



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

METALÜRJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SICAK HADDELENMİŞ YASSI ÇELİKLERDE DUBLEKS
SİSTEM ŞEKLİNDE UYGULANAN TOZ KAPLAMA
UYGULAMALARININ KOROZYONA OLAN DAYANIMININ
İNCELENMESİ**

TUĞÇE KINAY AKYÜZ

DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ YASİN ÖZGÜRLÜK

BARTIN-2024



T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
METALÜRJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SICAK HADDELENMİŞ YASSI ÇELİKLERDE DUBLEKS SİSTEM ŞEKLİNDE
UYGULANAN TOZ KAPLAMA UYGULAMALARININ KOROZYONA OLAN
DAYANIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe KINAY AKYÜZ

BARTIN-2024

KABUL VE ONAY

Tuğçe KINAY AKYÜZ tarafından hazırlanan “SICAK HADDELENMİŞ YASSI ÇELİKLERDE DUBLEKS SİSTEM ŞEKLİNDE UYGULANAN TOZ KAPLAMA UYGULAMALARININ KOROZYONA OLAN DAYANIMININ İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma, 31.01.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Üye :

Üye :

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitimi Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK
Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Dr. Öğr. Üyesi Yasin ÖZGÜRLÜK danışmanlığında hazırlamış olduğum “SICAK HADDELENMİŞ YASSI ÇELİKLERDE DUBLEKS SİSTEM ŞEKLİNDE UYGULANAN TOZ KAPLAMA UYGULAMALARININ KOROZYONA OLAN DAYANIMININ İNCELENMESİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

31.01.2024

Tuğçe KINAY AKYÜZ

ÖNSÖZ

Üniversite bünyesinde ve haricinde yapmış olduğumuz çalışmalarda, tez çalışması esnasında yönlendirici eleştirileri ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yasin ÖZGÜRLÜK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasında bana destek olan, tecrübelerini ve desteğini esirgmeden paylaştan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Abdullah Cahit KARAOĞLANLI'ya, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gülfem BİNAL'a ve Sayın Arş. Gör. Dr. Sefa Emre SÜN BÜL'e ayrıca teşekkür ederim.

Deney düzeneğini oluştururken yardım ve desteklerini gördüğüm Gersan Elektrik Tic. ve San. A.Ş. yöneticileri ve çalışanları ile birlikte Fabrika Direktörü Sayın Neşat ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca hiçbir zaman benden desteklerini esirgemeyen sevgili annem Rabia KINAY'a ve kıymetli babam Hasan Rıza KINAY'a ayrı ayrı teşekkürlerimi sunmak isterim. Eğitim ve tez çalışmalarım süresince gerek akademik bilgisi gerekse bu sürede gösterdiği sabır ve destek ile varlığına şükür nedenim sevgili eşim İlkay AKYÜZ'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tuğçe KINAY AKYÜZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SICAK HADDELENMİŞ YASSI ÇELİKLERDE DUBLEKS SİSTEM ŞEKLİNDE UYGULANAN TOZ KAPLAMA UYGULAMALARININ KOROZYONA OLAN DAYANIMININ İNCELENMESİ

Tuğçe KINAY AKYÜZ

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Yasin ÖZGÜRLÜK

2. Danışman: Arş. Gör. Dr. Sefa Emre SÜNBÜL

Bartın-2024, sayfa: 51

Korozyon, ürünlerin ve parçaların, buldukları ortamla kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyona girerek bozulması anlamına gelir ve son derece önemli bir sorundur. Korozyonun nedenleri karışıktır ve sektöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Belirli sektörlerde ortak olan nedenler mevcuttur. En önemli ortak neden çevre koşullarıdır. Çevre koşulları, aynı zamanda korozyon hızını ve yayılımını etkilemektedir. Aşındırıcı bir ortamda çoğunlukla nem, aşırı sıcaklık, yüzey nemi, havadan gelen partiküller, tuz ve endüstriyel makine yağı unsurlarından en az biri bulunmaktadır.

Günümüzde kullanılan birçok materyallerde belirtmiş olduğumuz bu ortamların zorlayıcı etkisi altında ömrünü tüketmektedir. Özellikle marina koşulları değerlendirildiğinde bu zorlayıcı etki yıkıcı bir özellik gösterebilmektedir. Bu etkiyi azaltmak adına metal türevleri üzerinde galvaniz, eloksal en çok tercih edilen kaplama metotlarıdır. Fakat bu metotlarda kullanım ömrünü uzatılması adına yeterli görülmemektedir. Birçok büyük üretici metal malzeme üzerindeki bu baskıyı azaltmak adına ilave olarak boyama yöntemini proseslerine ilave etmiştir. Özellikle günümüzdeki boyama metotları ve endüstriyel şartlar değerlendirildiğinde firmalar gözlerini elektrostatik toz boya üzerine çevirmiştir.

Bu alışma da toz boyanın metallerin üzerinde korozyona olan direnç kazanımı incelenecektir. Bunun için farklı metallere marina Şartlarına uygun değerlendirilecektir. Bunun için TS EN ISO 12944 standardı baz alınacaktır. Çalışma sonucunda darbe, mukavemet, yapışma, tuz testi vb. deneyler gerçekleştirilecektir. Yapılacak testlerde boya üzerindeki korozyon türü inceleme altına alınacaktır. Parçalar üzerinde kaplamaların yüzey görüntüleri alınarak da durumları karşılaştırılarak da durum incelemesi yapılacaktır.

Metali koruma yöntemlerinden olarak görülen toz boyama ile marina koşullarında ürünlerin kullanım ömürlerinin artırılması hedeflenmiştir. Kaplama metodu olarak kullanılan ürün ve türleri ile de ömürleri derecelendirilmesi sağlanacaktır. Birçok endüstriyel kuruluş için yapılacak olan çalışma ile tercih edilecek doğru ürün ve yapılacak düzgün çalışmalara bir temel sağlayacaktır. İhtiyacı karşılayacak doğru ürün temini ile üretim, malzeme, işçilik ve oluşabilecek birçok olumsuzluklardan firmaları uzaklaştıracaktır.

Çalışmanın sağlanabilmesi için öncelikle bir metal türevleri tercih edilecektir. Sağlanacak olan metallere yapılacak testlere uygun ölçülerde hazırlanacaktır. Metal zerine koruyucu kaplama ve yüzey işlemler tercih edilecektir. Hazırlanan işlemlerden sonra farklı boya türleri ile boyama işlemi yapılacaktır. Boyama sonrasında ürünlerin yüzey kalitesi ve görünümü gösteren inceleme yapılacak ve test kalibrasyonu olan firmalara iletilecektir.

Anahtar Kelimeler: Elektrostatik toz boya, kaplama, korozyon, mukavemet.

Bilim Alanı Kodu: 91510, 91513

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF POWDER COATING APPLICATIONS APPLIED AS DUPLEX SYSTEM ON HOT ROLLED STEELS

Tuğçe KINAY AKYÜZ

Bartın University

Graduate School

Department of Metallurgical and Materials Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK

2nd Advisor: Res. Asst. Dr. Sefa Emre SÜNBÜL

Bartın-2024, pp: 51

Corrosion means the deterioration of products and parts by chemical and electrochemical reactions with their environment and is an extremely important problem. The causes of corrosion are complex and vary by industry. There are causes common to certain industries. The most important common cause is environmental conditions. Environmental conditions also affect the rate and spread of corrosion. A corrosive environment often contains at least one of the elements humidity, extreme temperature, surface moisture, airborne particles, salt, and industrial machine oil.

Many of the materials used today are consuming their life under the compelling effect of these environments. Especially when the marina conditions are evaluated, this compelling effect can be destructive. To reduce this effect, galvanizing and anodizing are the most preferred coating methods on metal derivatives. However, these methods are not considered sufficient to prolong the service life. Many large manufacturers have added the dyeing method to their processes to reduce this pressure on the metal material. Especially when today's painting methods and industrial conditions are evaluated, companies have turned their eyes on electrostatic powder paint.

In this study, the corrosion resistance of powder coating on metals will be examined. For this, different metals will be evaluated following marina conditions. TS EN ISO 12944 standard will be based for this examination. As a result of the study, impact, strength, adhesion, salt test, etc. experiments will be carried out. In the tests to be made, the type of corrosion on the paint will be examined. The situation analysis will be made by taking the surface images of the coatings on the parts and comparing their conditions.

It is aimed to increase the service life of the products in marina conditions with powder coating, which is seen as one of the metal protection methods. It will be ensured that the products and types used as a coating method and their lifespan will be graded. For many industrial organizations, the work to be done with the right product to be preferred will provide a basis for industrial studies. With the right product supply that will meet the need, it will keep companies away from production, materials, workmanship, and many negatives that may occur.

In order to ensure the study, first of all, a metal derivative will be preferred. The metals to be supplied will be prepared in suitable dimensions for the tests to be carried out. Protective coating and surface treatments on metal will be preferred. After the prepared processes, dyeing will be done with different paint types. After painting, an examination will be made showing the surface quality and appearance of the products and will be sent to companies that have a test calibration certificate.

Keywords: Coating, corrosion, electrostatic powder coating, strength.

Scientific Field Code: 91510, 91513

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	ii
BEYANNAME	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Dkp.....	4
2.2. Korozyon.....	4
2.2.1. Yüksek Sıcaklık Korozyonu (High Temperature Corrosion).....	5
2.2.2. Taneler Arası Korozyon (Intergranular Corrosion)	5
2.2.3. Galvanik Korozyon (Galvanic Corrosion).....	6
2.2.4. Yorulmalı Korozyon (Fatigue Corrosion)	6
2.2.5. Seçimli Korozyon (Selective Corrosion).....	7
2.2.6. Üniform Korozyon (Uniform Corrosion).....	7
2.2.7. Mikrobiyolojik Korozyon (Microbiological Corrosion).....	7
2.2.8. Çukur Korozyonu (Pitting Corrosion).....	8
2.2.9. Erozyon Korozyonu (Erosive Corrosion)	8
2.2.10.Çatlak Korozyonu (Crevice Corrosion).....	9
2.2.11. Aşınmalı Korozyon (Wear Corrosion).....	10
2.2.12. Hidrojen Kırılabilirliği (Hydrogen Fragility).....	10
2.2.13. Filiform Korozyon (Filiform Corrosion)	11
2.3. Sıcak Daldırma Galvaniz	11
2.3.1. Yağ alma	13
2.3.2. Asit ile Yüzey Temizleme.....	14
2.3.4. Flaks	14
2.3.5. Kurutma.....	14
2.3.6. Galvanizleme	14
2.3.7. Soğutma.....	15
2.4. Kumlama	15
2.5. Elektrostatik Toz Boya	15

2.5.1. Epoksi toz boya ve genel özellikleri	16
2.5.2. Polyester toz boya ve genel özellikleri	17
2.5.3. Epoksi- polyester toz boya ve genel özellikleri	17
2.5.4. Poliüretan toz boya ve genel özellikleri	17
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	18
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	20
4.1. Materyal.....	20
4.2. Numuneye Uygulanacak Testler.....	20
4.3. Metot	28
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	40
5.1. TS EN ISO 2409 / DIN 53131 / ASTM D339 / BS 3900 Çapraz Kesme Deneyi değerlendirmesi.....	40
5.2. EN ISO 6272-1 / ASTM D2794 -Darbe Testi değerlendirme:.....	40
5.3. TS EN ISO 1519 – Bükme Deneyi (Silindirik Bükme) değerlendirme:	41
5.4. EN ISO 92 – Tuz Testi değerlendirme:	42
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1.1: Bariyer ve Katodik Koruma	2
2.1: Tanelerarası Korozyon	6
2.2: Galvanik Korozyon	6
2.3: Seçimli Korozyon.....	7
2.4: Üniform Korozyon	7
2.5: Mikrobiyolojik Korozyon	8
2.6: Çukur Korozyonu.....	8
2.7: Erozyon Korozyonu	9
2.8: Çatlak Korozyonu	9
2.9: Stress Korozyonu	10
2.10: Aşınmalı Korozyon	10
2.11: Hidrojen Kırılabilirliği	11
2.12: Eta-Zeta-Delta-Gama görünümleri	11
2.13: Denge diyagramı	12
2.14: Çinko patinası örnek görüntüsü	13
4.1: Cross-cut bıçak pozisyonu	21
4.2: Cross-cut bıçak tutuş şekli	22
4.3: Bant tutuş açısı	22
4.4: Cross-cut test cihazı görseli.....	23
4.5: EN ISO 6272-1 Darbe Testi	24
4.6: ISO 4628-2 Kabarcıklama Derecesi.....	26
4.7: ISO 4628-3 Paslanma Derecesi.....	27
4.8: ISO 4628-8 Korozyon Derecesi	27
4.9: Ortam- Korozyon sınıfı tablosu	28
4.10: Ömür-Koşul dengesinde tuz testi saati değerlendirme tablosu	28
4.11: Proses Şeması	29
4.12: Mekotek marka lazer kesim makinesi	30
4.13: Numune deney parçaları.....	30
4.14: Sıcak Daldırma Galvaniz Yağ Alma Prosesi	31
4.15: Sıcak Daldırma Galvaniz Durulama Prosesi	31
4.16: Sıcak Daldırma Galvaniz HCL Asit Prosesi.....	32

4.17: Sıcak Daldırma Galvaniz FLux Prosesi	32
4.18: Sıcak Daldırma Galvaniz Kurutma Prosesi.....	33
4.19: Sıcak Daldırma Galvaniz Prosesi.....	33
4.20: Sıcak Daldırma Galvaniz çıkış görselleri.....	34
4.21: Kumlama Makinesi	35
4.22: Kumlama Makinesi Nozullar	35
4.23: Kumlanan deney parçaları.....	36
4.24: Kumlama öncesi ve sonrası karşılaştırma görselleri	36
4.25: Boya işlemi için askılanan deney parçaları	37
4.26: Astarlama – epoksi boyama işlemi.....	38
4.27: Deney parçaları pişirme fırını giriş.....	38
4.28: Polyester boyama işlemi	39
5.1: Cross-cut test yapılan parçaların görüntüsü	40
5.2: EN ISO 6272-1 Darbe Testi sonrası	41
5.3: Bükme Testi sonrası.....	41
5.4: Deney şartları	42
5.5: Tuz testi değerlendirme tablosu.....	42
5.6: Tek kat boyama yapılan deney parçasının tuz testi sonuçlarının mikroskop altındaki görüntüleri	43
5.7: Çift kat boyama yapılan deney parçasının tuz testi sonuçlarının mikroskop altındaki görüntüleri	44

1. GİRİŞ

İnşaat, imalat ve otomotiv sektörlerini ile yakından ilişkisi olan alan, metal üretim sektörüdür. Sanayi sektöründe metaller gerek ülkeler gerek bireysel olarak vatandaşlar için hayati bir öneme arz etmektedir. Dünya Çelik Birliği'nin (Worldsteel) 2022 Mart ayında elde edilen veriler incelendiğinde dünyadaki ham çelik imalatı geçtiğimiz yılın Mart ayına göre %5,8 azalarak 161,1 milyon ton oldu. Ancak çelik hava, su ve toprak gibi önem arz eden ortamlarda oksijeninde etkisi ile yüzeyinde bozulmalarda göstererek, renkli pas oluşumu gözlemlenerek korozyona uğramaktadır. Bu renkli pasın malzeme ile malzemenin bulunduğu ortamın yüzeyinden başlayarak derinliklerine doğru ilerlemesiyle fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerine istenmeyen zarara uğratmasıyla metal kullanılamaz hale gelip hurdaya ayrılmaktadır.

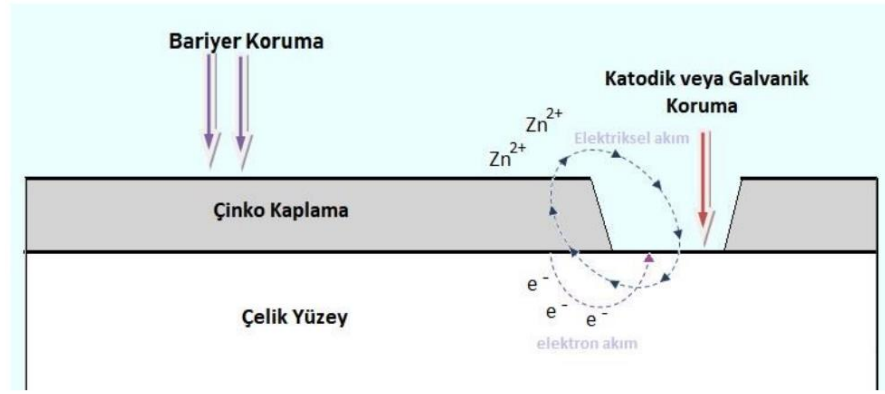
Endüstride önemli bir sorun olarak korozyonun önemi her geçen gün artmakta ve korozyonla mücadele tüm ülkeler için kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmektedir. Ancak korozyonun, metallerin doğada durağan duruma dönme isteğinden kaynaklanan bir doğa olayı olduğunu düşünsük bile ülke ekonomisine olan zararı ilk sırada yer almaktadır. Korozyonun ülkeler ekonomisine maliyeti ise Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) %3 – 5'i arasında değişmektedir. Yapılan çalışmalar korozyonun Türkiye ekonomisine maliyeti GSMH'nin %4.6'sı civarında olduğunu göstermektedir. Başka bir deyiş ile korozyon her yıl yaklaşık 9 milyar dolarlık bir serveti götürmektedir. Yani korozyon sonucunda kaybedilen çelik, ekonomik anlamda hammadde maliyetine kıyasla daha fazla kayıplara neden olmuştur. (Yaşar, 2009).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, etkili önlemlerin korozyon maliyetlerini %25-30 oranında azaltılabileceğini göstermektedir. Alınan korozyon önlemleri, optimum koruma için beklentileri karşılıyorsa; uzun hizmet ömrü, dayanıklılık, sık bakım gereksinimleri, verimlilik, ekonomi, az malzeme, enerji, işçilik, mekanik gerilim, aşınma ve darbeye dayanıklı değildir.

Çeliğin dış etkilerle ilk karşılaştığı yer olan dış yüzeyler en fazla korozyona uğrayan alanlardır. Bu aşamada devreye yüzeyin başka bir malzeme ile kaplanması gelmektedir. Çeliğin yüzeyinin durdurulması mümkün olmayan korozyona karşı direnç elde etme işlemi

olan “Sıcak Daldırma ile Galvanizleme” dünya ve ülkemizde en çok tercih edilen ve diğer yöntemlere göre daha fazla artı sağlamıştır (URL-1, 2024).

Çeliğin erimiş halde bulunan çinko banyosuna daldırılarak kaplanması metoduna sıcak daldırma galvaniz kaplama adı verilir. Çinko ve çinko elementleri, çeliğe yüksek düzeyde koruma sağlayan bir alaşım tabakası oluşturur. Bu tabaka, diğer kaplamalara ek olarak bariyer koruma mekanizmalarına ilave olarak katodik bir koruma sağlar. Bilinen diğer kaplamalar, alttaki çelik yüzeyi fiziksel bir filmle (bariyer koruması) dış etkilerden yalıtırken, sıcak daldırma galvanizli kaplamalar, çelik yüzeylerde korozyonu önlemek için (katodik koruma) yapıdaki çinkoyu elektrokimyasal olarak feda eder. Bu koruma mekanizması literatürde galvanik koruma olarak da adlandırılmaktadır (Dıraz, 2018). Şekil 1.1’de örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.1: Bariyer ve Katodik Koruma

Sıcaklığın çok yükselmesi, yüzeydeki aşırı nem, çevreden yüzeye yapışan partiküller, endüstriyel makine yağı ve tuz gibi aşındırıcı unsurların zorlayıcı etkisi altında galvaniz kaplama tek başına yeterli kalmamaktadır. Özellikle marina şartları değerlendirildiğinde bu zorlayıcı etki yıkıcı bir özellik göstermektedir. Bu yıkıcı etkiyi azaltmak adına birçok büyük üretici boyama yöntemini de proseslerine ilave etmiştir. Günümüzde firmalar özellikle boyama metotları arasından gözlerini boya kaplama üzerine çevirmiştir.

Boya, sıvı bir ortamda süspansiyon edilmiş pigmentlerden oluşan ve çoğunlukla koruyucu bir kaplama veya dekoratif olarak kullanılan bir emülsiyon grubudur. Yaklaşık 30 bin yıl kullanım geçmişine sahiptir. İlk çağlarda yaşayan ilkel insanların, yaşamlarını mağara duvarlarına o günkü yaşamlarının bir göstergesi olan figürleri oluşturmak için ham boyalar

kullanımı buna en iyi örnektir. Bu örnekler yapıldığı ilk günden bugüne kadar sağlam bir şekilde kalmayı başarmıştır.

Ancak, kaplama ve boyaların endüstrinin temel bir bileşeni olması Sanayi Devrimi'nin meydana gelmesi ile gerçekleşmiş ve 1880'lerin ortalarından itibaren ABD genelinde, boya fabrikaları birbiri ardına ortaya çıkmıştır. Ancak hazırlanan boyanın ağırlığı taşımamı pahalı hale getirirken, gelişen makineleşme ve mekanizasyon ile boyanın toz halinde piyasaya akışı başladı.

40'lı yılların sonu ve 50'li yılların başlarında Alman olan bilim insanı Dr. Erwin Gemmer, toz boya kaplamaların ısı ile kaplandığı yüzeye sabitlendiği alışıkan yatak (fluidized-bed) prosesini geliştirdi ve elektrostatik toz boya tarihi sürecine hız kazandırdı. 60'lı yılların başında toz boyanın ABD'de geliştirilmesi ve yaygınlaşması, akışkan yatak kaplama uygulamasının popülerliğini azalttı. Elektrostatik toz boya proseslerinin püskürtme yöntemi uygulanarak işleme alınması bugüne kadar halen devam etmekte olan tekniktir. Bu yöntemin en önemli özelliği, kaplanacak malzemenin topraklanmış olması ve toz boya taneciklerinin ise elektrikle yüklenmiş olmasıdır. Malzeme ile toz boya tanecikleri arasında elektrostatik olarak çekim oluşmasını sağlar ve bu çekim malzemenin yüzeyinde istenilen kalınlık ölçülerinde bir film tabakasının oluşmasına ve toz boya partiküllerinin eriyerek malzemenin yüzeyine yapışma öncesi tutunmasını sağlar (Özden, 2020).

Yüzeyi sıcak daldırma galvaniz kaplı malzemelerin üzerine ek olarak bir boya veya kaplama yapılmak istendiğinde, dünya çapındaki kaplama endüstrisi bu işlemi DUBLEX SİSTEM şeklinde adlandırmıştır. Bu sistem ile hem estetik hem de korozyon direnci açısından daha da verimli yapılar inşa etmek mümkündür.

2. GENEL BİLGİLER

Çalışmanın bu bölümünde, seçilen metalin kullanıldığı ortamda karşı karşıya kaldığı tehditler ve önlemek adına yapılabilecek yöntemlerden bahsedilmiştir.

2.1. Dkp

Dkp; tabiatta oksit, hidrooksit ve karbon halinde diğer maddeler ile karışık halde bulunan demir cevheri ve/veya hurdaların, talep edilen ürün kalitesine göre alaşımlandırıp yüksek fırın ya da elektrik ark ocaklarında eritilip, dökülmesi ile elde edilen çeliktir. 0.2-3mm kalınlık, 750-1500 mm en aralıklarında üretilen yassı çelikler, ilk üretim prosesinden sonra sanayinin kullanımına uygun değildir. Bu nedenle bir sonraki proses sıcak haddelemedir. Tavlama fırınında ısıtılan levha, haddeleme hattının merdanelerinden geçerken inceler. Çeliğin cinsine göre değişen haddeleme sıcaklığı, kristalleşme sıcaklığı olan 727 °C üstüne çıkmalıdır. Böylece merdanelerin çeliğe verdiği enerji, çeliğinde iç yapısının yeniden kristalleşmesine yardımcı olur. Aksi halde uygulanan deformasyon çeliği sertleştirecektir. Bu da haddeleme henüz bitmeden çelik sacın kaplanmasını gerçekleştirecektir.

Bir sonraki aşama olan soğuk haddeleme, yüzey kalitesini artırabilen ve mekanik özelliklerini iyileştirmeye yönelik bir prosestir. Oda sıcaklığındaki çelik rulo, yine hadde prosesinden geçirilerek istenilen kalınlıklara getirilebilir. Haddeleme sırasında çeliğe uygulanan mekanik enerji dislokasyonların oluşmasına neden olarak çeliğin sertliği ve mukavemeti nedeniyle kırılma dayanımını artırır.

En son işlem olan ısıtma işlemi (tavlama) rulo halindeki çelik fırına getirilir. Çelik, bir brülör yardımıyla ateşlenir ve sıcaklık yeniden kristalleşme sıcaklığını hemen üzerine çıkar. Bu şekilde çelik geriliminden kurtulur. Akma ve kopma değerleri düşerken, uzama değeri de yükselmektedir.

2.2. Korozyon

Korozyon, parçaların ve bu parçaların oluşturduğu ürünlerin, buldukları dış çevre ile gerek kimyasal gerekse elektrokimyasal açıdan etkileşime girerek bozulması anlamına gelir ve

ciddi sonuçlar doğuracak önemli bir sorundur. Korozyonun nedenleri karışıktır ve sektöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Belirli sektörlerde ortak olan nedenler mevcuttur. En önemli ortak neden çevre koşullarıdır. Çevre şartları, korozyona sebebiyet vermekle birlikte korozyon sürecinin hızını ve yayılımını da etkilemektedir. Aşındırıcı bir ortamda çoğunlukla aşırı sıcaklık, nem, havadan gelen partiküller, endüstriyel makine yağı, yüzey nemi ve tuz unsurlarından en az biri bulunmaktadır.

Metal malzemelerde korozyon, buldukları çevre koşullarının özelliklerine bağlı olarak farklı şekillerde görülebilir. En yaygın korozyon çeşitlerini aşağıda görüldüğü gibi 14 başlık altında toplayabiliriz. Bunlar sırası ile;

1. Yüksek Sıcaklık Korozyonu (High Temperature Corrosion)
2. Taneler Arası Korozyon (Intergranular Corrosion)
3. Galvanik Korozyon (Galvanic Corrosion)
4. Yorulmalı Korozyon (Fatigue Corrosion)
5. Seçimli Korozyon (Selective Corrosion)
6. Üniform Korozyon (Uniform Corrosion)
7. Mikrobiyolojik Korozyon (Microbiological Corrosion)
8. Çukur Korozyon (Pitting Corrosion)
9. Erozyon Korozyonu (Erosive Corrosion)
10. Çatlak Korozyonu (Crevice Corrosion)
11. Stress Korozyonu (Stress Corrosion)
12. Aşınmalı Korozyon (Wear Corrosion)
13. Hidrojen Kırılabilirliği (Hydrogen Fragility)
14. Filiform Korozyon (Filiform Corrosion)

2.2.1. Yüksek Sıcaklık Korozyonu (High Temperature Corrosion)

Atmosfer sıcaklığında korozyon etkisi hiç olmayan ve/veya çok az olan kimyasal maddeler, yüksek sıcaklıklarda korozyon olayında etkili olabilir. Isıtılan metal üzerindeki kabuk tabaka, çözünme, çatlama, zayıf veya gevreklik oluşturabilir. Nem olmadan oksijenin çelik üzerinde etkisi korozyon etkisi önemsizdir. Fakat yüksek sıcaklıklarda aşırı yıkıcı olabilir.

2.2.2. Taneler Arası Korozyon (Intergranular Corrosion)

Metaller, katı hal kristal yapılarında düzgün bir şekilde dağılır. Bir metal eritilip soğutulduğunda kristal halde katılaştır. Birçok kristalden oluşan bu parçacıklar birbirinden sınırlarla ayrılmıştır. Bu taneler arasındaki dar bölgelerde düzensiz bir kristal yapı mevcuttur. Bu alanın düzensiz yapısı onu korozyona karşı hassas hale getirir. Şekil 2’de örnek olarak gösterilmektedir.

Tanelerarası korozyon

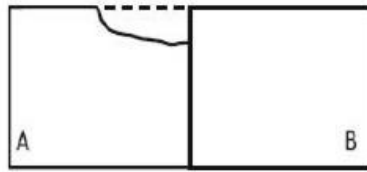


Şekil 2.1: Tanelerarası korozyon

2.2.3. Galvanik Korozyon (Galvanic Corrosion)

Elektrot potansiyelleri farklı metallerin korozif ortamda çalışması durumunda birbirleri ile sürtünerek temas etmesi sonucu ortaya çıkan korozyon türüdür. Bu gibi ortamlarda metaller arasında elektriksel bir bağ ile birbirlerine bağlanırlar. Metallerden elektrod potansiyeli daha elektronegatif olan metal anot olarak korozyona uğrar ve korozyon hızı bu iki metal arasında oluşan farklılığa bağlıdır. (Kazel, 2020). Şekil 2.2’de örnek olarak gösterilmektedir.

Galvanik korozyon



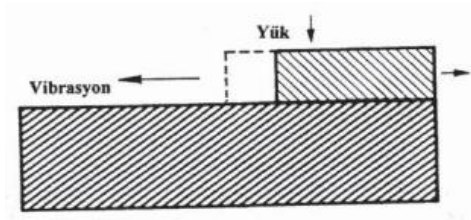
Şekil 2.2: Galvanik korozyon

2.2.4. Yorulmalı Korozyon (Fatigue Corrosion)

Zamanla süreli olarak yükleme ve boşaltma şeklinde dinamik stres altında olan metaller yorulur. Yorulmuş olan metal normale göre daha küçük stres altında kırılabilir. Yorulma ve korozyonun birleşik etkileri, metal malzemenin kısa bir süre içerisinde çatlamasına neden olur.

2.2.5. Seçimli Korozyon (Selective Corrosion)

Korozyonun alaşımdaki elementlerden birini uzaklaştırması sonucu oluşan korozyon türüdür. Bu şekil korozyona verilebilecek en iyi örneklerden bir tanesi, %70 bakır + %30 çinkodan oluşan bir pirinç alaşımıdır. Sarı pirinç alaşımları, çinko korozyonu nedeniyle bakır kırmızısına döner. Şekil 4’de örnek olarak gösterilmektedir.

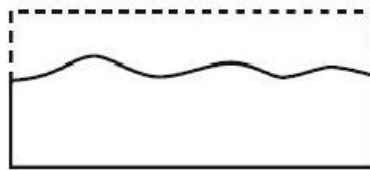


Şekil 2.3: Seçimli korozyon

2.2.6. Üniform Korozyon (Uniform Corrosion)

Metalin yüzeyinde homojen olarak eksilen korozyon çeşididir. Normal şartlar altında korozyonun bu şekilde ilerlemesi beklenir. Metalin kalınlığının yüzeyin her noktasında aynı derecede azalmaktadır. Metal kalınlığının her noktada aynı kaldığı düşünüldüğünde fazla tehlike sınıfına girmez. Metal kalınlığının her noktada eş ilerlemesi ile malzeme hesaplanan ömre kadar dayanıklı kalır. (Yalçın ve Koç, 1997). Şekil 2.4’te örnek olarak gösterilmektedir.

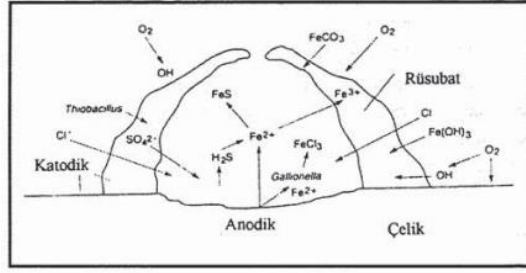
Üniform korozyon



Şekil 2.4: Üniform korozyon

2.2.7. Mikrobiyolojik Korozyon (Microbiological Corrosion)

Mikrobiyolojik korozyon diğer türlerden farklı yapıda gerçekleşmez. Bazı agresif iyonlar büyük çukurlar meydana getirirler ve korozyon tepkimesinin hızını artırır. Genellikle tabanda olduğu gözlemlenen bu durum, organizmanın büyümesine benzer şekilde olduğu gözlemlenir. Şekil 2.5’de örnek olarak gösterilmektedir.

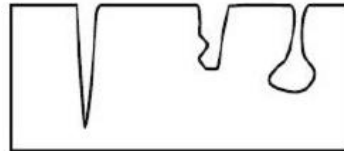


Şekil 2.5: Mikrobiyolojik korozyon

2.2.8. Çukur Korozyonu (Pitting Corrosion)

Metalin yüzeyinde çok küçük çukurlar şeklinde oluşan korozyon türüdür. Oluşan çukurlar çoğunlukla gözle görülmeyecek kadar küçük olsa da tehlike açısından en üst sıralarda bulunan korozyon türüdür. Malzeme kaybı çok fazla olmamasına karşın malzeme çok kısa bir süre içerisinde kullanılamaz duruma gelebilir. Oluşan bu çukurların içi de çoğunlukla korozyon ürünleri ile dolar ve bu sebeple çukurların sayılarını ve derinliklerini belirlemek oldukça zordur. Şekil 2.6’da örnek olarak gösterilmektedir.

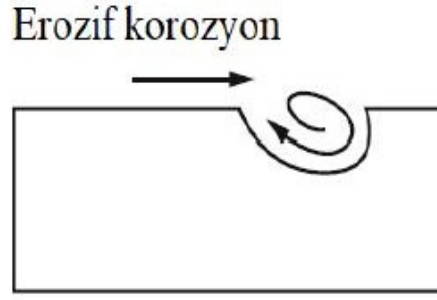
Çukur korozyon



Şekil 2.6: Çukur korozyonu

2.2.9. Erozyon Korozyonu (Erosive Corrosion)

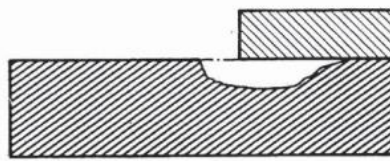
Aşındırıcı bir çözelti metal bir yüzeyden hızla aktığında erozyon adı verilen aşındırıcı bir olay görülmektedir. Bu olay korozyon hızının artmasına sebebiyet vermektedir. Bunun sebebi, korozyon sonucu oluşan ürünlerinin sıvı ile birlikte taşınmasıdır. Erozyon korozyonun akış yönü boyunca göz ile görülen oyuklar ve dalga gibi yuvarlak oyuklar şeklinde tipik bir görüntüsü olur. Şekil 2.7’de örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Erozyon korozyonu

2.2.10.Çatlak Korozyonu (Crevice Corrosion)

Metal yüzeylerde bulunan dar aralıklar, iki levha arasında kalan boşluk veya ince bir çatlaklar durgun bir alan oluşturmaktadır. Bu durgun alan çevrelerine elektrolitin girmesi zordur ve bu tip alanlarda oluşan korozyona çatlak korozyonu denir. Bu korozyonun mekanizması çatlak içerisinde elektrolit akışının fazla yavaş olmasıdır. Bu bölgelerde oksijen konsantrasyonu, çevredekine oranla daha azdır. Bu farklılık çevre ve çatlak arasında bir yoğunluk farkına sebep olur. Çatlak içi anot olurken, çevre katot olmaktadır. Şekil 2.8’de örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Çatlak korozyonu

2.2.11.Stress Korozyonu (Stress Corrosion)

Korozif ortamlarda metallere statik gerilim uygulandığında metallerin çatlama hızlanır. Metal yüzeylerdeki çukur ve oluklar stres altında hassaslaşarak korozyonun başlaması için uygun ortam oluştururlar. Korozyon ürünleri normal şartlarda metal yüzeyler üzerinde koruyucu bir kabuk oluşturur ancak yük aldığı anda kabuk oluşamaz. Bunun sonucunda korozyon hızla ilerler ve o bölgedeki metali çatlatır. Bu korozyon türü başlangıçta önemsiz gibi gözükse de oldukça tehlikelidir. Çekme gerilimi altında iken ani olarak tehlikeli bir kırılma meydana getirebilir. Şekil 2.9’da örnek olarak gösterilmiştir.

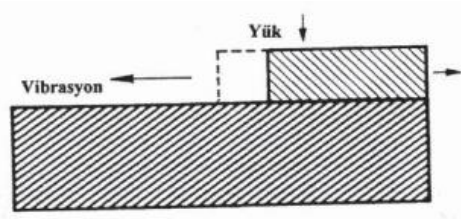
Gerilmeli korozyon



Şekil 2.9: Stress korozyonu

2.2.11. Aşınmalı Korozyon (Wear Corrosion)

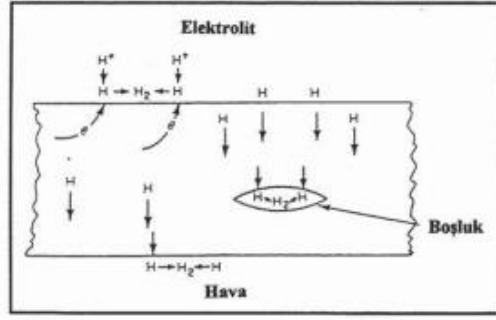
Aşınma birbirine sürtünen ve yük altında titreşen metallere meydana gelir. Bu koşullar mevcut olduğu ortamlarda korozyonun hızını artırıcı rol oynamaktadır. Titreşim ve sürtünme hareketi küçük boyutlarda gerçekleşse bile korozyonun görülme ihtimali vardır. Ayrıca aşınma yanında yorulmada gözlemlenebilir. Birbirine değen iki yüzey arasında sürtünme veya titreşim meydana gelir ise malzeme yüzeyinde oyulmalar hatta ve hatta kırılmalar gözlemlenebilir. Bu sorunların olduğu yüzeylerde oksitlenme dediğimiz olay artar. Şekil 2.10'da örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.10: Aşınmalı korozyon

2.2.12. Hidrojen Kırılabilirliği (Hydrogen Fragility)

Katodik koruma uygulamalarında korozyon tepkimeleri sonucu metal yüzeyinde hidrojen atomları oluşur. Bu atomların bir kısmı atmosfere karışırken bir kısmı ise metal yapıya nüfuz eder. Bu hidrojen atomları hacim olarak arttığında moleküler hale gelir ve buldukları alanda bir basınç oluşturur. Bu basınç metalin çatlamasına neden olur. Şekil 2.11'de örnek olarak gösterilmektedir.



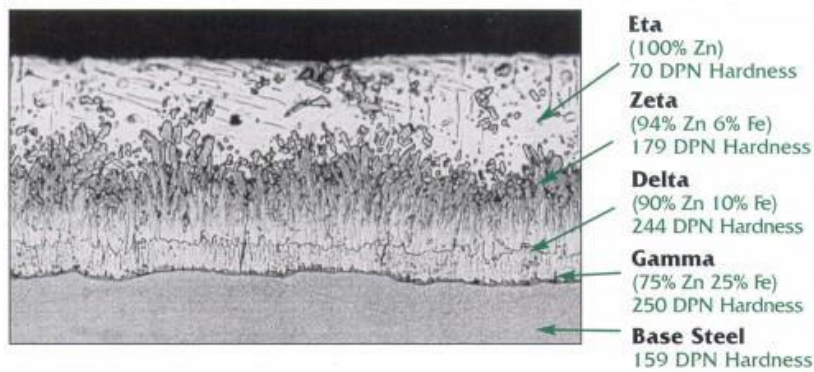
Şekil 2.11: Hidrojen kırılabilirliği

2.2.13. Filiform Korozyon (Filiform Corrosion)

Filiform korozyon, bir tür çatlak korozyon olarak bilinir. Bu korozyonun diğer bir adı ise kabuk altı korozyondur. Korozyon olayı kabuk altında s şeklinde harekete benzer şekilde boya ve kaplama tabakası altında yürüme olayıdır. Bir filiform diğer filiformu kesmemekte ve kesişim durumunda yansıma yapıp yoluna devam eder.

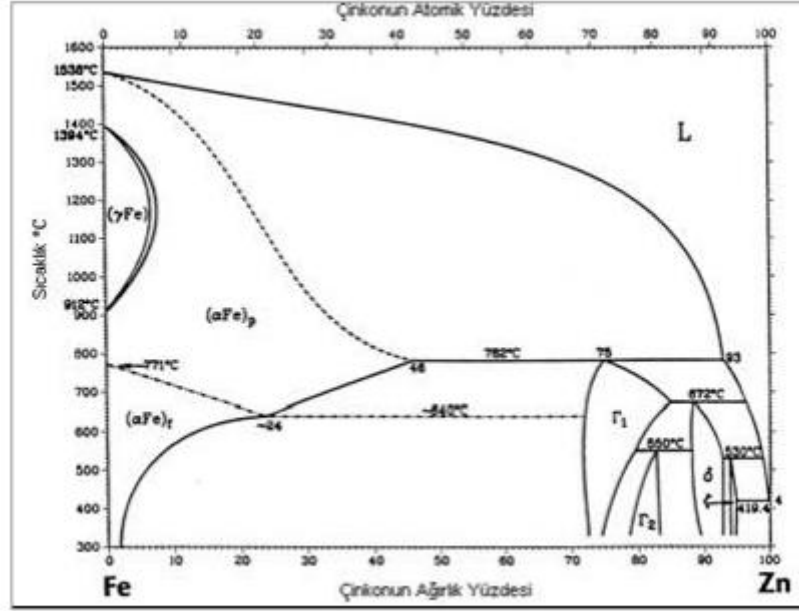
2.3. Sıcak Daldırma Galvaniz

Sıcak daldırma galvanizleme, çelik parçaların 450-460°C sıcaklıktaki erimiş çinko banyosuna daldırılarak koruyucu bir tabaka oluşturduğu, çelik parçaların korozyon direncini artıran ve malzemenin mekanik özelliklerini iyileştiren bir kaplama işlemidir. Çeliğe üst düzey koruma sağlayan bu yapı çoğunlukla birkaç farklı tabakadan oluşmaktadır. En alt metala yakın olan tabaka, demir – çinko birleşiklerinden oluşmakta, en üst ve dış tabaka ise tamamen çinkodan meydana gelmektedir.



Şekil 2.12: Eta-Zeta-Delta-Gama görünümleri

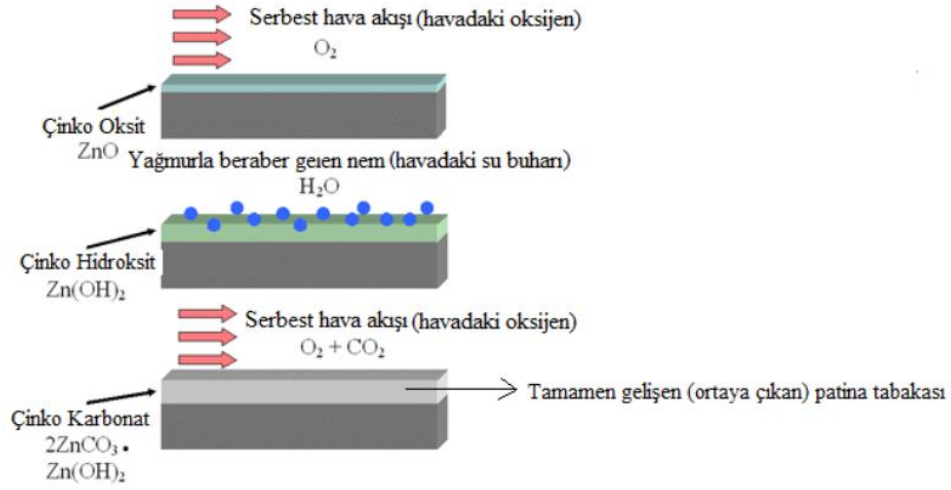
Alt tabaka çelik, erimiş haldeki çinko dolu banyoya daldırıldığında, çeliğin içerisinde bulunan elementlere ve banyonun karışımına bağlı olarak Fe-Zn arasında oluşan tepkimeler sonucu olarak Şekil 2.12’de gösterildiği gib Fe-Zn fazları (eta, zeta, delta, gama) oluşur. Denge diyagramı Şekil 2.13’de gösterilmiştir (URL-2, 2024).



Şekil 2.13: Denge diyagramı

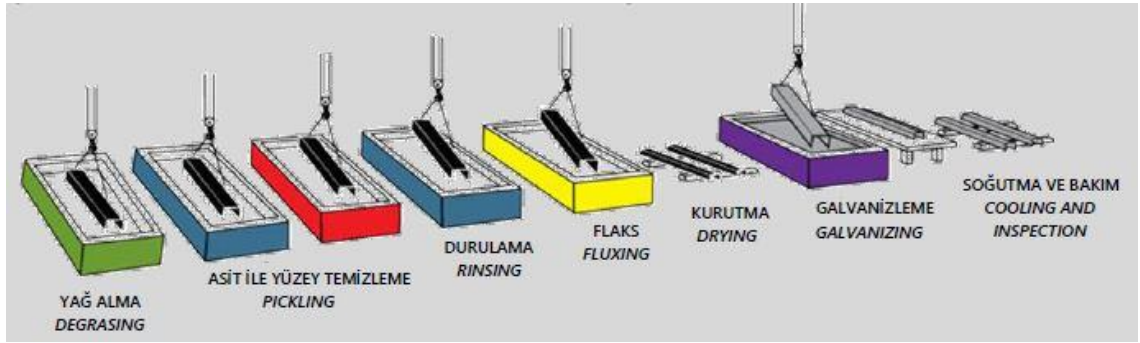
Bu oluşumlarda her tabakada bulunan çinko miktarı dış yüzeye doğru artar. Ana metalin yapılan kaplama ile arasında çok güçlü bir bağ oluşmasını sağlayan Fe-Zn fazına kademeli olarak bir geçiş vardır. En üstte bulunan tabaka parlak bir yüzeye sahip çinko tabakasıdır. Bu katmanda çinko atmosferik koşullar altında yok olur ve doğaya bırakılır. İkinci katman olan zetalar bu adımdan sonra ana korumayı sağlama görevini üstlenir. Bu sayede koruma 15 yıldan 100 yıla kadar ertelenebilir (URL-1, 2024).

Sıcak daldırma galvanizlemede (SDG) katodik koruma mekanizmasına ek olarak çinko, havadaki nem ve oksijen ile reaksiyona dış etkenlere karşı koruyucu bir katman oluşturur. Çinko patinası adı verilen bu katman çok güçlüdür. Olumsuz hava şartlarına karşı direnci yüksektir. Bu katman bariyer ve katodik korumaya ek olarak, sıcak daldırma galvanizin ömrünü uzatır. Aynı zamanda üçlü koruyucu özelliği olarak da bilinir (bariyer + katodik + çinko patinası) (Özden, 2020). Şekil 2.14’de örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.14: Çinko patinası örnek görüntüsü

Sıcak daldırma galvaniz kaplamanın proses adımları aşağıda Şekil 2.15’de belirtilmiştir.



Şekil 2.15: Galvaniz prosesi

2.3.1. Yağ alma

Derin çekme veya haddeleme gibi bazı biçimlendirme yöntemlerinde sürtünmeyi azaltmak için malzeme üzeri yağlanır. Bu yağ yüksek basınç ve sıcaklık nedeniyle yüzeye çok derinden nüfuz eder. Yağ giderme işlemi yapılmadan malzeme kaplamaya işlemine gider ise yağ asitleri malzeme üzerinde yapışmasına engel olur.

Bu nedenle malzemeler bir süre taze asit banyosunda bekletilerek yüzeydeki yağın giderilmesi beklenir. Mümkünse parçalar, sıvının bütün bölümlerde rahatça dolaşabilmesi için asılarak daldırma işlemi yapılır.

2.3.2. Asit ile Yüzey Temizleme

Yağ temizleme işlemi ile yüzeyden yap ve pislikler giderilmiş olur. Fakat galvanizlemenin en önemli işi olarak sit ile temizlemedir. Malzeme üzerindeki pas ve kir zerrelere, tavlama oksitleri ve hadde pullanları bu işlem ile dağlanarak giderilir. Bunun için ısıtılmadan HCL asit kullanılır.

2.3.3. Durulama

Asit ile temizlemeden sonra su ile durulama işlemi yapılır. Malzeme su dolu banyoya asılı şekilde daldırılır. Su malzemenin her yerine değerek yüzeydeki asit çözeltisini temizler. Asidin temizlenmesinin nedeni asidin yüzeyi kabalaştırması ve galvanizi bozmasıdır. Asidi temizlenmiş yüzey düzgün bir galvaniz görünümü sağlar. Bu şekilde galvanizleme de çinko israfını da önlemiş oluruz.

2.3.4. Flaks

Çinko ile metalin reaksiyona girebilmesi, erimiş çinkonun yüzeye homojen dağılımı, yağ malzemenin daldırıldığında sıçrama tehlikesini azaltmak ve çinko oksidasyonunu önlemek amacı ile flakslamaya ihtiyaç duyulur. Flaks daldırma esnasında çinkonun yüzeye yapışmasını sağlar. Flaks kaplı olmayan noktalara çinko yapışmaz ve yüzeyden soyulur.

2.3.5. Kurutma

Flakslama sonrasında malzeme kurutulur. Bu işlem yine asılarak daldırma şeklinde kurutma banyosuna daldırılarak gerçekleştirilir.

2.3.6. Galvanizleme

Bu kademe yağı yüzeyden temizlenmiş ve flaks kaplanmış çelik malzemenin, yüzeyinde koruyucu çinko tabakası oluşturmak için erimiş halde bulunan çinko banyosuna daldırıldığı kademedir. Çinko 419.4°C'de erir. Çinko banyoları da 430-460°C arasında galvaniz işlemi yapılır. Daha yüksek sıcaklık galvanizlemeyi bozabilirken, galvaniz tankının da zarar görmesine neden olabilir.

Erimiş çinko banyosuna daldırılan malzeme normal bir süre içerisinde bekletilir. Kaplama kalınlığı bekleme süresi ile kontrol edilebilir. Bekleme süresini dolduran parçalar banyodan yavaş ve eğimli olarak çıkarılır.

2.3.7. Soğutma

Galvaniz işleminden çıkarılan malzemeler, taşınması ve depolanması için yüzeyi soğuma işlemine bırakılır. Bu parçaların birbiri ile teması nedeniyle soğuma yavaş olur ise kaplamada lekelenme oluşabilir. Bunu önlemek için parçaların arasında mesafe bırakılır ve büyük istifler yapılmaz.

2.4. Kumlama

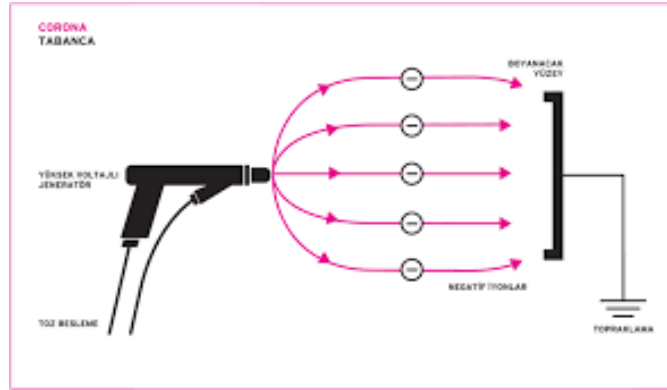
Parçaların aşındırıcı demir veya çelik kumu ile kaynak artığı, yüzey kiri veya tavlama tufalını gidermesi işlemine denir. Bu işlemlerin yanında boyanın yüzeye yapışma mukavemetini artırmak amacı ile yüzeyde küçük derinlikler oluşturmak içinde yapılmaktadır. Kum makineleri veya depolarına konulan demir veya çelik kum hava basıncı ile nozullardan belirli basınç aralıklarında malzeme üzerine basılır. Kumlar malzeme yüzeyine çarparak yüzeyden mikro düzeyde parçalar koparırlar.

2.5. Elektrostatik Toz Boya

Solvent içermemesi, yüzey kalitesi, dayanıklılığı ve çevresel duyarlılığı düşünülerek tercih edilen bir kaplama metodudur. Kaplayıcı malzeme ise tabakları oluşturan ince toz boya partikülleridir.

Boyama işlemi; Corona ve/veya Tribo boya tabancaları vasıtasıyla yapılır. Corona tabanca; gövdesinin içinde bulunan kaskatın tabancanın ucuna konumlandırılmış olan iğneye gönderdiği voltaj ile birlikte tabancadan püskürtülen toz boyanın elektrik ile yüklenmesi prensibine dayanmaktadır. Tribo tabanca ise, boyanın ilerleyeceği yolun uzunluğunun fazla olması ile toz boyanın birbirine sürtünme etkisi ile elektrik yüklenmesi ile çalışır. İki durumda da elektrik yüklü toz boya tanecikleri, kendisine en yakın ve topraklanmış nötr parçaya Şekil 2.16'da gösterildiği gibi yapışır. Her iki sistemde toz boya püskürtme huzmesi,

geniş bir disk, koni veya çubuk deflektör şeklinde ayarlanabilir. Bu huzmenin çapı ve derinliği boyanacak parçaya göre ayarlanmalıdır.



Şekil 2.16: Elektrostatik toz boyama

Toz boya ile yüzeyi kaplanmış parçalar ısınmış konvansiyonel fırınlarda kürlenme işlemi yapılır. Konvansiyonel fırınlar, yakıcı görevini üstlenen brülör alevinin, fırının kürlenme işleminin gerçekleştiği bölüm olan yanma odasında geçen havayı ısıtma mantığı ile çalışır. Brülör alev alması için yakıcı olarak doğalgaz kullanılır. Doğalgazı yakan brülör ateşleyerek fırının cehennemlik kısmına gelir. Aynı anda fan tarafından emilen fırın bölgesinden gelen hava yukarıda cehennemliğe gelir. Cehennemlik içerisindeki hava, termobloğu yalayarak ısınır ve hava kanalları vasıtasıyla tekrar fırın içerisinde bölgeye basılır. Termoblok, yüzeyinde bir tarafında ısıveren bir yalıtkan yakılması neticesinde alev-duman gazlarının dolaştığı yollar bulunan, yanma hücresi alev boyu ve ısı yüküne özel olarak boru ve çapta tasarlanmış kapalı basınçsız bir kaptır. Termobloğu yalayarak ısınan hava, kanallar aracılığıyla fırın bölgesinden geçen malzemenin üzerindeki boyayı pişirir. Kapalı devre prensibine dayalı olarak çalışan bu fırınlarda pişme derecesi yaklaşık 180-200°C’lerde 15-20 dk arasında gerçekleşir. Bu sıcaklık ve sürenin değişimi tercih edilen boya türüne, malzeme kalınlığına ve boyanın özelliğine göre değişebilir.

2.5.1. Epoksi toz boya ve genel özellikleri

- Epoksi reçine içerir.
- Korozyon direnci yüksektir.
- Dış ortamlarda kullanılmaya Uv ışınlarına karşı duyarlı olduğundan uygun değildir.
- Farklı renklerde üretilebilir.
- Yüzey sertliği yüksektir.

- Kimyasallara karşı direnci yüksektir.
- Farklı renklerde üretilebilir.

2.5.2. Polyester toz boya ve genel özellikleri

- Polyester reçine ve sertleştirici içerir.
- Darbeye dayanıklılık, esneklik gibi mekanik özellikleri çok başarılıdır.
- Renk solmasına karşı direnci yüksektir.
- Farklı renklerde üretilebilir.
- Uv direnci çok iyi olup, dış ortam şartlarına dayanımı yüksektir.
- Darbe, esneklik gibi mekanik özellikleri çok iyidir.

2.5.3. Epoksi- polyester toz boya ve genel özellikleri

- İçerisinde epoksi ve polyester reçine bulunur. Karşım oranına bağlı olarak ağır olan bileşenin özelliğini taşır.
- Bina içi(ic cephe) ortamlarında kullanımı uygundur.
- Farklı renklerde üretilebilir.
- Darbe, esneklik ve çizilmeye karşı dirençlidir.
- Dış etkenlere karşı dayanımı orta düzeydir.

2.5.4. Poliüretan toz boya ve genel özellikleri

- Polyester reçine ve izosiyanatın sertleşmesinden oluşur.
- Farklı renklerde üretilebilir.
- Diğer polyester dış cephe ürünlerine kıyasla UV dayanımı yanında kimyasal dayanımı da mevcuttur.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Yaluk ve ark.(2009) Karbon (C), Mangan (Mn), Fosfor (P), Silisyum (Si), Alüminyum (Al) vb. element katkılı çeliklerin sıcak daldırma galvaniz kaplamaya etkilerini incelemiştir. Kimyasal konsantrasyonun, soğuma hızının, pasivasyonun ve sıcaklığın sıcak daldırma galvaniz kaplama yüzeyine olan etkilerini araştırmışlardır. Sıvı çinko banyosunun içine eklenebilecek Kurşun (Pb), Alüminyum (Al), Demir (Fe), Kalay(Sn), Nikel (Ni), Bizmut(Bi) gibi çeşitli elementlerin galvaniz yüzey kaplamasına olan etkisini araştırmışlardır. Deneplerinde özellikle Si ve P elementinin galvaniz kaplama kalınlığının ve görüntüsünü etkilediğini tespit etmiştir. İncelemelerinde fluxlamanın çelik yüzeyi temizlediği, bileşimdeki çinkonun korozyona karşı korurken fluxlamanın çinkonun çeliğe iyi yapışmasını sağladığı da tespit edilmiştir. Kurşun elementinin havuza eklenerek, parçaların çıkarılırken akışkanlık sağlayarak çıkarılmasında yardımcı olduğu anlaşılmıştır. Alüminyumun tavsiye edilen miktarın üzerinde konulmasının kaplama reaksiyonu durdurabileceği görülmüştür.

Akgün, Ş.Ö. (2010) çelik kimyasal kompozisyonun sıcak daldırma galvaniz kaplama kalınlığına etkilerini incelemiştir. St37, 1020, 1040 ve Ck45 çeliklerini 440°C, 445 °C ve 450 °C ocak sıcaklıklarında 2 dk, 4dk, 6 dk ve 8 dk olarak sıcak daldırma galvaniz işlemi uygulamıştır. Kaplanan numuneler üzerinde mikroyapı (optik mikroskop), mikrosertlik ve Sem analizlerini yaparak birbirleri ile karşılaştırmıştır. Kaplama kalınlığının sıcaklık ve süre ile arttığını, süre artışında sertliğin bir miktar düştüğünü gözlemlemiş ve yine de bu değer kabul edilebilir olduğunu saptamıştır. Ayrıca Silisyum oranı fazla olan çeliklerin fazla kaplama aldığını görmüştür. Sem analizi sonuçlarında üst bölgeden alt bölgeye doğru gidildikçe çinko ve demir oranının arttığı tespit etmiştir.

Akkuş, M. (2018) toz boyama proseslerinin ahşap kompozit levhalara uygulanması ve bu uygulamanın kaplama performansına olan etkisi incelenmiştir. Ahşap kompozit malzemeler üzerine epoksi, polyester ve epoksi-polyester toz boya uygulaması yapılmış ve film kalınlıkları, su alma miktarı, yapışma direnci, aşınma, çizilme ve yanma direnci ile hızlandırılmış yaşlandırma direncine bakılmıştır. Ayrıca renk ve parlaklık ölçümleri de yapılmıştır. Toz boyama uygulamaların sonucunda kontrol plak levha yüzeyinde deliklenmelerin görüldüğü saptanmıştır. MDF levhaların yüzeyleri yogalehaya göre daha

düzensiz, pürüzsüz ve homojen olduğundan uygulamanın sonuçları daha başarılı olduğu görülmüştür.

Taşkan Ürgün, D. (2019) elektrostatik toz boyama tesisinin manuel sistemden otomasyon sistemine geçişi ile enerji verimliliği ve boyama kalitesindeki iyileşmeler incelenmiştir. Otomasyon sistemine geçiş ile manuel sisteme göre 3,7 kat fazla enerji tükettiğini fakat parça işlemi hızınının 10 kat arttığı ve boya tüketiminin %30 oranda azaldığı tespit edilmiştir.

Kardeş, F.B. (2020) sıcak daldırma galvaniz kaplama özelliklerine etki eden faktörleri pilot bir firmada incelemiştir. Kaplama kalitesini artırmak ve kaplamaya etki eden işlem parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma da, 7 farklı grup oluşturulmuştur. Daldırma-çekme açısının, daldırma-çıkarma hızlarının, yüzey temizleme kimyasallarının, daldırma işlemine tutulan parçaların ıslak ve/veya kuru olarak daldırmanın, çinko banyosunda bekletme süresinin, malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün mekanik işlemlerde değiştirilmesinin ve çinko banyosunun sıcaklığının kaplama kalınlığına etkisi incelenmiştir. Çinko banyosuna giriş ve çıkış açılarının deneyler sonucunda en uygun değer 90° olduğu belirlenmiştir. Çinko banyosunda bekletme süresinin değerlendirilmesinde en uygun sürenin 1 dakika olduğu gözlemlenmiştir. Banyoya 3,8 m/min daldırılıp, 1,17m/in çıkarıldığında uygun kaplamanın sağlandığı görülmüştür. Ayrıca ıslak-kuru daldırmada fluxdan sonra kurutmanın gerekliliği anlaşılmıştır. Banyo sıcaklığı olarak optimum kaplama kalınlığının 460 °C 'de elde edilmiştir.

Kazel, A. (2020) galvanizli sac levha üzerine elektrostatik toz boya tutundurma prosesinde kimyasal pasivasyonun etkisini incelemiştir. Farklı konsantrasyondaki sitrik asit, formik asit ve nitrik asit ile hazırlanan numuneler farklı sürelerde daldırma yöntemi ile kimyasal kaplanarak, boya yapışma kabiliyetleri test edilmiştir. Numune parçalara kareleme testi, tuzlu su ve sıcak su ortamında dayanım, silindirik bükme, darbe ve sprey tuz testi uygulanmıştır. Sitrik asit ile pasivasyon işlemi uygulanmış sacların korozif şartlarda direncinin en az olduğu, nitrik asidin sitrik aside göre daha dirençli olduğu fakat formik aside göre ise daha dirençsiz kaldığı gözlemlenmiştir.

Herdili, M. (2021) elektrostatik toz boya robotunu incelemiştir. Boyanın yüzeyde eşit bir şekilde dağılımını sağlamak için dikey hareket yapan robotların incelenen fabrika ortamına uygun olmadığı ve mekanizmanın 180 derece hareket etmesi ile farklı geometrideki ürün gövdelerin boyanabileceği ortaya çıkmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda, karşılaştırma yapılabilmesi adına numuneler hazırlanmış ve bu numunelere, yapılan çalışmaların başarısını ölçebilmek için testler uygulanmıştır.

4.1. Materyal

Deneysel çalışmada 1.5mm kalınlığında 60x200mm ebatlarında S235JR sac plakalar kullanılmıştır.

S235JR sacın kimyasal kompozisyonu şu şekildedir;

C (Karbon): %0,030

Si (Silisyum): %0,020

Mn (Manganez): %0,170

P (Fosfor): %0,013

S (Kükürt): %0,015

Ni (Nikel): %0,120

Cr (Krom): %0,090

Mo (Molibden): %0,020

V (Vanadyum): %0,05

Cu (Bakır): %0,350

Al (Alüminyum): %0,038

Ti (Titanyum): %0,001

Nb (Niyodrum): %0,001

N (Azot): %0,008

4.2. Numuneye Uygulanacak Testler

Numuneye TS EN ISO 12944- Boyalar ve Vernikler- Çelik yapıların koruyucu boya sistemlerinin korozyona karşı korunması standartına uygun değerlendirilecektir. Bu standart, karbon veya düşük alaşım çeliğinden mamul yapıların aşağıdaki tiplerini ve yüzey hazırlama sistemlerini kapsamaktadır: (URL-3, 2024).

- Kaplanmış yüzeyler
- Çinko, alüminyum ve bunların alaşımları
- Termal püskürtme suretiyle hazırlanmış yüzeyler
- Sıcak daldırma ve galvanizlenmiş yüzeyler
- Elektrolize çinko kaplanmış yüzeyler
- Sherardize yüzeyler
- Fabrikada astarlanmış yüzeyler
- Diğer boyanmış yüzeyler

Bu standart, muhtelif yüzey hazırlama sınıflarını tanımlar. Boyanın veya verniğin uygulanacağı taban malzemenin yüzey hazırlama işleminden önceki durumuyla ilgili kriterleri vermemektedir.

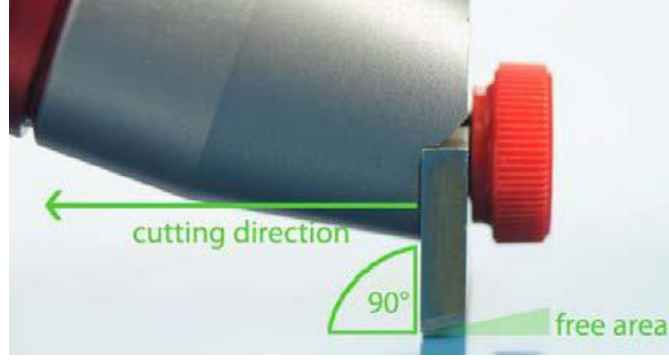
TS EN ISO 2409 / DIN 53151 / ASTM D3359 / BS 3900 – Çapraz kesme deneyi

Elektrostatik toz boya ile kaplanan numune plakalar TS EN ISO 2409 standardı kapsamında imal edilen alet ile test edildi. Test aletinin özel kesme bıçakları mevcuttur. Yapılan malzeme ve boya kalınlığına uygun diş aralığına sahip özel kesme bıçağı aletin ucuna takıldı.



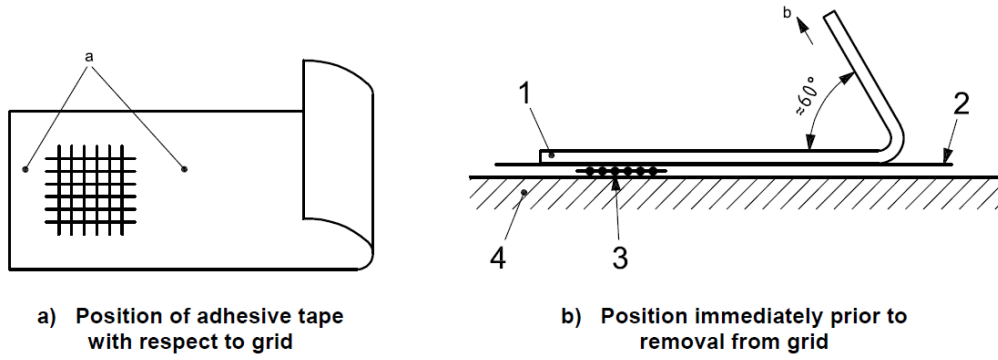
Şekil4.1: Cross-cut bıçak pozisyonu

Test etmeden önce boyalı yüzey fırçalandı ve temiz bir bez ile silindi. Kesme aleti, bıçak test panelinin yüzeyine dik olacak şekilde Şekil 4.1’de uygun gösterilen pozisyonda tutuldu. Düzgün ve eşit basınç ile kesme aletinin kaplama da Şekil 4.2’de gösterildiği gibi dik olacak şekilde iki yönde çizgiler çizildi. Bu çizikler örgü deseni şeklinde olduğu görüldü ve tüm kesiklerin alt tabakaya nüfus ettiği kontrol edildi.



Şekil 4.2: Cross-cut bıçak tutuş şekli

Ortaya çıkan işlem sonrasında boyalı yüzeyin üzerine 75mm yapışkanlı özel test bandının merkezi örgü deseninin merkezine gelecek şekilde yapıştırıldı. Kaplama ile iyi temas sağlamak için, bandı bir parmak ucu veya tırnak ile sıkıca ovalandı. Bandı uyguladıktan sonra 5 dakika içinde Şekil 4.3’de gösterildiği gibi 60 derece serbest ucu kavrayıp 0,5-1 saniye içerisinde yüzeyden çekerek çıkartıldı.



Şekil 4.3: Bant tutuş açısı

Yapılan bu adezyon etkinliği sonunda metal yüzeyden kopup bant üzerinde kalan parçalar ile referans olan değerlendirme tablosu ile karşılaştırılarak yapılarak sınıflandırma yapıldı.



Şekil 4.4: Cross-cut test cihazı görseli

Çapraz kesme testinin değerlendirme tablosu 4.5’de resimde verilmiştir (URL-4, 2024).

Sınıf		Tanım	Pullanma olayının gerçekleştiği çapraz kesim yüzeyinin görünümü (6 paralel kesim için örnek)
ISO	ASTM		
0	5B	Kesimin kenarları tamamen pürüzsüzdür: kafesin karelerinin hiçbiri ayrılmaz	
1	4B	Kesiklerin kesişme noktalarında kaplamanın küçük pullanması. Bir çapraz kesimin % 5’inden fazlasını etkilemez.	
2	3B	Kaplama, kenarlar boyunca ve / veya kesiklerin kesişme noktalarında pullanır. % 5’ten büyük, ancak % 15’ten küçük bir çapraz kesim alanı etkilenir.	
3	2B	Kaplama, kesiklerin kenarları boyunca kısmen veya tamamen büyük şeritler halinde pullanmış ve / veya kısmen veya tamamen karelerin farklı bölümlerinde pullanmıştır. % 15’ten büyük, ancak % 35’ten küçük bir çapraz kesim alanı etkilenir.	
4	1B	Kaplama, kesiklerin kenarları boyunca büyük şeritler halinde pullanmış ve / veya bazı kareler kısmen veya tamamen ayrılmıştır. % 35’ten büyük, ancak % 65’ten küçük bir çapraz kesim alanı etkilenir.	
5	0B	Sınıflandırma 4 ile sınıflandırılmayacak kadar çok pullanmış herhangi bir derece.	

Şekil 4.5: Değerlendirme tablosu

EN ISO 6272-1/ ASTM D2794 – Darbe Testi- Organik kaplamaların hızlı deformasyon etkilerine direnci için standart test yöntemi

Elektrostatik toz boya ile kaplanan numune plakalar EN ISO 6272-1 standardı kapsamında imal edilen alet ile test edildi. Boyalı plakalar test cihazının uygun alanına yerleştirildi.

Belirli bir ağırlığın belirli bir yükseklikten bırakılması ile plaka üzerinde düşen ağırlık ile ters olarak bir çukurluğun oluştuğu görüldü. Plaka üzerinde oluşan darbeye bağlı çatlakların durumu darbenin etkisiyle metal yüzeyindeki toz boyada oluşan deformasyon durumu standartların belirttiği şartlara uygun bir şekilde değerlendirildi (URL-5, 2024). Şekil 4.6’da örnek olarak test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 4.5: EN ISO 6272-1 Darbe testi

TS EN ISO 1519- Boyalar ve Vernikler – Bükme deneyi (silindirik mandrel):

Silindirik bükme test aleti metal malzemenin yüzeyi üzerine uygulanmış bir boya kaplamanın elastik kabiliyetini, yapışma ve uzama performansını değerlendirmek için kullanılır. Elektrostatik toz boya ile kaplanmış metal plakalar standarda uygun bir biçimde silindirik mandrel ekseninde bükme kolu vasıtasıyla büküldü. Bükme işlemi gerçekleştirildikten sonra test edilen plaka hasarlar ve çatlaklar için kontrol edildi (URL-6, 2024).

TS EN ISO 6860 – Boyalar ve Vernikler – Bükme deneyi (konik mandrel):

Boya kaplanmış plakalar, konik şekilli bir mandrel üzerinde bükme süratıyla boya, vernik veya kaplamanın uzamasını, çatlama karşı dayanımını, esnekliğini veya yapışma performansını test etmeye yarayan bir ampirik deneydir. Elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerinde standarta uygun olarak konik mandrel ekseninde bükme kolu vasıtasıyla büküldü. Bükme işlemi gerçekleştirildikten sonra test edilen plaka hasarlar ve çatlaklar için kontrol edildi (URL-7, 2024).

EN ISO 9227 -Sprey Tuz Testi:

Tuz sprey testi, boyalı kaplı plakaların korozyona karşı direncini öğrenmek için standart olarak kullanılan bir test metodudur. Bu yöntem, koruyucu olarak kullanılan kaplamanın kullanımındaki uygunluğunu tahmin etmek adına kaplanmış olan numune plakalara aşındırıcı saldırılar üretebilen hızlandırılmış bir korozyon testidir.

Test edilecek boyalı plaka üzerine çapraz olarak derin çizikler atılır. Test etme aparatı, tuzlu bir çözeltinin bir meme aracılığı ile atomize edildiği kapalı bir deney odasında gerçekleşir. Deney numuneleri kabine konur ve kabinde, $5\pm 0,5$ % konsantrasyonundaki tuzlu su belirlenen test süresince kesintisiz bir şekilde kaplamanın üzerine dikey eksenle 200 ± 50 'lik açı ile püskürtülür. Bu test haznesinde yoğun korozif şartlara sahip 6,5-7,2 ph değer aralığında ortam elde edilir, kabin içerisinde kalan boyalı test parçaları 0,013-0,025 ml/cm².saat aşındırıcı şartlara maruz bırakıldı.

Deney numuneleri test sonunda, paslanma, çatlama, pullanma ve çizik etrafında tabakalara ayrılma durumlarına göre korozyon derecesi incelendi. Bu inceleme sonuçları aşağıdaki standartlara uygun olarak değerlendirildi (URL-8, 2024).

ISO 4628-2: Kabarcıklama Derecesi


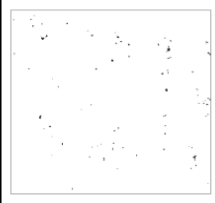
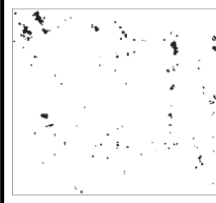
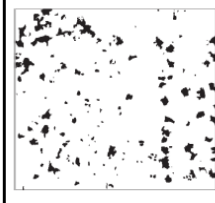
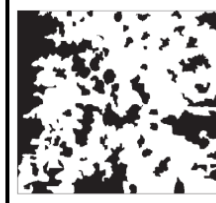
Kaplamalardaki kabarcıklanma derecesinin aşağıdaki Şekil 4.6'daki resim karşılaştırarak değerlendirme metodunu kapsamaktadır.

ISO 4628-2				
	2	3	4	5
52				
53				
54				
55				

Şekil 4.6: ISO 4628-2 Kabarcıklanma derecesi.

ISO 4628-3: Paslanma Derecesi

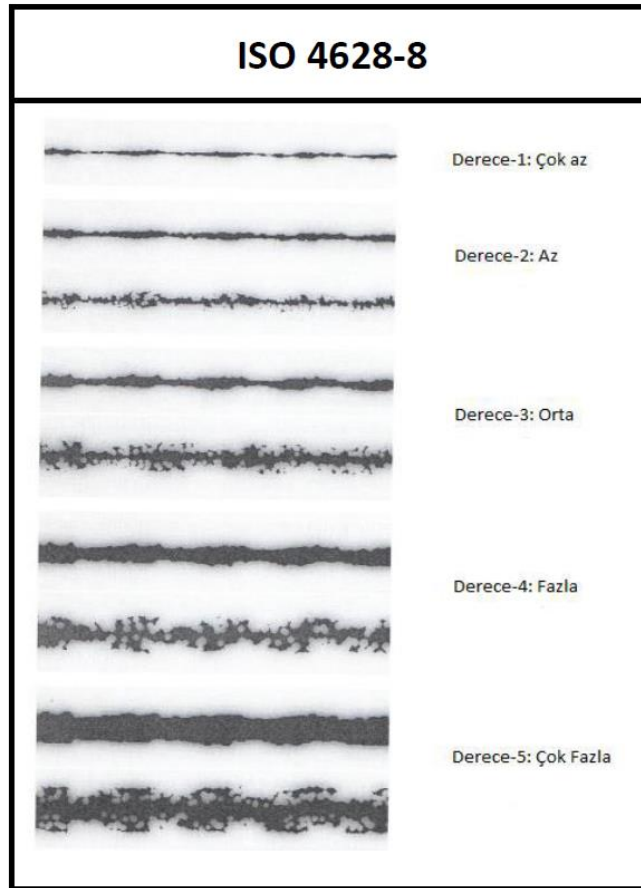
Kaplamalardaki paslanma derecesinin aşağıdaki Şekil 4.7'deki resim karşılaştırarak değerlendirme metodunu kapsamaktadır.

ISO 4628-3				
Ri 1	Ri 2	Ri 3	Ri 4	Ri 5
				
0,05% Paslı Alan	0,5% Paslı Alan	1% Paslı Alan	8% Paslı Alan	40-50 % Paslı Alan

Şekil 4.7: ISO 4628-3 Paslanma derecesi

ISO 4628-8: Çizik Etrafında Tabakalara Ayrılma ve Korozyon Derecesi

Kaplamalardaki korozyon derecesinin aşağıdaki Şekil 4.8'deki resim karşılaştırarak değerlendirme metodunu kapsamaktadır.



Şekil 4.8: ISO 4628-8 Korozyon derecesi

Tuz testinde deneyi tamamladıkları saat sonucunda aşağıdaki Şekil 4.9'daki koşullara uygun olarak ömür konusunda değerlendirme yapılabilir.

Korozyon Sınıfı	Dış Ortam	İç Ortam
C1 Very Low/ Çok Düşük		Temiz havalı, ısıtmalı yapılar Örneğin; ofisler, dükkanlar, okullar, otel
C2 Low / Düşük	Hava kirliliğinin az olduğu atmosferler, çoğunlukla kırsal alanlar	Isıtılmayan yapılar, Örneğin; Depolar, spor salonları
C3 Medium / Orta	Orta derecede kirlilik seviyeli endüstriyel ve şehir içi atmosferleri, düşük tuz seviyeli kıyı alanları	Yüksek nemli üretim alanları Örneğin; yiyecek maddesi fabrikaları, çamaşırhaneleri, bira imalathaneleri, mandıralar
C4 High / Yüksek	Orta tuzlulukta sahil bölgeleri ve endüstriyel bölgeler	Kimyasal madde fabrikaları, yüzme havuzları, sahildeki gemi ve yat çekekler
C5 Very High / Çok Yüksek	Yüksek neme sahip endüstriyel alanlar, yüksek tuz seviyeli kıyı alanları	Yüksek kirlilik, yüksek nem ve yağışmaya sahip binalar
CX Extreme / Çok Yüksek	Çok yüksek tuz ve neme sahip endüstriyel bölgeleri deniz üstü yapılar, açık deniz atmosferleri	Çok yüksek nem ve tuzluluğa sahip endüstriyel bölgeler

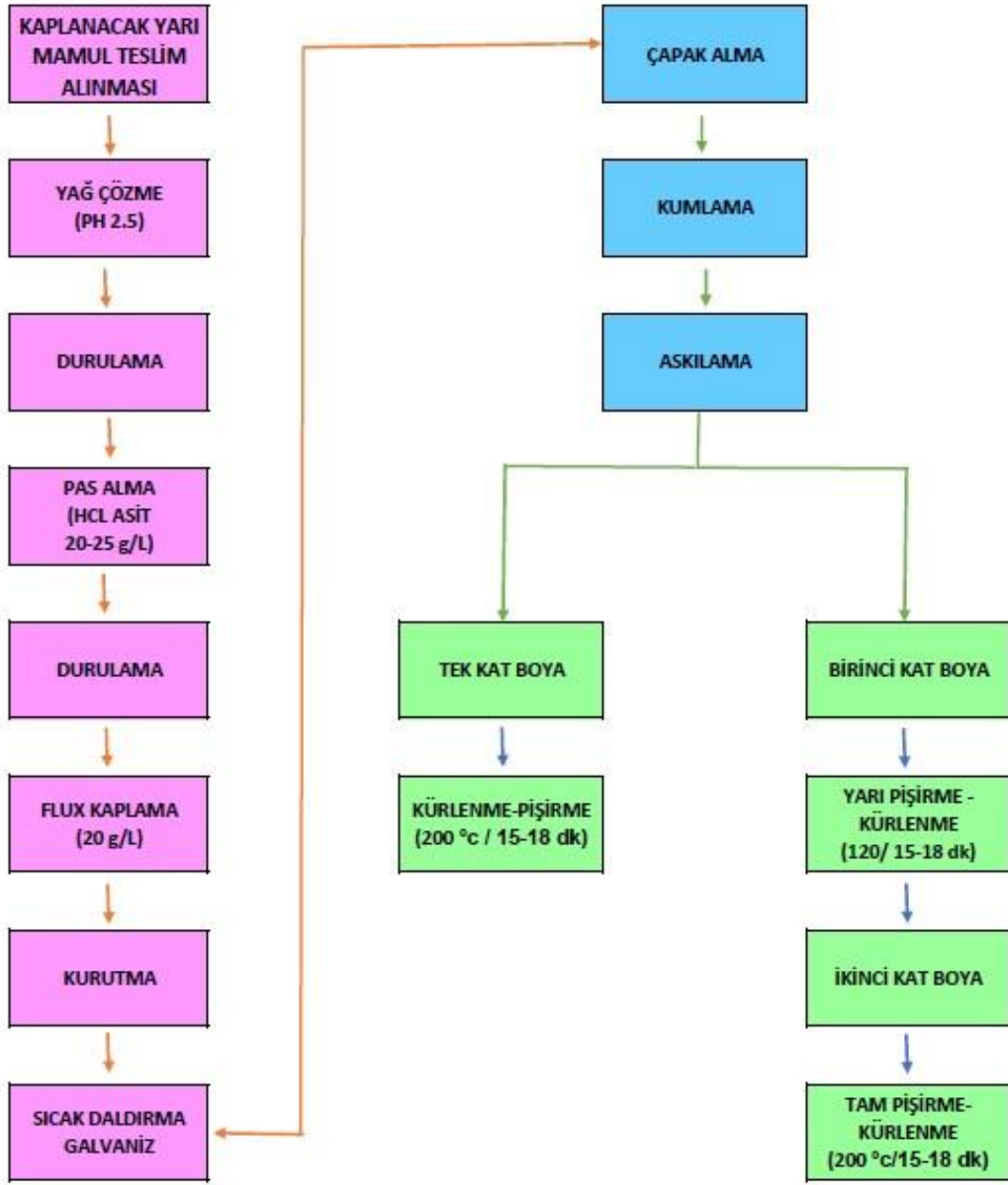
Şekil 4.9: Ortam- Korozyon sınıfı tablosu

SAAT / ÖMÜR	<7 yıl	7-15 yıl	15-25 yıl	>25 yıl
120	C3-L			
240	C4-L	C3-M		
480	C5-L	C4-M	C3-H	
720		C5-M	C4-H	C3-VH
1400			C5-H	C4-VH
1650				C5-VH

Şekil 4.10: Ömür-Koşul dengesinde tuz testi saati değerlendirme tablosu

4.3. Metot

Deneysel çalışmalar metal sektöründe sıcak daldırma galvaniz ve bu kaplama üzerine elektrostatik toz boya uygulaması yapan bir firmanın tesisinde gerçekleştirildi. Sıcak daldırma galvaniz ve elektrostatik toz boya kaplama işlemi tamamlanmış numunelere uygulanan testler boya tedarik firmalarının merkezlerinde yapılmıştır. Deneyler iki paralel numune olarak çalışılmıştır. Proses şeması Şekil 4.11’de verilmiştir.

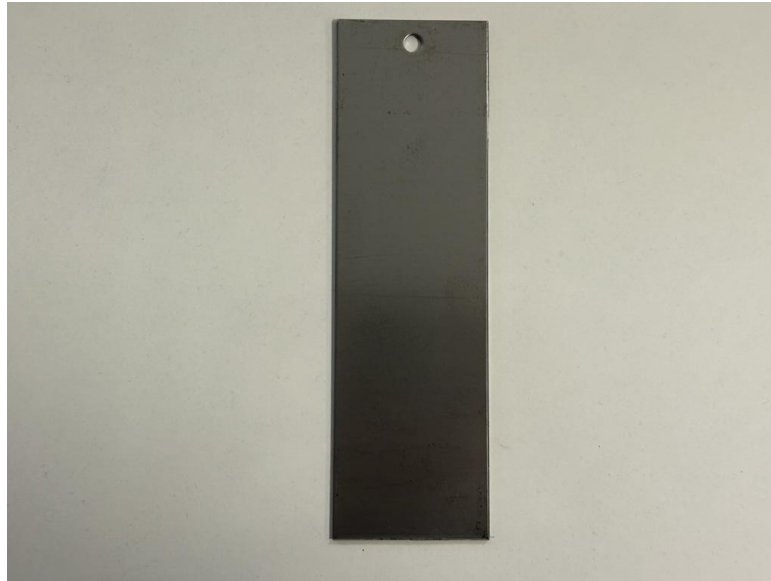


Şekil 4.11: Proses şeması

Kaplanacak numune parçalar, tesiste bulunan Şekil 4.12’de gösterilen MEKOTEK marka lazer kesim makinesi ile Şekil 4.12’de gösterilen 60x200mm ebatlarında verilen malzeme kesilmiştir.



Şekil 4.12: MekoTEK marka lazer kesim makinesi



Şekil 4.13: Numune deney parçaları

Kesilen parçalar kaplama yapılmak üzere galvaniz tesisine gönderilmiştir. Galvaniz tesisinde ilk adım olarak üretimden kaynaklı oluşan yağ ve kir tabakasının kaplamanın kalitesini engellemesi adına ön yağ alma işlemi için X firmasından temin edilen %10 oranında kurulumu yapılan kimyasal kullanılmıştır. Kimyasal havuzunun ph derecesi 2,5'dur. Ortam sıcaklığında olan yağ alma daldırma yöntemi ile yapılırken, banyo içerisinde 4 dakika bırakıldı. Şekil 4.13'de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.14: Sıcak daldırma galvaniz yağ alma prosesi

Ön yağ alma banyo sonrasında şebeke suyu ile daldırma yöntemi ile durulama işlemi yapılmaktadır. Şekil 28’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.15: Sıcak daldırma galvaniz durulama prosesi

Metal yüzey tamamen temizlendikten sonra %80 oranında kurulumu yapılan yoğunluğu 20-25 bhom HCL Asit ile daldırma yöntemi ile 20 sn banyo içerisinde kalır. Şekil 4.16’da örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.16: Sıcak daldırma galvaniz HCL asit prosesi

Bu işlem sonrasında parçalar tekrar şebeke suyu ile daldırma yöntemi ile durulama yapılır.

Aktivasyon öncesinde yoğunluğu 20 bhom olan flux ile daldırma yöntemi ile 20 sn banyoda bırakılır. Şekil 4.17’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.17: Sıcak daldırma galvaniz flux prosesi

Fluxdan çıkan parçalar direk olarak kurutma fırını içerisinde kurutulur. Şekil 4.18’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.18: Sıcak daldırma galvaniz kurutma prosesi

Kuruması tamamlanan parçalar direk olarak 400 derece ve yukarısındaki çinko banyosuna Şekil 4.19'deki gibi daldırma yöntemi ile daldırılır.



Şekil 4.19: Sıcak daldırma galvaniz prosesi

Sıcak daldırma galvaniz banyosunda 2 dakika sonrasında ürünler yatay olarak yavaşça Şekil 4.20'deki gibi çıkartıldı.



Şekil 4.20: Sıcak daldırma galvaniz çıkış görselleri

Sıcak haddelenmiş sac üzerine korozyonu önlemek amaçlı yapılan sıcak daldırma galvaniz kaplama işleminden sonra yüzey pürüzsüz bir yapı halini alır. Boyanın bu yüzeyde tutunması için gözenekler olmadığından darbelere karşı mukavemeti az olacaktır. Boyanın yüzeye tutunma performansını arttırmak için aşındırma işlemi yapılır. Bu işlem özel tasarlanan Şekil 4.21'deki kumlama makinesi ile gerçekleştirilir. Makinenin bir alanından malzemeler yerleştirilir. Malzeme makine içine giren konveyör hattı çalıştırılır. Konveyör hareket eden malzemeler kapalı basınç hattından geçer. Bu basınç hattının içerisinde belirli açı ile duran ve basınç ile farklı kum cinslerin atıldığı nozullar altından geçerler.



Şekil 4.21: Kumlama makinesi



Şekil 4.22: Kumlama makinesi nozulları

Tesiste kullanılan Garnet 80 MSH kum Şekil 4.22’de nozullar malzeme üzerine 4-8 bar arası çarptırıldı. Çarpan yüzeyde mikro derinlikler oluşur. Fiziksel olarak yapılan bu işlem malzemenin tam anlamıyla temizlenmesi ve uygulanacak olan işlemin yüzeye tutunabileceği

gözenekler ve pürüzlülük oluşturmak için yapılır. Ve yahut malzemelere montaj yapılacak diğer ürünlerin zarar görmesini engelleyecek çıkıntıları ortadan kaldırır. Yüzeğe çarpan basınçlı kumlar istenmeyen maddeleri de yüzeğden kaldırmış olur. Şekil 4.23’da deney parçalarının kumlama görselleri yer almaktadır. Şekil 4.24’de kumlanan parçalar ile sıcak haddelenmiş sacın karşılaştırma amaçlı görselidir.



Şekil 4.23: Kumlanan deney parçaları



Şekil 4.24: Kumlama öncesi ve sonrası karşılaştırma görselleri

Kumlanmış plakalar toz boya işleminde önceden asılarak boyaya hazır hale getirildi. Şekil 4.25’de askılaması gösterildi.



Şekil 4.25: Boya işlemi için askılanan deney parçaları

Plakalar konveyörün hareketi ile boya kabini önüne kadar getirildi. Kabinde Micron marka corona model toz boya tabanca ile boyama işlemi Şekil 4.24’de görseldeki yapıldı. Bu işlem için epoksi içerikli çinko bazlı toz boya kullanılmıştır.



Şekil 4.26: Astarlama – epoksi boyama işlemi

İlk kat boyama işleminden sonra parçalar kürlenmesi için fırına Şekil 4.27’deki gibi gönderildi. Yaklaşık 20 dakika pişirme fırınında kalan parçaların kürlenmesi tamamlanmıştır.



Şekil 4.27: Deney parçaları pişirme fırını giriş

Daha sonra ilk katı atılan ve astarlanan parçalar ile sadece kumlama olan parçalar polyester boya ile boyanmak üzere ikinci boyama kabine hareket ettirildi. Bu kabinde Micron marka corona tabanca ile Şekil 4.28'deki gibi boyama işlemi tekrar edildi.



Şekil 4.28: Polyester boyama işlemi

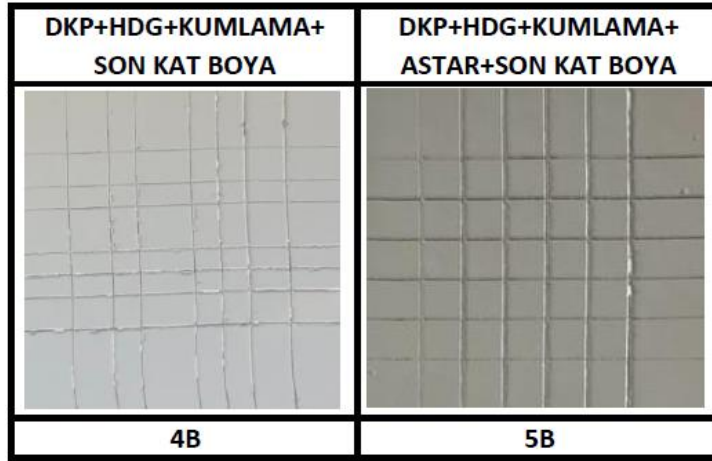
Boyama işlemi biten ürünler tam kurlenme için pişirme fırınından yaklaşık içeride 20 dakika kalacak şekilde ayarlanmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulanan testler sonucu numuneler incelenmiş ve her bir test metodu sonucu bulgular elde edilmiştir. Elde edilen bulgular bu bölümde değerlendirilmiştir.

5.1. TS EN ISO 2409 / DIN 53131 / ASTM D339 / BS 3900 Çapraz Kesme Deneyi değerlendirmesi

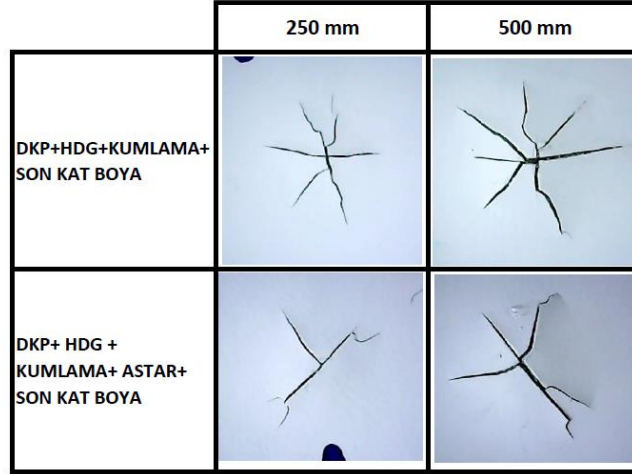
Boyalı plakaların mikron kalınlığına uygun uç test aletinin ucuna takıldı. Parçanın üzeri fırçalandı. Test aleti dik tutularak parçanın üzerinde x ve y ekseninde çekildi. Plaka üzeri son kez fırçalanıp temizlendi. Temiz parça üzerindeki kareler üzerine özel yapışma bandı yapıştırır ve bir süre beklenir. Bant yüzey üzerine yapışınca yüzeyden hızlı bir şekilde çekildi. Ardından yüzey üzerindeki kare kenarları büyüteç altında standart tablosuna uygun olarak değerlendirildi.



Şekil 5.1: Cross-cut test yapılan parçaların görüntüsü

5.2. EN ISO 6272-1 / ASTM D2794 -Darbe Testi değerlendirme:

Boyalı plakalar test cihazının uygun alanına yerleştirildi ve 50 cm ve 25 cm yüksekliklerden aşağıya bırakıldı. İki işlem içinde aynı ağırlıktaki deney parçası kullanılmıştır. Deney parçalarının test sonrası görüntüleri Şekil 5.2’de verilmiştir.

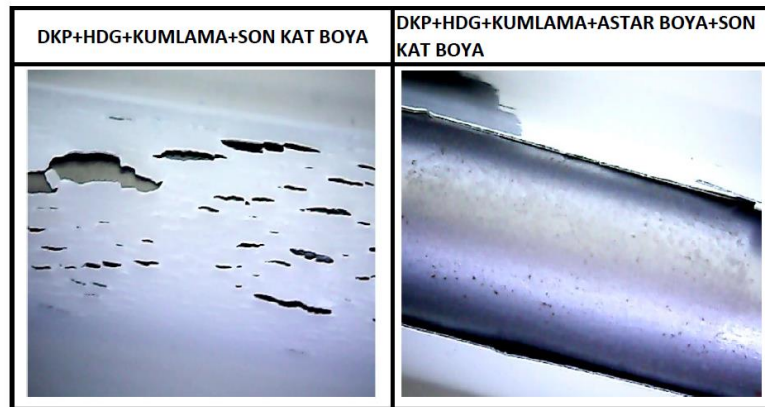


Şekil 5.2: EN ISO 6272-1 Darbe testi sonrası

İki deney parçasının deney sonunda görüntüleri incelendiğinde 250 mm yüksekliğinden bırakılan ağırlık sonucunda tek kat boyamanın çift kat dubleks sisteme göre daha çok boyanın yüzeyden kopma yaşadığı görülmüştür. Dubleks sistem için astar boyanın son kat boyayı daha fazla yüzeye yapıştırdığı ve astar üzerine yapılan boyanın galvaniz üzeri boyaya göre daha çok yapıştığı görülmüştür.

500 mm yükseklikten bırakılan ağırlıkların sonuçları değerlendirildiğinde iki parçanın da yüzey kontrolünde yoğun çatlakların gözlemlendiği saptanmıştır. Aynı şekilde astarlı yüzeye uygulanan boyanın, galvanizli yüzeye direk yapılan boya konusunda daha az çatlakların olduğu görülmüştür.

5.3. TS EN ISO 1519 – Bükme Deneyi (Silindirik Bükme) değerlendirilmesi:



Şekil 5.3: Bükme testi sonrası

Deney parçaları boyama işleminin ardından silindirik aletin bir tarafından yerleştirilip, kol diğer tarafa doğru bükülür. Bükülen sacın silindirin etrafında dolanan kısmında boyanın yüzeye yapışması kontrol edilir. Tek kat boyama işlemi yapılan deney parçasının, yüzeyinde yapılan test sırasında gerilmeden dolayı kopmaların olduğu ve boyanın elastikiyetinin zayıf olduğu görülmüştür. Boyanın tamamı yüzeyden ayrılmadığı fakat bazı boşlukların oluştuğu izlenmiştir. Çift kat dubleks boya yapılan deney parçasında boya kaplamasının yüzeyden tamamen ayrıldığı gözlemlenmiştir. Çift kat boyama ile yapılan kaplamanın mukavemetinin az, boyanın esnekliğinin kalınlık arttıkça daha da azaldığını görülmektedir.

5.4. EN ISO 92 – Tuz Testi değerlendirme:

Deney aşağıda Şekil 5.4'deki şartlarda gerçekleştirilmiştir. Parçalar kabarcıklanma, paslanma derecesi, çizik etrafında korozyonun ilerlemesi ve soyulma gibi durumları değerlendirilmiştir.

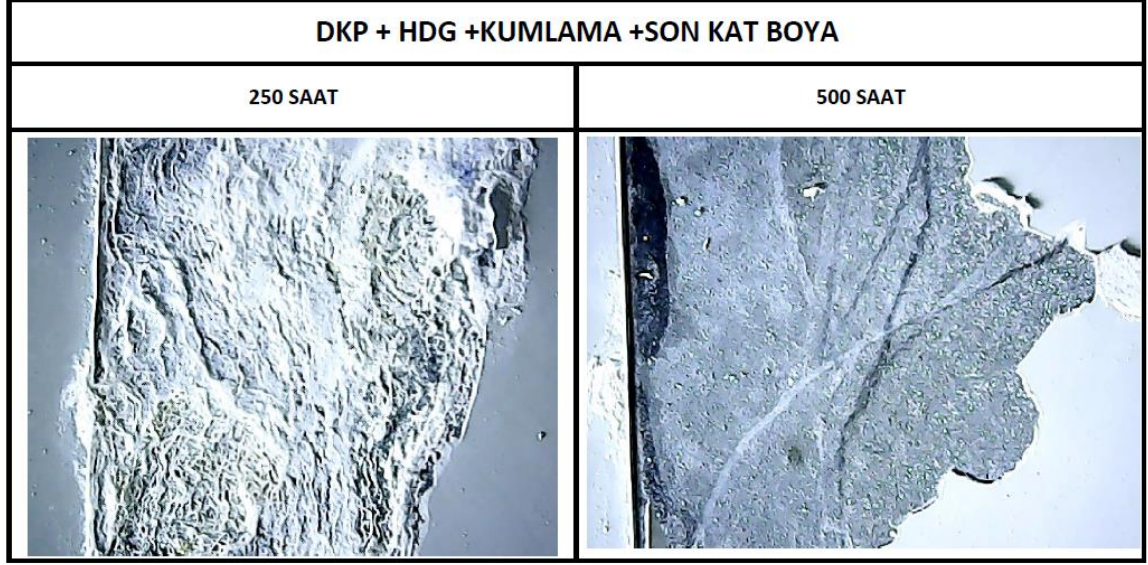
Uygulama	Sürekli spreyleme
Numunenin Duruş Açısı	Dikey Eksenle 200 ± 50°lik açı
Korozif Atmosfer	5 ±0,5 % tuz-su çözeltisi
pH Değeri	6,5-7,2 (25 ±2)°C'de
Test Kabin Sıcaklığı	35 ± 2 °C
Tuzlu Su Yağış Miktarı	0,013-0,0125 ml/ cm2.saate

Şekil 5.4: Deney şartları

Şekil 5.4'deki tablo da iki deney plakasına ait değerlendirme durumları gösterilmektedir.

			250 SAAT	500 SAAT	750 SAAT	1000 SAAT	1200 SAAT	1400 SAAT
DKP + HDG + SON KAT BOYA	ISO 4628-2	Kabarcıklanma Derecesi	Kabarcık Yok	Kabarcık Yok	-	-	-	-
	ISO 4628-3	Paslanma Derecesi	Ri1	Ri4	-	-	-	-
	ISO 4628-8	Çizik etrafında İlerlemesi	Derece 2	Derece 3	-	-	-	-
	ISO 4628-8	Çizik etrafında Soyulma	10 mm	Yoğun	-	-	-	-
DKP + HDG + ASTAR BOYA + SON KAT BOYA	ISO 4628-2	Kabarcıklanma Derecesi	Kabarcık Yok	Kabarcık Yok	Kabarcık Yok	Kabarcık Yok	Kabarcık Yok	Kabarcık Yok
	ISO 4628-3	Paslanma Derecesi	Ri0	Ri0	Ri1	Ri1	Ri1	Ri1
	ISO 4628-8	Çizik etrafında İlerlemesi	Derece 0	Derece 0	Derece 0	Derece 0	Derece 0	Derece 0
	ISO 4628-8	Çizik etrafında Soyulma	0 mm	1 mm	1 mm	1 mm	2 mm	3,5 mm

Şekil 5.5: Tuz testi değerlendirme tablosu

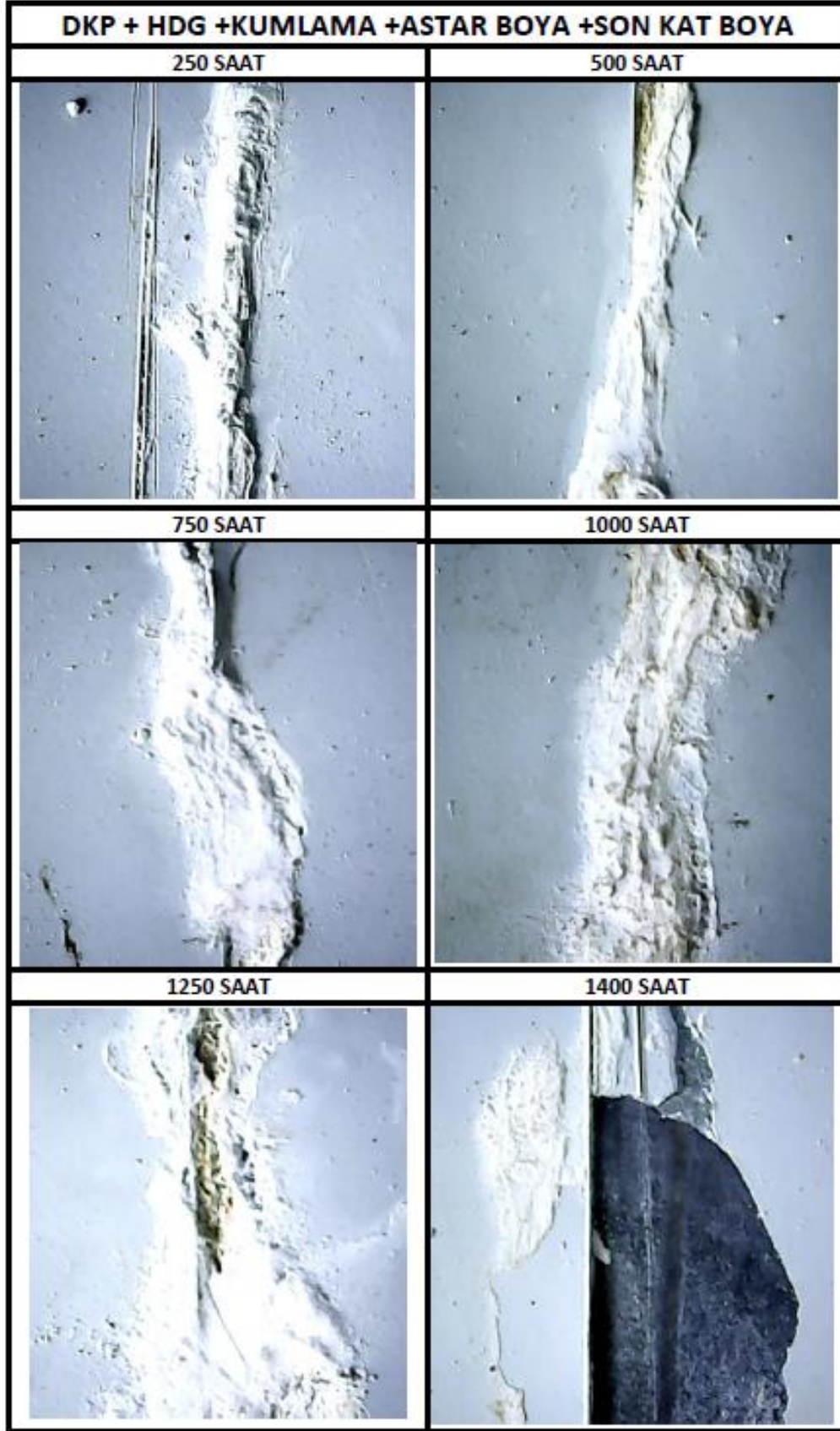


Şekil 5.6: Tek kat boyama yapılan deney parçasının tuz testi sonuçlarının mikroskop altındaki görüntüleri

Tek kat boyama işlemi yapılmış deney numunesi tuz testinden 500 saat olarak sonuçlanmıştır.

250 saat sonunda; boyanın kesilen alanında açılma olduğu ve 10 mm soyulduğu görülmüştür. Bu aşamada yüzeyde kabarcıklanma olmadığı, paslanmanın beyaz pas olarak gözlemlendiği görülmüştür.

500 saat sonunda, boyanın yüzeyden tamamen kalktığı ve alttaki sıcak daldırma galvanizin görüldüğü saptanmıştır.



Şekil 5.7: Çift kat boyama yapılan deney parçasının tuz testi sonuçlarının mikroskop altındaki görüntüleri

250 saat sonunda, numune plaka üzerinde herhangi bir kabarcıklanma, paslanma ve soyulma görülmemiştir. Şekil 50'deki 250 saat altındaki görselde ürünün mikroskop altındaki görüntüsü görülmektedir.

500 saat sonunda, plaka üzerinde kabarcıklanma ve paslanma görülmemiştir. Plaka üzerindeki çizgi de 1mm soyulma görülmüştür.

750 saat sonunda, plaka üzerinde kabarcıklama görülmezken az derece paslanma gözlemlenmiştir. Soyulma ölçüsü aynı ölçüde kalmıştır.

1000 saat sonunda, plaka üzerinde kabarcıklanma görülmemiş, az derecede paslanmaya rastlanmış ve 1mm soyulma ölçülmüştür.

1250 saat sonunda, plaka üzerinde kabarcıklanma görülmemiştir. Az derece paslanma rastlanmış fakat çizgi üzerindeki soyulma ölçüsü 2mm olarak ölçülmüştür.

1400 saat sonunda, plaka üzerinde kabarcıklanma görülmemiştir. Az derece paslanma olurken, soyulma ölçüsünün 3,5mm olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sıcak haddelenmiş yassı çeliklerde dubleks sistem şeklinde uygulanan toz kaplama uygulamalarının korozyona olan dayanımı incelenmiştir. Sıcak haddelenmiş yassı çelikten üretilen numunelerden biri sıcak daldırma galvaniz üzeri kumlama işlemi sonrası tek kat boya ile, diğeri sıcak daldırma galvaniz üzerine kumlama işlemi sonrası astar ve son kat boya ile boyanarak iki grup numune hazırlanmıştır. Tuz testi, silindirik bükme, darbe testi ve çapraz kesme testi, toz boya kaplama işlemleri sonrasında kaplamaların performansını değerlendirmek adına uygulanan en uygun testlerdir. Bu nedenle iki farklı yöntem ile elde edilen numunelere yukarıda belirtilen testler uygulanmış ve sonuçlar her bir yöntem için ayrı ayrı tartışılmıştır.

Kumlama yapılmış malzeme üzerine yapılan astarlama işlemi sonrasında son kat boyama olan çift kat (dubleks sistem) elektrostatik toz boyama ile elde edilen en iyi numune olup, plakanın üzerine yapılan testlerde oldukça iyi sonuçlar alınmıştır. Bu plakanın zorlu çalışma şartları altında dayanımının yüksek olduğunu, deniz ve denize yakın alanlarda korozyona dayanımın yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Yapılan testler ile ömür tablosuna bakıldığında, C5-H (Yüksek) seviyesinde bir ortamda 15-25 yıl arasında, C4-VH (Çok Yüksek) seviyesinde bir ortamda 25 yıl üzeri kullanım ömrünün olduğu tespit edilmiştir. Bu sistemin yüksek neme sahip endüstriyel alanlar ile yüksek tuz seviyeli kıyı alanları gibi dış ortamlarda kullanımı uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca yüksek kirlilik ve yoğunlaşmaya sahip binaların iç ortamlarında da tercih edilebilir.

Kumlama yapılmış malzeme üzerine yapılan tek kat boyanın çift kat (dubleks sistem) boyamaya göre yüzeye daha az yapışma gösterdiğinin ve tuz testinde ömür olarak C5-L (Düşük) seviyesinde 7 yıldan az ya da C4-M(Orta) seviyesinde 7-15 yıl arası ömrünün olduğu tespit edilmiştir. Bu sistem orta tuzlulukta sahil bölgeleri ile endüstriyel bölgeler de kullanılabilir. Ayrıca kimyasal madde fabrikaları, yüzeme havuzları, sahildeki gemi ve yat çekekleri gibi iç ortamlarda tercih edilebilir.

Bu çalışma çift kat(dubleks) boyama sistemin tek kat boyama sistemine göre parçaların korozyona olan dayanım sürelerini uzattığını göstermektedir. Fakat bu ömür artırıcı özelliğine rağmen çift kat boyama yapılan parça üzerinde boyanın elastikiyetinin olmadığı,

kalınlıktan dolayı darbe ve yapışma testlerinde tek kat boyama işlemine göre daha düşük verilerin elde edildiği tespit edilmiştir.

Bu sebeple eğer çift kat (dubleks sistem) boyama yapılan ekipman, parçalar birbiri ile montaj yapılacak ise koruma düzeyinin artırılması önerilebilir. Boyalı parçaların montaj esnasında oluşacak darbeler ile zarar görüp korozyona zayıf bir alan oluşturabileceği unutulmamalıdır. Özellikle cıvata-somun bağlantı sistemi kullanılan alanlarda sıkıştırmadan dolayı oluşan kuvveti sönmölemek amacı ile ara kısma daha yumuşak bir bağlantı ekipmanı tercih edilebilir. Ayrıca bu sistem ile boyanan ekipmanların ulaşım esnasında oluşabilecek darbelere karşı da korunması gerekmektedir. Teması ile oluşabilecek zararları önlemek için birbiri ile teması kesilebilir. Yükleme gibi durumlarda da nakliyesini kolaylaştıracak şekilde paketlenmelidir.

Literatürde elektrostatik toz boyanın korozyon direncini arttırmak adına çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda toz boya kaplama öncesi birtakım kimyasal yüzey hazırlama yöntemlerinin üzerinde durulmuştur. Bir çalışmada toz boya kaplama prosesi öncesi demir fosfat, çinko fosfat ve oksilan nano kaplamanın olduğu üç farklı kimyasal yüzey hazırlama yöntemi karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda demir fosfat ve oksilan ile hazırlanan numuneler 1000 saat tuz testinden kalırken, çinko fosfat ile hazırlanan numune ise 1000 saat tuz testinden geçmiştir. Bu çalışmada hazırlanan sıcak daldırma galvaniz kaplama üzerine kumlama sonrası astar ve son kat boya ile hazırlanan numune ise 1400 saat tuz testinden geçmiştir.

Başka bir çalışmada toz boya öncesi pasivasyon işlemi denenmiştir. Çalışmada üç farklı asit çeşidi ile pasivasyon işlemi uygulanmış ve bu şekilde numuneler elde edilmiştir. Elde edilen numunelere uygulanan tuz testinde 72 saat sonrasında korozyon belirtileri görölmüştür.

Yapılan bu çalışmanın sonucunda her iki çalışmaya kıyasla korozyon direnci olarak çok iyi sonuçlar elde edilirken, mekanik olarak daha başarısız sonuçlar elde edilmiştir. Yüzeye atılan astar ile son kat boya birbirlerine çok iyi yapışırken boya kaplama metal yüzey ile sağlam bir bağ oluşturamamaktadır. Bu metot ile kaplanarak elde edilen son ürünleri kullanırken bu hususa dikkat edilmelidir.

Dubleks sistem, mevcut toz boya tesisinde herhangi bir ek yatırım yapılmadan uygulanabilecek bir sistemdir. Mevcut sisteme kolayca uyum sağlanabilmektedir. Çok uygun bir şekilde kaplama kalitesi fazlası ile üst seviyelere çıkarılabilmektedir.

Olağanüstü problemler olağanüstü çözümler gerektirmektedir. Bunlardan bir tanesi marina şartlarıdır. Bu şartların sahip olduğu denizcilik alanında kullanılan ürünler tuzlu suya sıklıkla maruz kaldığı için son kullanıcıya sunulan ve kaplama gerektiren ürünlerin bu şartlara uygun kaplama yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir. Korozyon direnci yüksek olan ürünler daha az bakım ve onarım gerektirecektir. Bu da bakım ve onarım için gerekli olan maliyetleri düşürecektir. Ürünler korozyon hasarına daha geç uğrayacağı için yeniden temin maliyetleri de nispeten daha az olacaktır.

Yapılan bu çalışma ileride yapılacak başka çalışmaların önünü açacaktır. Yapılacak olan ileriki çalışmalarda dubleks sistem farklı materyaller üzerinde denenebilir. Ayrıca son kat boya öncesinde atılan astar boya için bu çalışmada kullanılanlardan daha farklı çeşitleri de kullanılarak korozyon direnci analiz edilebilir.

KAYNAKLAR

- Akgün, Ş.Ö. (2010). Çelik Kimyasal Kompozisyonunun Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama Kalınlığına Etkilerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, 108 s.*
- Akkuş, M. (2018). Toz Boyama Sistemlerinin Ahşap Kompozit Levhalara Uygulanması ve Performans Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 224 s.*
- Dıraz, T. (2018). Sıcak daldırma galvaniz (SDG) tamiri nasıl yapılmalıdır, bilinmesi gerek püf noktaları nelerdir, *Galder Dergisi, 27: 26-30.*
- Herdilli, M. (2021). Tam Otomatik Elektrostatik Toz Boya Robotu. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 161 s.*
- Kardeş, F.B. (2020). Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Pilot Bir Firmada İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 108 s.*
- Kazel, A. (2020). Galvanizli Sac Üzerine Toz Boya Tutundurma İşleminde Kimyasal Pasivasyonun Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik, 98 s.*
- Özden, E. (2020). Elektrostatik Toz Boya Proses Parametrelerinin Deney Tasarımı Yöntemleri ile Optimizasyonu ve Endüstriyel Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 78 s.*
- Taşkan Ürgün, D. (2019). Elektrostatik Toz Boyama Tesisinin Otomasyon Sistemine Geçişinin Enerji Verimliliği Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 74 s.*
- Yalçın, H. Ve Koç, T. (1997). *Mühendisler için Korozyon*, Türk Mühendis ve Mimarlar Odalar Birliği Kimya Mühendisleri Odası.
- Yaşar, D. (2009). Çelik Sistemlerin Yüzey Özelliklerine Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplamanın Etkisi, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 150 s.*
- Yüksek Sıcaklık ve Erozyon Korozyonu*. Kimya Teknolojisi, 2012, Ankara.
- URL-1 (2024). http://www.tucsa.org/tr/çelik_yapılar_yazi.aspx?yazi=1113, (10.01.2024).
- URL-2 (2024). <https://www.nachi.org/metal-roofs-part4-113.htm>, (10.01.2024).
- URL-3 (2024). <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073099049089100065108107085076100073>, (10.01.2024).

- URL-4 (2024). <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073083049108122043066117082111066049>, (10.01.2024).
- URL-5 (2024). <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073097078108111071057087084071054076>, (10.01.2024).
- URL-6 (2024). <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073081120121115119099072054079120115#:~:text=Kapsam%20%3A,ampirik%20bir%20deney%20i%C5%9Flemine%20kapsar>, (10.01.2024).
- URL-7 (2024). <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073086108048113107107120098115047065>, (10.01.2024).
- URL-8 (2024). <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073101057047075055043080088120078116>, (10.01.2024).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı :

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi :

Yüksek Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller :

Bilimsel Faaliyet/Yayımlar :

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler ve Kurs Belgeleri :

Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih :