganik yüzey kaplaması oluşturulmaktadır.

Aşırı veya yetersiz kaplama kalınlığını önlemek için özel teknikler kullanılmaktadır. Hafif ve/veya yassı bağlantı elemanlarının birbirine yapışmasını önlemek için de özel teknikler gerekebilmektedir.

Çinko lamelli kaplamada dört temel sistem vardır. Bunlar Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil.4.2. Temel çinko lamelli kaplama sistemleri [14]

Çinko lamelli kaplama prosesinde dikkat edilmesi gereken bazı hususları göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Çinko lamelli kaplama prosesi kaplama yapılacak altlıkların mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilememelidir. Zira çinko lamelli kaplamada kaplama sistemine bağlı olarak kürleme sıcaklığı 320 °C’e ulaşabilir. Bu nedenle kürleme sıcaklığı, su verilmiş ve temperlenmiş altlıkların temperleme sıcaklığının üzerinde olmamalıdır.

Çinko lamelli kaplama sistemlerinin bir özelliği de kaplama esnasında hidrojen üretilmemesidir. Ön hazırlık işleminde, alkali/solvent temizleyici ve bunu takiben mekanik temizleme kullanılması sırasında hidrojen oluşmamaktadır. Böylece tüm iç hidrojen oluşum riski ortadan kalkmaktadır [14].

Çinko lamelli kaplamada Delta Protekt ® KL 100 ticari isimli ürün tercih edilmektedir. Bu ürün ile yapılan ince tabaka çinko kaplama, çeliklerin, yüksek mukavemetli çeliklerin ($\geq 1000 \text{ N/m}^2$) ve döküm parçaların kaplanması için alt kaplama (base coat) olarak uygulanmaktadır. Bu alt kaplama oldukça etkili bir korozyon koruması sağlamaktadır. Bu maddenin kürlenmiş kaplama tabakası Cr^{+6} gibi kanserojen, teratojen ve mutojen maddeler içermez. Ayrıca Ömrü Tamamlanmış Araçlara İlişkin Mevzuat (2000-53-EC) ve Elektrik ve Elektronik Eşyalarda (EEE) Tehlikeli Maddelerin Kısıtlanmasına İlişkin Mevzuat (2002/95/EC) ile ilişkili olan Avrupa Birliği yönetmeliklerine de uygundur [15].

Çinko lamelli kaplama prosesinde Delta® Seal ticari ismiyle bilinen ve yüksek

bağlama kapasitesine sahip çapraz bağlı bir bağlayıcı sistem ile yüksek kaliteli pigmentlerden oluşan bir organik mikro katmanlı son kat kaplama uygulaması da yer almaktadır. Son kat olarak elde edilen kuru film, kadmiyum, krom veya kurşun vb. gibi ağır metaller içermez. Son kat kaplama gümüş, siyah, kırmızı, altın, yeşil, açık mavi, koyu mavi renklerde olabilir.

Delta Seal sertleştikten sonra yapışkan, ince ve son derece dayanıklı bir kaplama sağlar. Delta Seal GZ, Delta Seal'in tüm özelliklerine sahip türev bir üründür. Delta Seal'dan farklı olarak dişli bileşenlerde kullanıldığında kontrollü bir tork / gerilim ilişkisinin sağlanması için bir PTFE katkısı içermektedir [4].

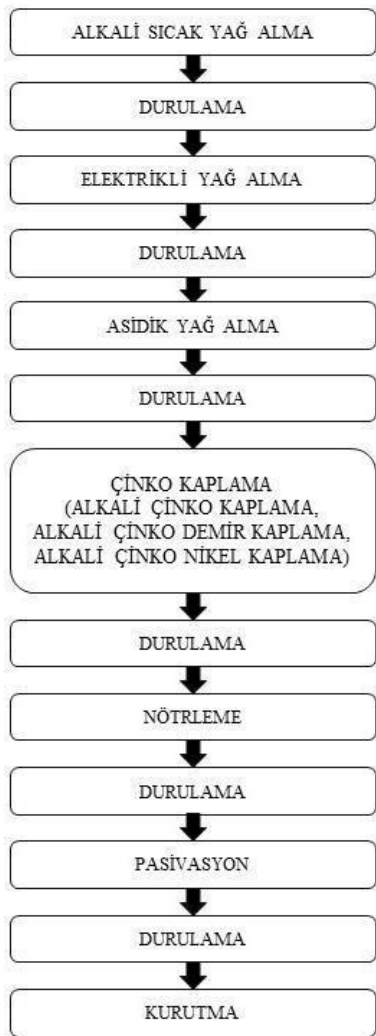
Tüm Delta ürünlerinde olduğu gibi, elektrolitik olmayan şekilde uygulanırlar, böylece hidrojen gevrekleşmesi riski ortadan kaldırılır. Düşük sertleşme sıcaklıkları (180-200 ° C), işleminden geçirilen parçaların metalürjisinde pratik olarak değişikliklere neden olmazlar. Delta Seal, çok iyi altlık yüzey ıslatma özellikleriyle birlikte mükemmel bir girişim karakteristiğine de sahiptir, böylece karmaşık geometriye sahip parçalar, örneğin burulma yayı etkili bir şekilde kaplanabilir.

Delta Seals, Delta Tone, Delta Protekt KL100, alüminyum ve elektrolitik yüzeyler için korumayı büyük ölçüde geliştiren üst kat olarak kullanılır.

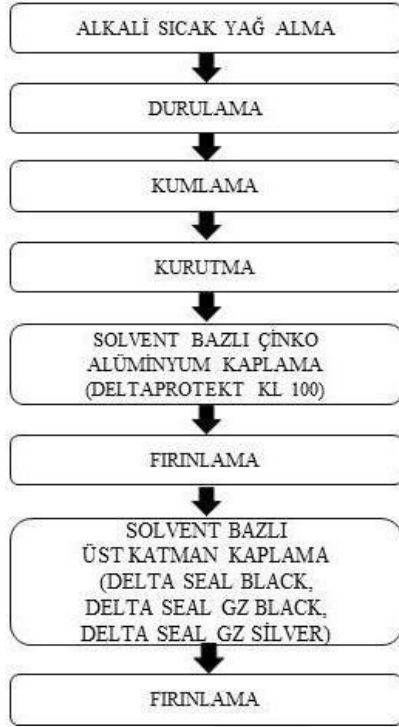
5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Yöntem

Alkali çinko/ alkali çinko nikel/ alkali çinko demir kaplama prosesleri ile çözücü bazlı çinko lamelli kaplama prosesleri ayrı ayrı uygulanan proseslerdir. Proseslerin iş akış şemaları Şekil 5.1 ve 5.2’de verilmiştir. Yapılan çalışmalarda alkali çinko, alkali çinko-nikel, alkali çinko demir kaplamaların hepsi siyanürsüz kaplama yöntemini temsil etmektedir.



Şekil 5.1. Alkali çinko / çinko-nikel / çinko-demir kaplama prosesleri iş akış şeması



Şekil 5.2. Solvent bazlı lamelli kaplama iş akış şeması

Bu çalışma kapsamında, alkali çinko/ alkali çinko nikel/ alkali çinko demir kaplama prosesleri ile çözücü bazlı lamelli kaplama prosesleri yeniden düzenlenerek bir araya getirilmiş ve böylelikle birbirinden farklı proseslerin üstün özelliklerinden faydalanılarak daha üstün kaplama özelliklerine sahip ürünlerin üretilmesine olanak veren bir proses elde edilmiştir. Birbirinden farklı kaplama proseslerinden elde edilen ürünlerin dayanım, iletkenlik ve sıcaklık özellikleri Çizelge 5.1’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.1. Proseslerin karşılaştırılması

	Alkali Çinko Nikel Kaplama + Pasivasyon + Lak	Solvent Bazlı Lamelli Kaplama	Alkali Çinko Demir Kaplama + Pasivasyon + Lak	Alkali Çinko Kaplama + Pasivasyon + Lak	Geliştirilen Proses Çıktısı
Korozyon Dayanımı	720 saat	860 saat	320 saat	300 saat	En az 1000 saat
Çevrimsel Korozyon Dayanımı	30 çevrim	42 çevrim	15 çevrim	15 çevrim	63 çevrim

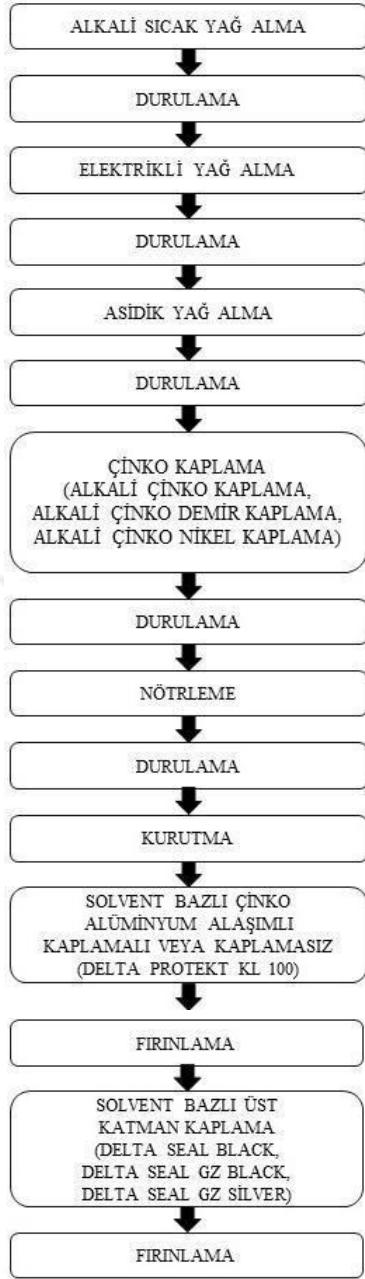
Çizelge 5.1.(Devam) Proseslerin karşılaştırılması

lektriksel İletkenlik	var	yok	var	var	yok
Kimyasal Dayanım	yok	var	yok	yok	var
Sıcaklık	yok	var	yok	yok	var

Bu çalışma kapsamında geliştirilen üç prosesi aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- i. Alkali çinko kaplama prosesi ile birlikte çözücü bazlı lamelli kaplamalı / lamelli kaplamasız son kat kaplama uygulaması
- ii. Alkali çinko-demir prosesi ile birlikte çözücü bazlı lamelli kaplamalı / lamelli kaplamasız son kat kaplama uygulaması
- iii. Alkali çinko-nikel prosesi ile birlikte çözücü bazlı lamelli kaplamalı / lamelli kaplamasız son kat kaplama uygulaması

Yeni geliştirilen kaplama prosesine ait deneysel çalışmalar Şekil 5.3’de verilen iş akışına ve Çizelge 5.2’de verilen deney planına göre yürütülmüştür. Deneysel çalışmalarda kullanılan parametreler ve ilgili seviyeleri sırasıyla 5,8,12 mikron kaplama kalınlıkları olan alkali çinko ve alkali çinko demir kaplamaları farklı yüzdelerde alkali çinko/nikel (88/12, 86/14, 84/16, 82/18) oranına sahip kaplı olan yüzeyler üzerine çözücü bazlı çinko alüminyum alaşımlı kaplama (Delta Protekt KL 100) veya kaplamasız ve çözücü bazlı üst katman (Delta Seal Black/Delta Seal Gz Black ve Delta Seal Gz Silver) kaplama olarak ele alınmıştır.



Şekil 5.3. Yeni geliştirilen proses iş akış şeması

Çizelge 5.2. Proses çalışmaları

Deneyler	Proses Aşaması	Kaplama Kalınlığı	Nikel Yüzdesi	Proses Aşaması	Kaplama Kalınlığı	Proses Aşaması	Kaplama Kalınlığı	Toplam Kalınlık
	1			2		3		
Deney 1	Zn	5		Delta Protekt KL 100	8	Delta Seal Black	20	33
Deney 2	Zn	8		Delta Protekt KL 100	8	Delta Seal Black	20	36

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 3	Zn	12	Delta	8	Delta	20	40
			Protekt		Seal		
			KL 100		Black		
Deney 4	Zn	5	Delta	8			13
			Protekt				
			KL 100				
Deney 5	Zn	8	Delta	8			16
			Protekt				
			KL 100				
Deney 6	Zn	12	Delta	8			20
			Protekt				
			KL 100				
Deney 7	Zn	5	Delta	20			25
			Seal				
			Black				
Deney 8	Zn	8	Delta	20			25
			Seal				
			Black				
Deney 9	Zn	12	Delta	20			32
			Seal				
			Black				
Deney 10	Zn	5	Delta	20			25
			Seal GZ				
			Black				
Deney 11	Zn	8	Delta	20			28
			Seal GZ				
			Black				
Deney 12	Zn	12	Delta	20			32
			Seal GZ				
			Black				
Deney 13	Zn	5	Delta	20			25
			Seal GZ				
			Silver				
Deney 14	Zn	8	Delta	20			28
			Seal GZ				
			Silver				

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 15	Zn	12	Delta Seal GZ Silver	20		32
Deney 16	Zn-Fe	5	Delta Protekt KL 100	8	Delta Seal Black	20 33
Deney 17	Zn-Fe	8	Delta Protekt KL 100	8	Delta Seal Black	20 36
Deney 18	Zn-Fe	12	Delta Protekt KL 100	8	Delta Seal Black	20 40
Deney 19	Zn-Fe	5	Delta Protekt KL 100	8		13
Deney 20	Zn-Fe	8	Delta Protekt KL 100	8		16
Deney 21	Zn-Fe	12	Delta Protekt KL 100	8		20
Deney 22	Zn-Fe	5	Delta Seal Black	20		25
Deney 23	Zn-Fe	8	Delta Seal Black	20		28
Deney 24	Zn-Fe	12	Delta Seal Black	20		32
Deney 25	Zn-Fe	5	Delta Seal GZ Black	20		25
Deney 26	Zn-Fe	8	Delta Seal GZ Black	20		28

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 27	Zn-Fe	12		Delta	20			32
				Seal GZ				
				Black				
Deney 28	Zn-Fe	5		Delta	20			25
				Seal GZ				
				Silver				
Deney 29	Zn-Fe	8		Delta	20			28
				Seal GZ				
				Silver				
Deney 30	Zn-Fe	12		Delta	20			32
				Seal GZ				
				Silver				
Deney 31	Zn-Ni	5	%12	Delta	8	Delta	20	33
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 32	Zn-Ni	8	%12	Delta	8	Delta	20	36
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 33	Zn-Ni	12	%12	Delta	8	Delta	20	40
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 34	Zn-Ni	5	%15	Delta	8	Delta	20	33
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 35	Zn-Ni	8	%15	Delta	8	Delta	20	36
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 36	Zn-Ni	12	%15	Delta	8	Delta	20	40
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 37	Zn-Ni	5	%18	Delta	8	Delta	20	33
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		
Deney 38	Zn-Ni	8	%18	Delta	8	Delta	20	36
				Protekt		Seal		
				KL 100		Black		

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 39	Zn-Ni	12	%18	Delta Protekt KL 100	8	Delta Seal Black	20	40
Deney 40	Zn-Ni	5	%12	Delta Seal Black	20			25
Deney 41	Zn-Ni	8	%12	Delta Seal Black	20			28
Deney 42	Zn-Ni	12	%12	Delta Seal Black	20			32
Deney 43	Zn-Ni	5	%15	Delta Seal Black	20			25
Deney 44	Zn-Ni	8	%15	Delta Seal Black	20			28
Deney 45	Zn-Ni	12	%15	Delta Seal Black	20			32
Deney 46	Zn-Ni	5	%18	Delta Seal Black	20			25
Deney 47	Zn-Ni	8	%18	Delta Seal Black	20			28
Deney 48	Zn-Ni	12	%18	Delta Seal Black	20			32
Deney 49	Zn-Ni	5	%12	Delta Seal GZ Black	20			25
Deney 50	Zn-Ni	8	%12	Delta Seal GZ Black	20			28

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 51	Zn-Ni	12	%12	Delta Seal GZ Black	20	32
Deney 52	Zn-Ni	5	%15	Delta Seal GZ Black	20	25
Deney 53	Zn-Ni	8	%15	Delta Seal GZ Black	20	28
Deney 54	Zn-Ni	12	%15	Delta Seal GZ Black	20	32
Deney 55	Zn-Ni	5	%18	Delta Seal GZ Black	20	25
Deney 56	Zn-Ni	8	%18	Delta Seal GZ Black	20	28
Deney 57	Zn-Ni	12	%18	Delta Seal GZ Black	20	32
Deney 58	Zn-Ni	5	%12	Delta Seal GZ Silver	20	25
Deney 59	Zn-Ni	8	%12	Delta Seal GZ Silver	20	28
Deney 60	Zn-Ni	12	%12	Delta Seal GZ Silver	20	32
Deney 61	Zn-Ni	5	%15	Delta Seal GZ Silver	20	25
Deney 62	Zn-Ni	8	%15	Delta Seal GZ Silver	20	25

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 63	Zn-Ni	12	%15	Delta	20	32
				Seal GZ		
				Silver		
Deney 64	Zn-Ni	5	%18	Delta	20	25
				Seal GZ		
				Silver		
Deney 65	Zn-Ni	8	%18	Delta	20	28
				Seal GZ		
				Silver		
Deney 66	Zn-Ni	12	%18	Delta	20	32
				Seal GZ		
				Silver		

5.2. Kaplama Kalitesinin Ölçümünde Kullanılan Test Yöntemleri

Yapılan çalışma kapsamında yürütülen tüm testler bir otomobilin yaşamı süresince maruz kalabileceği koşulların hızlandırılmış bir şekilde uygulanarak araç ile ilgili garanti ve ömür belirlemede kullanılan ve dünyaca kabul görmüş standart test yöntemleridir.

5.2.1. Kaplama kalınlığının ölçümü

Alkali çinko kaplama, alkali çinko demir kaplama, çinko lamelli kaplama ve alkali çinko nikel kaplamanın kaplama kalınlıkları ile çinko, nikel kaplama yüzdelерinin hesaplandığı ölçümlerde Helmut Fischer XDL marka X-Ray cihazı kullanılmıştır. Kaplama kalınlığının ölçümleri EN ISO 3497 standartlarına göre yapılmıştır [16].



n= 1	NiZn1=	10,5 µm	Ni 1 =	14,5 ‰	Zn 1 =	85,5 ‰
n= 2	NiZn1=	9,9 µm	Ni 1 =	13,8 ‰	Zn 1 =	86,2 ‰
n= 3	NiZn1=	10,7 µm	Ni 1 =	14,4 ‰	Zn 1 =	85,6 ‰
n= 4	NiZn1=	10,5 µm	Ni 1 =	14,0 ‰	Zn 1 =	86,0 ‰
n= 5	NiZn1=	9,8 µm	Ni 1 =	14,3 ‰	Zn 1 =	85,7 ‰
Ortalama		10,28 µm		14,2 ‰		85,80 ‰
Standart Sapma		0,402 µm		0,292 ‰		0,292 ‰
Fark (Max-Min)		0,90 µm		0,70 ‰		0,70 ‰
Ölçüm sayısı		5		5		5
Min. deger		9,8 µm		13,8 ‰		85,5 ‰
Max. Deger		10,7 µm		14,5 ‰		86,2 ‰
Ölçüm Süresi		10 sec				

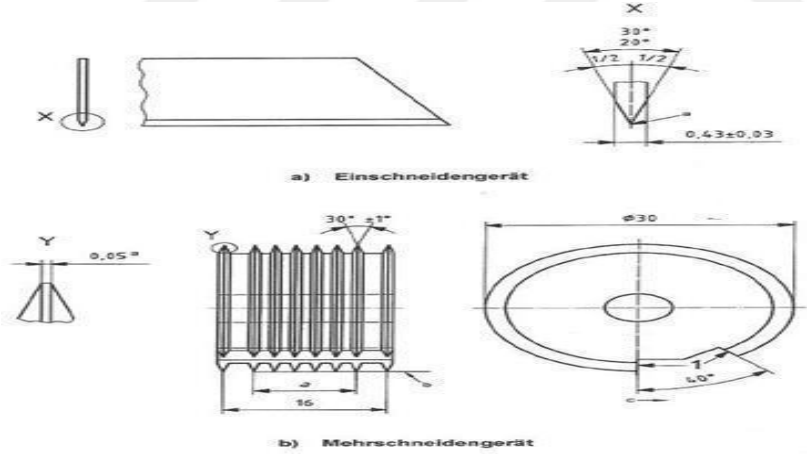
Şekil 5.4. X-ray cihazıyla yapılan örnek ölçüm verileri

5.2.2. Yapışma testi

Kaplamanın yüzeye yapışma derecesini belirlemede kullanılan test yöntemidir. Yapışma testi ISO 2409'a göre yapılmıştır. Kaplamalı yüzey, kesici aletle (cross-cut bıçağı) sabit basınç uygulanarak, kaplamasız yüzeye ininceye kadar çizilerek gerçekleştirilmiştir. Test ekipmanları Şekil 5.5'te ve Şekil 5.6'da mevcuttur [17].



Şekil 5.5. Yapışma testi ekipmanları



Şekil 5.6. Cross-cut bıçakları

Kaplamalı yüzey çizildikten sonra yüzeye yapışkan bir bant (TESA 4657) yapıştırılmıştır.



Şekil 5.7. Bant uygulaması

Yapışkan bant şekil 5.7’te görüldüğü gibi uygulandıktan sonra yüzeyden elle hızlı bir şekilde aşağıdan yukarıya doğru kuvvet uygulanarak kaldırılmıştır.

Bu işlemden sonra gözlemlenen yüzeyin değerlendirilmesi ile ilgili bilgiler Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Yapışma testinin sınıflandırılması

Sınıflandırma	Tanımı	Gösterimi
Gt 0	Kesik kenarlar mükemmel bir biçimde düzdür; karelerde boya kalkması yok.	---
Gt 1	Kesişme noktalarında kırılmış küçük parçalar; karelenmiş yüzeyden %5 daha az kalkma	
Gt 2	Karelerin kesişme noktalarında veya karelenmiş yüzeyden %5 den fazla, %15’den az kalkma	
Gt 3	Kesik kenarlar boyunca kırılmanın kısmi veya karelenmiş yüzeyden %15’ten fazla %35’ten az kalkma	
Gt 4	Geniş şeritler veya tek karelerden tamamen veya karelenmiş yüzeyden %35’ten fazla %65’ten az kalkma	

5.2.3. Kuru yapışma testi

Kuru yapışma testi DIN EN ISO 2409 standardına göre yapılmış ve değerlendirilmiştir. Buna göre kaplanan parça herhangi bir etkiye maruz kalmadan yapışma testine tabi tutulmuştur. Yapışma direnci testi sonrası sonucun Gt 0 olması beklenmektedir [17].

5.2.4. Su direnci testi

Su direnci testi ASTM D 870-02 standardına göre yapılmıştır. Kaplamalı parça 60 ± 2 °C sabit sıcaklıkta 24 saat süreyle demineralize suda bekletilmiştir. Süre tamamlandıktan sonra parça sudan çıkarılmış ve kurutma kâğıdı ile kurulanmıştır. İki saat süreyle ortam koşullarında bekletilen parça DIN EN ISO 4628-1 standardına göre yapışma direnci testine tabi tutulmuştur. Yapışma direnci testi sonrası sonucun Gt 0 olması ve kaplamanın renginde değişim olmaması beklenmektedir [18].

5.2.5. Nem direnci testi

Nem direnci testi DIN EN ISO 6270-2 standardına göre yapılmış ve değerlendirilmiştir. Numune parça 40 ± 1 °C sabit sıcaklıkta 500 saat süreyle ve atmosferik şartlar altında %95 bağıl nem değerine sahip kontrollü bir ortamda bekletilmiştir. Test sonunda numune çıkartılmış ve kurutma kâğıdı ile kurulanmıştır. İki saat süreyle ortam koşullarında bekletilen parça DIN EN ISO 2409 standardına göre yapışma direnci testine tabi tutulmuştur. Yapışma direnci testi sonrası sonucun Gt 0 olması ve kaplamanın renginde değişim olmaması beklenmektedir [19].

5.2.6. Çekme yapışma testi

Çekme yapışma testi ASTM D4541 standardına göre yapılmıştır. Duyarlı tutma aparatı, kaplanmış yüzey üzerine yapıştırılmış ve DeFelsko PosiTest AT-A marka çekme yapışma test cihazıyla kopma oluncaya kadar yüzeye dik bir kuvvet uygulanmıştır. ASTM D4541 standardında yapıştırıcı olarak ARALDITE kullanılmaktadır. Otomotiv sanayinde çekme yapışma testi sonucunun 200 psi'den daha yüksek olması istenmektedir [20].

5.2.7. Kimyasal direnç testleri

Kaplamalı parçaların yüzeyi ilgili kimyasala maruz kaldığında renginde değişim, yapıda yumuşama, lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma ve boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozukluklarının olup olmadığını belirlemede kullanılan ve EN ISO 2812-3 standardına göre yapılan bir test yöntemidir [21].

5.2.7.1. Hidrolik fren sıvısı direnci testi

Hidrolik fren sıvısı direnci testi EN ISO 2812-3 standardına göre yapılmıştır. Pamuklu yüne hidrolik fren sıvısı iyice emdirilir. Hidrolik fren sıvısı emdirilmiş pamuklu yün, yatay düzlemdeki test plakasının üzerine yerleştirilir ve üzeri saat camı ile kapatılır. 24 saat sonunda test sonlandırılır ve kuru pamuklu yün ile test plakasının yüzeyi kurulanır. Su veya kaplamaya zarar vermeyen bir çözücü ile test kimyasalı test plakasından uzaklaştırılır. Kaplamalı parçaların yüzeyinde ilgili kimyasala maruz kaldığında, renk değişimi, yapıda yumuşama, lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma ve boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozuklukları olmamalıdır [21].

5.2.7.2. Benzin direnci testi

Benzin direnci testi EN ISO 2812-3 standardına göre yapılmıştır. Pamuklu yüne benzin iyice emdirilir. Benzin emdirilmiş pamuklu yün, yatay düzlemdeki test plakasının üzerine yerleştirilir ve üzeri saat camı ile kapatılır. 24 saatin sonunda test sonlandırılır ve kuru pamuklu yün ile test plakasının yüzeyi kurulanır. Su veya kaplamaya zarar vermeyen bir çözücü ile test kimyasalı test plakasından uzaklaştırılır. Kaplamalı parçaların yüzeyinde ilgili kimyasala maruz kaldığında, renk değişimi, yapıda yumuşama, lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma ve boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozuklukları olmamalıdır [21].

5.2.7.3. Dizel direnci testi

Dizel direnci testi EN ISO 2812-3 standardına göre yapılmıştır. Pamuklu yüne mazot iyice emdirilir. Mazot emdirilmiş pamuklu yün, yatay düzlemdeki test plakasının üzerine yerleştirilir ve üzeri saat camı ile kapatılır. 24 saatin sonunda test sonlandırılır ve kuru pamuklu yün ile test plakasının yüzeyi kurulanır. Su veya kaplamaya zarar vermeyen

bir çözücü ile test kimyasalı test plakasından uzaklaştırılır. Kaplamalı parçaların yüzeyinde ilgili kimyasala maruz kaldığında, renk değişimi, yapıda yumuşama, lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma ve boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozuklukları olmamalıdır [21].

5.2.7.4. Transmisyon sıvısı direnci testi

Transmisyon sıvısı direnci testi EN ISO 2812-3 standardına göre yapılmıştır. Pamuklu yüne transmisyon sıvısı iyice emdirilir. Transmisyon sıvısı emdirilmiş pamuklu yün, yatay düzlemdeki test plakasının üzerine yerleştirilir ve üzeri saat camı ile kapatılır. 24 saatin sonunda test sonlandırılır ve kuru pamuklu yün ile test plakasının yüzeyi kurulanır. Su veya kaplamaya zarar vermeyen bir çözücü ile test kimyasalı test plakasından uzaklaştırılır. Kaplamalı parçaların yüzeyinde ilgili kimyasala maruz kaldığında, renk değişimi, yapıda yumuşama, lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma ve boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozuklukları olmamalıdır [21].

5.2.8. Sıcaklık dayanımı testi

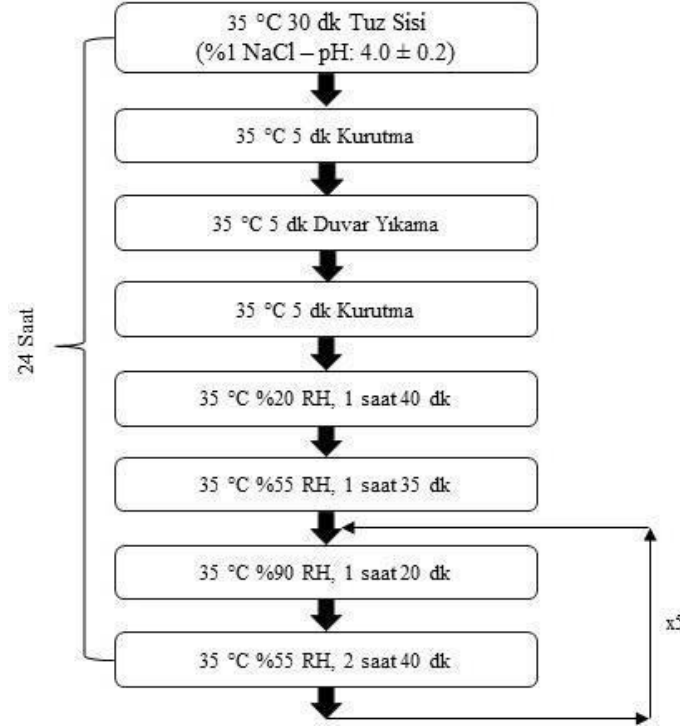
Test edilecek parça etüvde 300 °C sabit sıcaklıkta, 1 saat süreyle bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda numune etüvden çıkartılmış ve ortam sıcaklığında soğuması beklenmiştir. Etüve konulmamış şahit numune ile sıcaklık dayanımı testine tabi tutulmuş parça karşılaştırılmıştır. Teste tabi tutulan parçada şahit numuneye göre renk değişimi, yapıda yumuşama, lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma ve boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozuklukları olmamalıdır.

5.2.9. Tuz sisi testi

Tuz sisi testi DIN EN ISO 9227 standardına göre yapılmıştır. Buna göre kaplanmış plakalar tuz sisi cihazına yerleştirildikten sonra 35 °C sabit sıcaklıkta ve %95 nemde, %5'lik sodyum klorür çözeltisi olan tuz sisine maruz bırakılmıştır. Bu test sonunda eğer beyaz pas gözlemlenirse korozyonun çinko kaplı tabakaya ulaştığı, kırmızı pas gözlemlenirse de korozyonun metal yüzeyine ulaştığı sonucuna varılmıştır. 1000 saat süreyle yapılan korozyon testi sonrası lekelenme, bozulma, çatlama, kırılma, şişme, pullanarak dökülme, tabakalara ayrılma, boya yapışmasında kopma gibi yüzey bozuklukları olmamalıdır ve yüzeyde maksimum %5'inde kırmızı pas olmalıdır [22].

5.2.10. Çevrim testi

Çevrim testi EN ISO 11997-1 Cycle B standardına göre yapılmıştır. Bir çevrim 24 saatten oluşmaktadır ve çevrim aşamaları Şekil 5.8’de verilmiştir [23].



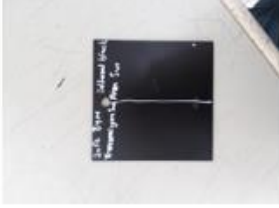
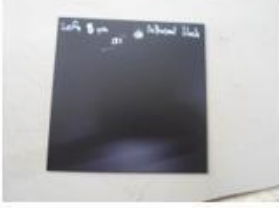
Şekil 5.8. Çevrim testinin uygulama sırası [23]

6. DENEYSEL SONUÇLAR

Çizelge 5.2’de verilen deney planında yer alan kaplamalar yapıldıktan sonra elde edilen numuneler ilgili testlere tabi tutulmuştur. Elde edilen test sonuçları Şekil 6.1-6.5’de verilmiştir.

		
KAPLAMA KALINLIĞI VE KAPLAMA YÜZDESİ = 5 µm	KURU YAPIŞMA TEST SONUCU = Ad4 (UYGUN DEĞİL)	SU DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN
		
NEM DİRENCİ TEST SONUCU = Ad4 (UYGUN DEĞİL)	PULL OFF ADHESİON TEST SONUCU = 176 psi	HİDROLİK FREN SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
		
BENZİN DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	MAZOT DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	TRANSMİSYON SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
		
TUZ TESTİ TEST SONUCU = UYGUN DEĞİL	ÇEVİRİM TESTİ TEST SONUCU = UYGUN DEĞİL	SICAKLIK DAYANIMI TEST SONUCU = UYGUN

Şekil 6.1. Deney 1: Alkali çinko- 5mi kron + deltaprotekt KL100 + deltaseal black

 KAPLAMA KALINLIĞI VE KAPLAMA YÜZDESİ = 8 μm	 KURU YAPIŞMA TEST SONUCU = Ad0 (UYGUN)	 SU DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN
 NEM DİRENCİ TEST SONUCU = Ad0 (UYGUN)	 PULL OFF ADHESION TEST SONUCU = 320 psi	 HİDROLİK FREN SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
 BENZİN DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	 MAZOT DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	 TRANSMİSYON SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
 TUZ TESTİ TEST SONUCU = UYGUN	 ÇEVİRİM TESTİ TEST SONUCU = UYGUN	 SICAKLIK DAYANIMI TEST SONUCU = UYGUN

Şekil 6.2. Deney 23: Alkali çinko demir-8 mikron + deltaseal black

 KAPLAMA KALINLIĞI VE KAPLAMA YÜZDESİ = 5 μm / %15	 KURU YAPIŞMA TEST SONUCU = Ad0 (UYGUN)	 SU DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN
 NEM DİRENCİ TEST SONUCU = Ad0 (UYGUN)	 PULL OFF ADHESİON TEST SONUCU = 437 psi	 HİDROLİK FREN SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
 BENZİN DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	 MAZOT DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	 TRANSMİSYON SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
 TUZ TESTİ TEST SONUCU = UYGUN	 ÇEVİRİM TESTİ TEST SONUCU = UYGUN	 SICAKLIK DAYANIMI TEST SONUCU = UYGUN

Şekil 6.3. Deney 43: Alkali çinko nikel %15-5 mikron + deltaseal black

		
KAPLAMA KALINLIĞI VE KAPLAMA YÜZDESİ = 8 μ m / % 15	KURU YAPIŞMA TEST SONUCU = Ad0 (UYGUN)	SU DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN
		
NEM DİRENCİ TEST SONUCU=Ad0 (UYGUN)	PULL OFF ADHESİON TEST SONUCU = 480 psi	HİDROLİK FREN SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
		
BENZİN DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	MAZOT DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	TRANSMİSYON SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
		
TUZ TESTİ TEST SONUCU = UYGUN DEĞİL	ÇEVİRİM TESTİ TEST SONUCU = UYGUN DEĞİL	SICAKLIK DAYANIMI TEST SONUCU = UYGUN

Şekil 6.4. Deney 54: Alkali çinko nikel %15-12 mikron + deltaseal gz black

 KAPLAMA KALINLIĞI VE KAPLAMA YÜZDESİ = 8 μm	 KURU YAPIŞMA TEST SONUCU = Ad0 (UYGUN)	 SU DİRENCİ TEST SONUCU= Renk değişiminden dolayı uygun değil
 NEM DİRENCİ TEST SONUCU= Renk değişiminden dolayı uygun değil	 PULL OFF ADHESİON TEST SONUCU = 266 psi	 HİDROLİK FREN SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
 BENZİN DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	 MAZOT DİRENCİ TEST SONUCU = UYGUN	 TRANSİMYON SIVISI TEST SONUCU = UYGUN
 TUZ TESTİ TEST SONUCU = UYGUN	 ÇEVİRİM TESTİ TEST SONUCU = UYGUN	 SICAKLIK DAYANIMI TEST SONUCU = UYGUN

Şekil 6.5. Deney 14: Alkali çinko-8 mikron + deltaseal gz silver

Çizelge 5.2. (Devam) Proses çalışmaları

Deneyler	Kuru Yapışma Testi	Su Direnci Testi	Nem Direnci Testi	Çekme Yapışma Testi	Hidrolik Fren / Benzin / Mazot / Transmisyon Sıvısı Direnci	Tuz Testi	Çevrim Testi	Sıcaklık Testi
Deney 1	Ad 4 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 4 (Uygun Değil)	176 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 2	Ad 3 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 4 (Uygun Değil)	181 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 3	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	170 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 4	Ad 5 (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	182 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 5	Ad 5 (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	173 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 6	Ad 5 (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	164 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 7	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	233 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 8	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	246 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 9	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	226 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 10	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Boya kopması (Uygun Değil)	276 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 11	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	281 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 12	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	244 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 13	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	254 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 14	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	266 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 15	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	257 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 16	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	176 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 17	Ad 4 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	179 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 18	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 3 (Uygun Değil)	163 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 19	Ad 1 (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	157 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 20	Ad 5 (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	158 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 21	Ad 2 (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	102 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 22	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	344 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 23	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	320 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 24	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	325 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 25	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	356 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 26	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	348 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 27	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	360 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 28	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	378 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 29	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	352 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 30	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	367 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 31	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	166 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 32	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	172 psi	Uygun			Uygun
Deney 33	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	182 psi	Uygun			Uygun
Deney 34	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	153 psi	Uygun			Uygun
Deney 35	Ad 3 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	158 psi	Uygun			Uygun
Deney 36	Ad 2 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	167 psi	Uygun			Uygun

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 37	Ad 1 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	148 psi	Uygun			Uygun
Deney 38	Ad 1 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	156 psi	Uygun			Uygun
Deney 39	Ad 3 (Uygun Değil)	Uygun	Ad 2 (Uygun Değil)	164 psi	Uygun			Uygun
Deney 40	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	469 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 41	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	447 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 42	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	458 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 43	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	437 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 44	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	442 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 45	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	463 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 46	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	463 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 47	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	445 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 48	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Ad 0 (Uygun)	439 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 49	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	494 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 50	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	431 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 51	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	453 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 52	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	466 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 53	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	477 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 54	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	480 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 55	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	492 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 56	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	438 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 57	Ad 0 (Uygun)	Uygun	Yüzeyde blister ve kopma (Uygun Değil)	486 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 58	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	439 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 59	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	486 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 60	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	471 psi	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
Deney 61	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	452 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 62	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	463 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Çizelge 5.2.(Devam) Proses çalışmaları

Deney 63	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	455 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 64	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	475 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 65	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	489 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Deney 66	Ad 0 (Uygun)	Renk değişik (Uygun Değil)	Renk değişik (Uygun Değil)	477 psi	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

7. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda elde edilen numunelerden, alkali çinko, alkali çinko demir ve alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Protekt KL 100 ve alkali çinko, alkali çinko demir ve alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Protekt KL 100 + son kat kaplamalı olanları kuru yapışma testini geçememiştir. Bunların haricindeki kaplama kombinasyonları kuru yapışma testini geçmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda alkali çinko / alkali çinko demir + Delta Protekt KL 100 kaplama ve alkali çinko / alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Gz Silver kaplamalı numunelerde renk değişimi olduğundan, su direnci testini geçememiştir. Bunların haricindeki kaplama kombinasyonları su direnci testinden geçmiştir.

Alkali çinko / alkali çinko demir + Delta Protekt KL 100 ve alkali çinko/ alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Gz Silver kaplamalarda nem direnci testi sonucunda renk değişimi olduğu gözlemlenmiş ve testi geçememişlerdir. Ayrıca alkali çinko / alkali çinko demir/ alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Protekt KL 100 + Delta Seal black ve alkali çinko/ alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Gz black kaplamalarda da yapışma sonrası yapılan testler sonucu problemler olduğu gözlemlenmiş ve bunlar da testi geçememişlerdir. Bunların haricindeki kaplama kombinasyonları nem direnci testinden geçmiştir.

Çekme yapışma testi sonrası alkali çinko / alkali çinko demir / Alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Protekt KL 100 ve alkali çinko/ alkali çinko demir/ alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Protekt KL 100 + Delta Seal black kaplamalarda 200 psi'den daha düşük değerlerde kopmalar gözlemlenmiştir. İlgili numuneler su direnci testini, nem direnci testini de geçmediği için diğer testler yapılmamıştır.

Çinko kaplama üzerine yapılan Delta Seal Black, Delta Seal Gz Black, Delta Seal Gz Silver uygulamalarında 200 – 300 psi aralığında çekme yapışma direnci gözlemlenmiştir.

Çinko demir kaplama üzeri yapılan Delta Seal Black, Delta Seal Gz Black, Delta Seal Gz Silver uygulamalarında ise 300 – 400 psi aralığında çekme yapışma direnci gözlemlenmiştir.

Çinko nikel kaplama üzeri yapılan Delta Seal Black, Delta Seal Gz Black, Delta Seal Gz Silver uygulamalarında ise 400 psi'nin üzerinde çekme yapışma direnci gözlemlenmiştir.

Uygulanan kimyasal direnç (hidrolik fren sıvısı direnci, benzin direnci, dizel direnci, transmisyon sıvısı direnci) ve sıcaklık direnci testlerinden tüm kaplama kombinasyonları geçmiştir.

Korozyon testlerine ait sonuçlar incelendiğinde (Tuz sisi testi ve çevrimsel korozyon testi) alkali çinko / alkali çinko nikel kaplama (%12-15-18 Ni içeren) / alkali çinko demir (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Gz black ve alkali çinko / alkali çinko nikel kaplama (%12-15-18 Ni içeren) / alkali çinko demir (5,8 ve 12 mikron) + Delta Protekt - KL100 kaplamalarının testlerden geçemediği gözlemlenmiştir. Öte yandan alkali çinko / alkali çinko- nikel kaplama (%12-15-18 Ni içeren), alkali çinko demir (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal black ve alkali çinko / alkali çinko nikel kaplama (%15-18 Ni içeren) /alkali çinko demir (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Gz Silver kaplamalar korozyon testlerinden başarı ile geçmiştir.

Bu çalışma kapsamında hedeflenen ve en iyi performansı veren sonuçlara alkali çinko/ Alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Black kaplamalar ile ulaşılmıştır. Bunların içerisinde de en iyi sonuçları %12 ve %15 nikel bileşimine sahip alkali çinko nikel kaplama (5 ve 8 mikron) + Delta Seal Black kaplamalarla ulaşılmıştır. Bu proses ile ilgili patent başvurusu yapılmış ve 3170630 kodlu patent alınmıştır.

Bir aracın dışarıdan görünmeyen yerinde kalan, parçalar alkali çinko / alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplama (5,8 ve 12 mikron) + Delta Seal Gz Silver ile kaplanabilir. Zira bu kombinasyondan alınan sonuçlar incelendiğinde otomotiv sanayinin beklentilerinin karşılanabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çinko kaplama kalınlığının artmasıyla iki tabakanın birbirine yapışma mukavemetinin değişmediği gözlemlenmiştir.

7.2. Tartışma

Yapılan çalışmalar sonucunda alkali çinko / alkali çinko demir / alkali çinko nikel üzeri Delta protekt KL 100 uygulamalarında istenilen yapışma (adezyon ve çekme yapışma adezyon) değerlerine ulaşamamıştır. Yüzey pürüzlülüğü artırılarak ve alkali çinko / alkali çinko demir / alkali çinko nikel üzerine uygulanacak Delta protekt KL 100 ün ıslatma açısı ve temas açısı ile ilgili çalışmalar yapılarak problemin çözümü sağlanabilir.

7.3. Öneriler

Tez çalışması kapsamında alkali çinko / alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplı malzemelerin üzerine solvent bazlı lamelli kaplama ve üst kaplama uygulamalarına yönelik çalışmalar yürütülmüştür.

Alkali çinko / alkali çinko demir / alkali çinko nikel kaplamalar üzerine su bazlı lamelli kaplama ve üst kaplamaları ile ilgili benzer çalışmalar yapılabilir. Su ve solvent bazlı lamelli kaplama prosesleri arasındaki en belirgin fark su bazlı lamelli kaplama ve üst kaplamaların kurlenme sıcaklıklarının (380 – 450 °C) solvent bazlı lamelli kaplama ve üst kaplamalara göre (180 – 250 °C) çok yüksek olmasıdır. Bu durum göz önünde bulundurularak metalurjik özelliklere su bazlı lamelli kaplamalara uygun altlıklar için de denenebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Selvarani Ganesan, Ganesan Prabhu, Branko. N. Popov, *Electrodeposition and characterization of Zn-Mn coatings for corrosion protection*, Surface & Coatings Technology 238; p. 143, 2014.
- [2] Nabil Zaki, Frederick Gumm Chemical Company, Inc.; Zinc Alloy Plating, Surface Engineering (Introduction) Volume 5; ASTM
- [3] International Standarts, ISO 10683 *Fasteners- Non-electrolytically applied zinc flake coatings* (2014)
- [4] Doerken http://www.deltagbn.co.uk/downloads/data_sheet_delta_seal.pdf "DELTA-SEAL" Erişim 08 Kasım, 2018
- [5] Sierka, Christopher Eric, "*Industrial Zinc Plating Processes*" (2015)
- [6] Uyanık, G., *Fizikokimya*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, (1992)
- [7] LIN Zhi-feng, LI Xiang-bo, XU Li-kun (2012). Electrodeposition and Corrosion Behavior of Zinc-Nickel Films Obtained From Acid Solutions: Effects of TEOS as Additive. *International Journal of Electrochemical Science*, 7, 12507-12517.
- [8] Fernandez-Olmo I, Ortiz A, Urtiaga A, Ortiz I (2008). Selective Iron Removal from Spent Passivation Baths by Ion Exchange. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 83(12), 1616-1622.
- [9] Doğa Kimya. (t.y) <http://www.dogkim.com/yuzey-islem-yag-alma-neden-uygulanir.html> Erişim 08 Kasım, 2018
- [10] C. N. Panagopoulos, P. E. Agathocleous, V. D. Papachristos, A. Michaelides "*Sliding Wear Behaviour Of Zinc–Iron Alloy Electrodeposits*" 10 January 2000
- [11] Streitberger, H., Dössel, K. (2008). *Automotive Paints and Coatings* (2. baskı). WileyVCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- [12] Tuna, N. (2013). *Çinko ve Nikel Kaplanmış Düşük Karbonlu Çelik Plaka ve Vidaların Korozyon Davranışının İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [13] Yaluk D. "*Çelik Sistemlerin Yüzey Özelliklerinin Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplamalara Etkisi*" "Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009
- [14] International Standarts, ISO 10683 *Fasteners- Non-electrolytically applied zinc flake coatings* (2014)
- [15] Doerken. "DELTA-PROTEKT KL100" <https://www.doerkenmks.de/en/internal->

[area/productprofile/delta- protektr-kl-100/](#) Erişim 08 Kasım 2018

- [16] DIN EN ISO 3497 *Metalic Coating – Measurement of Coating Thickness – X-Ray Spectrometric Methods* (2001).
- [17] DIN EN ISO 2409 *Paints and Varnishes – Cross-cut Test* (2007).
- [18] ASTM D 870-02 *Standart Practice for Testing Water Resistance of Coating Using Water Immersion* (2005).
- [19] DIN EN ISO 6270-2 *Paints and Varnishes – Determination of Resistance to Humidity*, (2005).
- [20] ASTM D4541 *Standart test method for Pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesion Testers* (2017).
- [21] DIN EN ISO 2812-3 *Paints and Varnishes – Determination of Resistance to Liquids – Part3: Metod: Using an Absorbent Medium* (2013).
- [22] DIN EN ISO 9227 *Corrosion Test in Artificial Atmospheres – Salt Sprey Tests* (2006).
- [23] DIN ISO 11997-1 *Cycle B Paints and Varnishes – Determination of Resistance to Cyclic Corrosion Conditions* (2006).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet CAN
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Bursa, 1985
E-Posta : ahmetcan@uzmankataforez.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2008, Kocaeli Üniversitesi, Müh. ve Mim. Fakültesi, KimyaMühendisliği
- (2009-Halen), Uzman Kataforez Yüzey Kaplama, Laboratuvar Sorumlusu

