



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**GALVANİZ SAC ÜZERİNE TOZ BOYA TUTUNDURMA
İŞLEMİNDE KİMYASAL PASİVASYONUN ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

**Abdulkerim KAZEL
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ**

**BİLECİK, 2020
Ref. No.:10324463**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**GALVANİZ SAC ÜZERİNE TOZ BOYA TUTUNDURMA
İŞLEMİNDE KİMYASAL PASİVASYONUN ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

**Abdulkerim KAZEL
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ**

BİLECİK, 2020



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
SEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences
Department of Chemical Engineering**

**INVESTIGATION OF CHEMICAL PASSIVATION
EFFECT ON GALVANIZED SHEET IN POWDER PAINT
COATING PROCESS**

**Abdulkerim KAZEL
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Prof. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ**

BİLECİK, 2020



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 30/12/2019 tarih ve 76-05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 16/01/2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Abdulkerim KAZEL'in "Galvaniz Sac Üzerine Toz Boya Tutundurma İşleminde Kimyasal Pasivasyonun Etkisinin İncelenmesi" başlıklı tez çalışması Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ

ÜYE : Prof. Dr. Nezihe AYAS

ÜYE : Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmam sırasında bilgi birikimini benimle paylaŐan, bana yol gÖsteren ve her zaman bana destek olan değerli danıŐman hocam sayın Prof. Dr. aęlayan AÇIKGÖZ'e ve Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN' a

Tez çalıŐmalarımnda bana yardımcı olan sevgili hocalarım ArŐ. Gör. Duygu KURU, Öęr. Gör. Sahra DANDIL ve ArŐ. Gör. Ecem Müęe ANDOęLU ve emeği geçen tüm hocalarıma

Tez çalıŐmalarımnda laboratuvar ekipmanlarını kullanmama yardımcı olan değerli iŐ arkadaşlarım Suat ÇUKURÇAYIR ve Güney BİNGÖL' e

Bana daima destek olan, hayatımın en büyük anlamı olan ve bugünlere kadar gelmemi sağlayan sevgili ailem Cengiz KAZEL, Halime KAZEL ve Yunus Emre KAZEL' e

Sonsuz teŐekkürler ve saygılarımı sunarım.

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

...../...../ 2020

Abdulkerim KAZEL

GALVANİZ SAC ÜZERİNE TOZ BOYA TUTUNDURMA İŞLEMİNDE KİMYASAL PASİVASYONUN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Boya öncesi pasivasyon işleminin boya yapışma kabiliyetini ve korozyon dayanımını arttırdığı literatürde belirtilmektedir. Bu çalışmada ucuz ve kolay bulunan farklı konsantrasyonlarda organik ve inorganik asitler kullanılarak pasivasyonu yapılan numunelere toz boya kaplaması yapılarak pasivasyon kimyasallarının ve uygulama şartlarının boya yapışma kabiliyetine etkisi incelenmiştir. Kaplamalar DX51+Z galvaniz sac üzerinde yapılmıştır. Kimyasal pasivasyon işleminde sitrik asidin, formik asidin ve nitrik asidin farklı konsantrasyonlarında (kütle/hacimce %1, 3 ve 5), farklı sürelerde (20, 40 ve 60 saniye) daldırma yöntemiyle uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pasive edilen plakalar 30 saniye boyunca saf su ile durulanmıştır. Saf su ile durulama işleminden sonra numuneler 105°C’ de 1 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan plakalara toz boya kaplama yapılmıştır ve 200°C’ de 10 dakika boyunca kurlenmiştir. Kimyasal yöntemle pasive edilmiş elektrostatik toz boya kaplı plakaların metal yüzeyi ve toz boya arasındaki adezyon etkinliğinin incelenebilmesi için cross-cut testi, tuzlu su ortamına dayanım testi, sıcak su ortamına dayanım testi, darbe testi, silindirik bükme testi, cupping testi ve spreyci tuz testi uygulanmıştır. Yapılan testler neticesinde formik asit ile pasive edilmiş plakaların toz boya yapışma etkinliğinin oldukça iyi olduğu görülmüştür. Sitrik asit ve nitrik asit ile pasive edilen metallerin toz boya yapışma etkinliğinin zayıf olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Cross-cut; Çinko fosfat; Kaplama; Pasivasyon; Toz boya

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CHEMICAL PASSIVATION IN POWDER COATING PROCESS ON GALVANIZED SHEET

ABSTRACT

It is stated in the literature that the passivation process before painting increases the paint adhesion ability and corrosion resistance. In this study, the effect of paint adhesion ability and the effect of passivation conditions was examined by using in different concentration organic and inorganic acids, those are found easiliy, by applying powder coating to pasivated samples. Coatings are made on DX51 + Z galvanized sheet. In the chemical passivation process, the application of citric acid, formic acid and nitric acid at different concentrations (1%, 3 and 5% w/v), at different times (20, 40 and 60 seconds) was applied. Passive plates were rinsed with deionized water for 30 seconds. Samples were dried for 1 hour at 105°C after rinsing. The dried plates were powder coated and cured for 10 minutes at 200°C. Cross-cut test, brine test, hot water test, impact test, cylindrical bending test, cupping test and spray salt test were used to examine the adhesion effectiveness between the metal surface of the electrostatic powder coated plates coated with the chemical method and the powder paint. Cross-cut test, salt water resistance test, hot water resistance test, impact test, cylindrical bending test, cupping test and salt spray test were applied to investigate the adhesion effectiveness between the metal surface of electrostatic powder coated plates and powder paint. As a result according to the tests, the powder paint adhesion efficiency with formic acid was found to be quite good. Adhesion efficiency of passivated with citric acid and nitric acid has observed as weak.

Keywords: Coating; Cross-cut; Passivation; Powder paint; Zincphosphate

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR
BEYANNAME
ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Galvaniz Sac	3
2.2. Elektrostatik Toz Boya İşlemi	4
2.2.1. Epoksi toz boyanın genel özellikleri.....	5
2.2.2. Epoksi-polyester toz boyanın genel özellikleri.....	6
2.2.3. Polyester toz boyanın genel özellikleri.....	7
2.2.4. Elektrostatik toz boya kaplamaların işlem sırası	10
2.3. Galvaniz Sacın Sprey Çinko Fosfat Kaplama ve Toz Boya İşlemleri.....	10
2.3.1. Ön yağ alma prosesi	10
2.3.2. Yağ alma prosesi.....	10
2.3.3. Yağ alma 1. durulama prosesi	10
2.3.4. Yağ alma 2. durulama prosesi	10
2.3.5. Aktivasyon prosesi.....	11
2.3.6. Çinko fosfat kaplama prosesi	11
2.3.7. Saf su 1. durulama prosesi	11
2.3.8. Pasivasyon prosesi	11
2.3.9. Saf su 2. durulama prosesi	12
2.3.10. Kurutma	12
2.3.11. Elektrostatik toz boya uygulaması.....	12
2.3.12. Elektrostatik toz boyanın kürlenmesi	13
2.4. Korozyon Çeşitleri	14
2.4.1. Galvanik korozyon.....	14

2.4.2. Çukur korozyonu	15
2.4.3. Aralık korozyonu	15
2.4.4. Homojen dağılımlı korozyon	16
2.4.5. Seçici korozyon	16
2.4.6. Gerilmeli korozyon	17
2.4.7. Yorulmalı korozyon	17
2.4.8. Erozyon korozyonu	18
2.4.9. Kazımalı korozyon	19
2.5. Korozyon Reaksiyonları	19
2.5.1. Anodik reaksiyon	19
2.5.2. Katodik reaksiyon	19
2.5.3. Elektrolit reaksiyonu	19
3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	20
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	24
4.1. Materyal	24
4.2. Metod.	25
4.3. Numunelere Uygulanan Testler	31
4.3.1. EN ISO 2409 cross-cut testi	31
4.3.2. Tuzlu su ortamında numunelerin dayanım testi	33
4.3.3. Sıcak su ortamında numunelerin dayanım testi	34
4.3.4. EN ISO 6272-1 darbe testi	35
4.3.5. EN ISO 1519 silindirik bükme testi	36
4.3.6. EN ISO 1520 cupping testi	37
4.3.7. EN ISO 9227 sprey tuz testi	38
5. BULGULAR	39
5.1. Formik Asit İle Pasive Edilmiş Galvaniz Sacların Test Bulguları	39
5.2. Sitrik Asit İle Pasive Edilmiş Galvaniz Sacların Test Bulguları	48
5.3. Nitrik Asit İle Pasive Edilmiş Galvaniz Sacların Test Bulguları	57
6. TARTIŞMA VE YORUM	66
6.1. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Cross-cut Testi Değerlendirmesi	66
6.2. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Tuzlu Su Testi Değerlendirmesi	70
6.3. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Sıcak Su Testi Değerlendirmesi	74

6.4. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Darbe Testi Değerlendirmesi	77
6.5. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Silindirik Bükme Testi Değerlendirmesi	84
6.6. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Cupping Testi Değerlendirmesi	88
6.7. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Tuz Sprey Testi Değerlendirmesi	91
SONUÇLAR	94
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ.....	



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1.	Otomatik elektrostatik toz boya sistemine ait fotoğraf..... 4
Şekil 2.2.	Elektrostatik toz boya uygulamaları 13
Şekil 2.3.	Elektrostatik toz boya kürlenme eğrisi örneği 13
Şekil 2.4.	Galvanik korozyon oluşumu 15
Şekil 2.5.	Çukur korozyon oluşumu..... 15
Şekil 2.6.	Aralık korozyonu oluşumu 16
Şekil 2.7.	Homojen dağılımlı korozyon oluşumu 16
Şekil 2.8.	Gerilmeli korozyon ve çatlak oluşumu 17
Şekil 2.9.	Yorulmalı korozyon ve çatlak oluşumu 18
Şekil 2.10.	Erezyon korozyonu oluşumu 18
Şekil 4.1.	Galvaniz sacların yüzey işlem prosesi akış şeması..... 26
Şekil 4.2.	Daldırma metodu ile plakaların pasive edilmesine ait fotoğraf..... 27
Şekil 4.3.	Pasive edilmiş plakaların etüvde kurutulmasına ait fotoğraf..... 28
Şekil 4.4.	Kurutma işlemi tamamlanan plakaların toz boya işlem öncesi askılanmasına ait fotoğraf..... 28
Şekil 4.5.	Plakaların elektrostatik toz boya kaplama işlemine ait fotoğraf..... 29
Şekil 4.6.	Elektrostatik toz boya ile kaplanması sonrasına ait fotoğraf. 29
Şekil 4.7.	Elektrostatik toz boya kaplı plakaların kürlenme fırınına ait fotoğraf..... 30
Şekil 4.8.	Yüksek sıcaklık fırınında kürlenme süreci tamamlanan plakalara ait fotoğraf..... 30
Şekil 4.9.	Cross-cut test setine ait fotoğraf. 31
Şekil 4.10.	Tuzlu su ortamına dayanım testine maruz bırakılan plakalara ait fotoğraf..... 33
Şekil 4.11.	Sıcak su ortamına dayanım testine maruz bırakılan plakalara ait fotoğraf..... 34
Şekil 4.12.	Darbe testi uygulamasına ait fotoğraf. 35
Şekil 4.13.	Silindirik bükme testi uygulamasına ait fotoğraf..... 36
Şekil 4.14.	Cupping testi cihazına ait fotoğraf..... 37
Şekil 4.15.	Sprey tuz testi kabinine ait görüntü. 38

Şekil 5.1.	Formik asit ile pasive edilen toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütölmüş cross-cut testine ait göröntüler.....	39
Şekil 5.2.	Formik asit ile pasive edilen toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütölmüş tuzlu su ortamına dayanım testine ait göröntüler.....	40
Şekil 5.3.	Şekil 5.3. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütölmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait göröntüler.....	41
Şekil 5.4.	Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütölmüş darbe testine ait göröntüler.	42
Şekil 5.5.	Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütölmüş darbe testine ait göröntüler.	43
Şekil 5.6.	Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütölmüş darbe testine ait göröntüler.....	44
Şekil 5.7.	Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütölmüş silindirik bükme testine ait göröntüler.	45
Şekil 5.8.	Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütölmüş cupping testine ait göröntüler.	46
Şekil 5.9.	Formik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnci değerleri grafiği.	47
Şekil 5.10.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütölmüş cross-cut testine ait göröntüler.....	48
Şekil 5.11.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütölmüş tuzlu su testine ait göröntüler.....	49
Şekil 5.12.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütölmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait göröntüler.....	50
Şekil 5.13.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütölmüş darbe testine ait göröntüler	51
Şekil 5.14.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütölmüş darbe testine ait göröntüler.	52
Şekil 5.15.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütölmüş darbe testine ait göröntüler.	53
Şekil 5.16.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütölmüş silindirik bükme testine ait göröntüler.....	54

Şekil 5.17.	Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüler.	55
Şekil 5.18.	Sitrik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnci değerleri grafiği. ..	56
Şekil 5.19.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş cross-cut testine ait görüntüler.	57
Şekil 5.20.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su testine ait görüntüler.	58
Şekil 5.21.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su testine ait görüntüler.	59
Şekil 5.22.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüler.	60
Şekil 5.23.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüler.	61
Şekil 5.24.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüler.	62
Şekil 5.25.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler.	63
Şekil 5.26.	Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüler.	64
Şekil 5.27.	Nitrik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnci değerleri grafiği. .	65
Şekil 6.1.	ISO ve ASTM standartlarına göre cross-cut testi değerlendirmesine ait fotoğraf.	66
Şekil 6.2.	5FA40 numunesinin kafes yapında oluşan pullanma etkisine ait görüntü..	67
Şekil 6.3.	ISO “0” / ASTM “5B” olarak değerlendirilen 5SA20 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.	68
Şekil 6.4.	ISO “0” / ASTM “5B” olarak değerlendirilen 3NA20 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.	69
Şekil 6.5.	5FA40 numunesinin kafes yapında oluşan a)boya kalkması b)pullanma etkisine ait görüntü.	71
Şekil 6.6.	ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3SA60 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.	72

Şekil 6.7.	ISO “4” / ASTM “1B” olarak değerlendirilen 5NA60 numunesine ait cross-cut testi görüntüsü.	73
Şekil 6.8.	ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 1FA60 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.	74
Şekil 6.9.	ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3SA20 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.	75
Şekil 6.10.	ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3NA40 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.	76
Şekil 6.11.	Darbe testi sonuçlarının değerlendirilmesine ait görüntü.	77
Şekil 6.12.	Başarılı olarak değerlendirilen 5FA60 numunesine ait darbe testi sonucu oluşan çatlakların çapı ve genişliğine ait görüntü.	79
Şekil 6.13.	Başarılı olarak değerlendirilen 5SA40 numunesine ait darbe testi sonucu oluşan çatlakların çapı ve genişliğine ait görüntü.	81
Şekil 6.14.	Başarısız olarak değerlendirilen 1NA40 numunesine ait darbe testi görüntüsü.	83
Şekil 6.15.	Başarısız olarak değerlendirilen 3NA40 numunesine ait darbe testi görüntüsü.	83
Şekil 6.16.	Darbe testi sonuçlarının değerlendirilmesine ait örnek görüntü.	84
Şekil 6.17.	Başarılı olarak değerlendirilen 3FA20 numunesinin silindirik bükme testine ait görüntüsü.	85
Şekil 6.18.	Başarısız olarak değerlendirilen 5SA60 numunesinin silindirik bükme testine ait görüntüsü.	86
Şekil 6.19.	Başarısız olarak değerlendirilen 5NA40 numunesinin silindirik bükme testine ait görüntüsü.	87

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Epoksi toz boyanın uygulama özellikleri	5
Çizelge 2.2. Epoksi-polyesyer toz boyanın uygulama özellikleri	6
Çizelge 2.3. Polydesyer toz boyanın uygulama özellikleri.....	7
Çizelge 2.4. Toz boya performans karakteristiklerinin karşılaştırılması-1.....	8
Çizelge 2.5. Toz boya performans karakteristiklerinin karşılaştırılması-2.....	9
Çizelge 2.6. Korozyon türleri	14
Çizelge 4.1. Deneysel çalışmada kullanılan kimyasallar.....	24
Çizelge 4.2. Deneysel çalışmada kullanılan laboratuvar ve proses ekipmanları	25
Çizelge 6.1. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cross-cut testi değerlendirme sonuçları.	67
Çizelge 6.2. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cross-cut testi değerlendirme sonuçları	68
Çizelge 6.3. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cross-cut testi değerlendirme sonuçları.	69
Çizelge 6.4. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların tuzlu su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.	70
Çizelge 6.5. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların tuzlu su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.	71
Çizelge 6.6. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların tuzlu su ortamına dayanım testi değerlendirmes sonuçları.....	72
Çizelge 6.7. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların sıcak su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.....	74
Çizelge 6.8. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların sıcak su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.....	75
Çizelge 6.9. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların sıcak su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.....	76
Çizelge 6.10. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların darbe testi değerlendirme sonuçları.....	78
Çizelge 6.11. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların darbe testi değerlendirme sonuçları.....	80

Çizelge 6.12. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların darbe testi değerlendirme sonuçları.....	82
Çizelge 6.13. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların silindirik bükme testi değerlendirme sonuçları	85
Çizelge 6.14. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların silindirik bükme testi değerlendirme sonuçları	86
Çizelge 6.15. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların silindirik bükme testi değerlendirme sonuçları	87
Çizelge 6.16. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cupping testi değerlendirme sonuçları.....	88
Çizelge 6.17. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cupping testi değerlendirme sonuçları.....	89
Çizelge 6.18. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cupping testi değerlendirme sonuçları.....	90
Çizelge 6.19. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı 3FA20 numunesinin sprej tuz testi değerlendirme sonuçları..	91
Çizelge 6.20. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı 3SA20 numunesinin sprej tuz testi değerlendirme sonuçları.	92
Çizelge 6.21. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı 3NA20 numunesinin sprej tuz testi değerlendirme sonuçları..	93

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler**

μ	: Mikron
Al	: Alüminyum
a/h	: Kütle/hacim
ark.,	: Arkadaşları
Bi	: Bizmut
C	: Karbon
Fe	: Demir
g/L	: gram/litre
G90	: Galvaniz sacın kaplama derecesi
H	: Hidrojen
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
μS	: İletkenlik
Ni	: Nikel
O	: Oksijen
°C	: Santigrat sıcaklık
P	: Fosfor
S	: Kükürt
GCRCP	: Soğuk haddelenmiş galvaniz sac
Si	: Silisyum
Sn	: Kalay

Kısaltmalar

UV	: Ultraviyole
ISO	: Uluslararası stardizasyon örgütü
1FA20	: %1' lik formik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3FA20	: %3' lik formik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5FA20	: %5' lik formik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1FA40	: %1' lik formik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3FA40	: %3' lik formik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5FA40	: %5' lik formik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1FA60	: %1' lik formik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3FA60	: %3' lik formik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5FA40	: %5' lik formik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1SA20	: %1' lik sitrik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3SA20	: %3' lik sitrik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5SA20	: %5' lik sitrik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1SA40	: %1' lik sitrik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3SA40	: %3' lik sitrik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5SA40	: %5' lik sitrik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1SA60	: %1' lik sitrik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3SA60	: %3' lik sitrik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5FA40	: %5' lik sitrik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1NA20	: %1' lik nitrik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3NA20	: %3' lik nitrik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5NA20	: %5' lik nitrik asit ile 20 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1NA40	: %1' lik nitrik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3NA40	: %3' lik nitrik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5NA40	: %5' lik nitrik asit ile 40 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
1NA60	: %1' lik nitrik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
3NA60	: %3' lik nitrik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac
5NA60	: %5' lik nitrik asit ile 60 saniye pasive edilmiş galvaniz sac

1. GİRİŞ

Metal kullanımı her geçen gün artmakta olup, yeni kullanım arayışları da hızla devam etmektedir. Dünya çelik üretiminin, 1,4 milyar tonu geçtiği günümüzde; Dünyada, toplam yıllık korozyon kaybının 4,4 trilyon dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Hindistan, Çin gibi ülkeler kullandıkları çinkonun %50'den fazlasını demir ve çeliğin kullanım ömrünü arttırmak amacıyla galvaniz kaplamada kullanmaktadır. Demir ve çelik malzemelerin galvaniz kaplama oranı, Avrupa'da %45-50 civarında iken bu oran Türkiye'de % 8 civarındadır. Türkiye 2012 yılında 34,28 milyon tonluk toplam nihai mamul üretimiyle, demir ve çelik üretiminde dünya sekizincisi olmuştur. Metallerin korozyon direncini arttırılması için günümüzde bir çok metal kaplama çalışmaları yapılmaktadır. Bunlardan başlıcaları, çinko fosfat, nikel kaplama, nötralizasyon, eloksal, tozboya ve yaş boya uygulamalarıdır. Hemen hepsinde oldukça karmaşık yapıda kimyasallar kullanılmakta ve ekonomik açıdan güçlü bir yatırıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bütün kaplama metodlarında ortak bir nokta vardır. Kaplama yapılacak metalin yüzeyinin temiz olması ve kaplama işlemi süresince metal yüzeyinin negatif veya pozitif iyon etkisi altında kalmadan reaksiyonların belirlenen yük dengesinde yürümesinin sağlanmasıdır. Bu sebeple kaplama işlemleri arasında saf su ve yumuşak su sıklıkla kullanılmaktadır. Yeterli olmadığı durumlarda ise ve metal yüzeyi üzerinde kaplama yapılan fazın tanecik boyutunun azaltılması, fazlalık kısmın alınması gibi işlemlerde ise nötralizasyon banyoları kullanılmaktadır.

Korozyon, metal yüzeyinin bulunduğu ortamda katı, sıvı ve gazlarla etkileşimi neticesinde fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimlerdir. Bu değişimlerle birlikte malzeme özelliklerini kaybetmesini ve hatta kullanılamaz duruma gelmesine sebep olabilmektedir.

Korozyonu önlemenin başlıca yolu metal yüzeyinin hava ve suyla olan temasının ortadan kaldırılmasıdır. Metal yüzeylerin koruyucu bir tabaka ile kapatılması sonucunda, hava ve suyla olan etkileşimler minimize edilir (Demirgöz vd., 2001).

Günümüz teknolojisinde oldukça yaygın bir şekilde kullanılan metaller, doğal ortamlarda ve sıvı bazlı ortamlarda kararlı yapıda çalışmaya eğilimli değildir. Bu sebeple (altın ve platin hariç) diğer metaller doğal ortamda metaloksit, sülfat ve karbonatları halinde bulunmaktadır (Küstü, 2008).

Pasivasyon işlemi çinko fosfat kaplı metal yüzeylerinde kaplama sonrası koruyucu tabaka olarak kullanılan en yaygın metoddur. Pasivasyon işleminde çinko fosfat ve demir fosfat banyoları sonrasında kaplama üzerinde meydana gelen su kaynaklı iyonik yapılar temizlenmektedir. Fosfat kaplama sonrası uygulanan pasivasyon işleminin kendi başına metali paslanmaya karşı koruma özelliği yoktur. Boya öncesi pasivasyon işleminin boya yapışma kabiliyetini ve korozyon dayanımını arttırdığı literatürde belirtilmektedir (Berk, 2004).

Bu çalışmada ucuz ve kolay bulunan farklı konsantrasyonlarda organik ve inorganik asitler kullanılarak kimyasal pasivasyonu yapılan numunelere elektrostatik toz boya kaplaması yapılarak pasivasyon kimyasallarının ve uygulama şartlarının boya yapışma kabiliyetine etkisi incelenmiştir. Kimyasal pasivasyon işlemi; farklı konsantrasyonlarına sahip sitrik asit, formik asit ve nitrik asit (kütle/hacimce %1, 3 ve 5) kullanılarak ve farklı daldırma sürelerinde (20, 40 ve 60 saniye) gerçekleştirilmiştir. Kimyasal yöntemle pasive edilmiş elektrostatik toz boya kaplı plakaların metal yüzeyi ve toz boya arasındaki adezyon etkinliğinin incelenebilmesi için cross-cut, tuzlu su banyosu, sıcak su banyosu, darbe, silindirik bükme ve cupping testleri uygulanmıştır. Pasivasyon sonrası elektrostatik tozboyanın yapışma etkinliği ve numunelerin yapışma etkinliğine bağlı olarak korozyona dayanımı tartışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Galvaniz Sac

Galvaniz sac, metalin korozyona uğramasının önüne geçmek amacı ile “Çinko” ile kaplanmış halidir. Galvaniz sac üretim hacminin büyük çoğunluğu sürekli daldırma metodu ile elde edilmektedir. Sıcak daldırma çinko havuzunun kimyasal bileşen oranı, uygulama sıcaklığı ve metalin soğutma hızı çinko-demir fazının karakteristik niteliğini etkilemektedir ve elektro galvanizleme metodu ile üretilen sacların korozyon özelliklerini bir birinden ayırmadaki en önemli faktörlerdir. Sürekli elektro galvanizleme işlemi, sac yüzeyine istenen miktardaki çinkoyu biriktirmek için yüksek miktarda elektrik enerjisi gerektirir. Galvaniz sac, uygun form verilerek yapı sektörüne çatı kaplama, binaların iç ve dış yan yüzeylerinde sandviç panel olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında uzun ömürlü olması nedeniyle beyaz eşya imalatında kullanılmaktadır. Ayrıca bu sac türü, otomotiv sektöründe de iç ve dış yüzey parça üretiminde de kullanılabilir (Karakaş, 2013).

Kaplama yapılmamış bir sacı kullanmak neredeyse olanaksızdır. Doğal ortam şartlarından hızlıca etkilenip korozyona uğrayarak işlevsizleşmeye ve daha sonra kullanılamaz bir hale gelecektir. Bu sebeple saclar iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Sacların üretimi sonrası galvaniz kaplanması olarak bilinen tek katlı saclar ve galvaniz kalplı sacların toz boya ve yağ boya ile kaplanması olarak bilinen çift katlı saclar. Galvaniz sacların daha üstün korozyon direncine sahip olabilmesi için uygulanan çift katlı saclar genellikle endüstriyel ve mimari alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Toz boya öncesi yapılan yüzey işlemlerde uygulanan çinko fosfat kaplama işleminin temel amacı toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğini arttırmak ve çinko fosfatın sahip olduğu korozyon direncini attıran özelliği ile galvaniz sacın kullanım ömrünü uzatmasıdır (URL-1; Galvaniz Dünyası, 2011; Pektaş, 2018).

2.2. Elektrostatik Toz Boya İşlemi

Tozboyanın ortaya çıkışı 1960' lı yıllara dayanmaktadır. İlk olarak Shell firmasının yapmış olduğu çalışmalar sonucu, termoset özellikteki ilk tozboyayı üretmişlerdir. Bununla birlikte ilk epoksi tozboya 1964 yılında, elektrostatik tozboya uygulaması Fransa' da ve epoksi tozboyanın UV ışığına duyarlılığı neticesinde ilk epoksi tozboya 1970 yılında ortaya çıkmıştır (Altan, vd., 2002). Sanayide otomotiv parçaları, beyaz eşya kabinleri ve mimari yapılar toz boya metodu ile yaygın olarak boyanmaktadır. Toz boyanın sahip olduğu mekanik ve korozyon dayanımı sayesinde günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz, 2002). Toz boyanın korozyon ve fiziki dayanımını etkileyen en önemli unsur ise toz boya öncesi yapılan kimyasal yüzey işlemdir.



Şekil 2.1. Otomatik elektrostatik toz boya sistemine ait fotoğraf.

2.2.1. Epoksi toz boyanın genel özellikleri

- Kimyasallara karşı aşınma direnci yüksektir.
- Korozyon direnci yüksektir
- Yüzey sertliği yüksektir.
- UV ışığa karşı duyarlı olduğundan dış ortamda kullanmaya uygun değildir.
- Farklı renk uygulamaları mevcuttur
- Yüzey pürüzsüzlüğü oldukça iyidir

Çizelge 2.1. Epoksi tozboyanın uygulama özellikleri (Altan, vd., 2002).

Özellik	Standart	Epoksi (mat)
Film kalınlığı	ISO 2178 / ISO 2360	60 – 80 mikron
Parlaklık	ISO 2813	2-15 gloss
Ön yüzeyden darbe	ISO 6272	>10 kg/cm
Ters yüzeyden darbe	ISO 6272	>5 kg/cm
Yapışma	ISO 2404	0
Sertlik (bucholz)	ISO 2815	>90
Yoğunluk	ISO 8130-3	1,2 – 1,8 g/cm ³
Dış şartlara dayanım	ISO2810	Kötü
UV direnci	ASTM G53	Kötü
Korozyon direnci	ISO 9227	Mükemmel
Isı direnci	-	Kötü
Kimyasal Direnç	-	Mükemmel

2.2.2. Epoksi-polyester toz boyanın genel özellikleri

- Karışım oranına bağlı olarak ağır olan bileşenin özelliklerini alırlar.
- Dış etkenlere dayanımı orta düzeydedir.
- Aşırı korozyif ortamlarda kullanmaya elverişlidir.
- Parlak görünümü vardır.
- Darbe, esneklik ve çizilmeye karşı dirençlidir.

Çizelge 2.2. Epoksi-polyester tozboyanın uygulama özellikleri (Altan, vd., 2002).

Özellik	Standart	Epoksi (mat)
Film kalınlığı	ISO 2178	60 – 80 mikron
Parlaklık	ISO 2360	85 gloss
Ön yüzeyden darbe	ISO 6272	>45 kg/cm
Ters yüzeyden darbe	ISO 6272	>5 kg/cm
Yapışma	ISO 2404	0
Sertlik (bucholz)	ISO 2815	>90
Yoğunluk	ISO 8130-3	1,2 – 1,8 g/cm ³
Dış şartlara dayanım	ISO2810	Orta
UV direnci	ASTM G53	Orta
Korozyon direnci	ISO 9227	İyi
Isı direnci	-	Orta
Kimyasal Direnç	-	İyi

2.2.3. Polyester toz boyanın genel özellikleri

- UV direnci çok iyi olup , dış şartlara mükemmel dayanım sağlar.
- Darbe, esneklik gibi mekanik özellikleri çok iyidir.
- Rengi solmaya karşı dirençlidir.
- Mimari kullanıma çok elverişlidir.

Çizelge 2.3. Polyester tozboyanın uygulama özellikleri (Altan, vd., 2002).

Özellik	Standart	Epoksi (mat)
Film kalınlığı	ISO 2178 / ISO 2360	60 – 80 mikron
Parlaklık	ISO 2813	2-15 gloss
Ön yüzeyden darbe	ISO 6272	>25 kg/cm
Ters yüzeyden darbe	ISO 6272	>25 kg/cm
Yapışma	ISO 2404	0
Sertlik (bucholz)	ISO 2815	>85
Yoğunluk	ISO 8130-3	1,2 – 1,8 g/cm ³
Dış şartlara dayanım	ISO 2810	İyi
UV direnci	ASTM G53	İyi
Korozyon direnci	ISO 9227	İyi
Isı direnci	-	İyi
Kimyasal Direnç	-	Orta

Çizelge 2.4. Toz boya performans karakteristiklerinin karşılaştırılması-1 (Altan, vd., 2002).

Özellik	Standart Polyester	Geliştirilmiş Polyester	Epoksi	Epoksi Polyester
Dış Dayanım	İyi	Çok İyi	Çok zayıf	Zayıf
Korozyon Dayanımı	İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Darbe	Çok İyi	Zayıf	Çok İyi	Çok İyi
Esneklik	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Yapışma	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Film Görünümü	İyi	Çok İyi	İyi	İyi
Uçucu Buhar	Çok Az	Çok Az	Çok Az	Çok Az
Düşük Fırınlama	Uygun	Uygun Değil	Evet	Evet
Kimyasal Dayanım	İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Parlaklık Aralığı	10-95 Gloss	20-95 Gloss	5-90 Gloss	5-90 Gloss
Isı Dayanımı	Çok İyi	İyi	Zayıf	İyi
Aşınma	İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Mekanik Özellik	Çok İyi	İyi	İyi	İyi
Sararma	Hayır	Hayır	Sararır	İyi

Çizelge 2.5. Toz boya performans karakteristiklerinin karşılaştırılması-2 (Altan, vd., 2002).

Özellik	Poliüretan	Akrilik	PDVF
Dış Dayanım	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Korozyon Dayanımı	İyi	İyi	İyi
Darbe	İyi	Zayıf	Çok İyi
Esneklik	İyi	İyi	Çok İyi
Yapışma	Çok İyi	Çok İyi	Zayıf
Film Görünümü	Çok İyi	İyi	Zayıf
Uçucu Buhar	Var	Çok Az	Çok Az
Düşük Fırınlama	Hayır	Evet	Hayır
Kimyasal Dayanım	İyi	Çok İyi	İyi
Parlaklık Aralığı	5-95 Gloss	30-90 Gloss	30-60 Gloss
Isı Dayanımı	Çok İyi	İyi	İyi
Aşınma	İyi	İyi	Zayıf
Mekanik Özellik	Çok İyi	Orta	İyi
Sararma	200°C ve Üzeri	Sararır	Sararır

2.2.4. Elektrostatik toz boya kaplamaların işlem sırası

- Metal parçalar kendi prosesine uygun kimyasal ön işlemlere tabi tutulurlar.
- Kimyasal işleme tabi tutulan parçalar toz boya öncesi kurutulur.
- Elektrostatik toz boya tabancaları kullanılarak toz boya işlemi yapılır.
- Kürlenmenin tamamlanması için yüksek sıcaklık fırınlarında pişirme işlemi yapılır.

2.3. Galvaniz Sacın Sprey Çinko Fosfat Kaplama ve Tozboya İşlemleri

Galvaniz sacın elektrostatik toz boya öncesinde metal yüzeyine spreyc yöntemi ile farklı karakteristik özelliklere sahip yüzey işlem kimyasalları uygulanmaktadır. Çinko fosfat kaplama ile metal yüzeyinde elde edilen kristal yapı sayesinde malzemenin korozyon direnci artmakta ve elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışmasını sağlamaktadır.

2.3.1. Ön yağ alma prosesi

Galvaniz sac üzerinde bulunan, üretimden kaynaklı, yağ tabakasının alınması işleminin yapıldığı yüzey işlem aşamasının ilkidir. Yağlı bir yüzeye kaplama yapmak olanaksızdır. Çinko fosfat ve toz boya işlemlerinin sağlıklı yapılabilmesi için alkali veya asidik yağ alma kimyasalları kullanılan yüzey temizleme prosesisidir.

2.3.2. Yağ alma prosesi

Ön yağ alma prosesindeki kimyasal değişiminden daha derişik yağ alma kimyasalı içermesiyle birlikte metal yüzeyinde bulunan güçlü yağ katmanlarını ve diğer kontaminasyon unsurlarını temizlemek için kullanılan yüzey işlem prosesisidir.

2.3.3. Yağ alma 1. durulama prosesi

Yağ alma işleminden sonra metal yüzeyinde bulunan alkali kimyalların ve çözünmüş yağ moleküllerinin metal yüzeyinden temizlendiği aşamadır. Durulama ile birlikte kirlenen banyo suyunun sürekli rejenerasyonu yapılarak durulama suyunun yenilenmesi sağlanır.

2.3.4. Yağ alma 2. durulama prosesi

Birinci durulama işleminden sonra metal yüzeyinde kalan alkali bileşenlerin ve kontaminasyon unsurları elimine edilir. Bu banyoda durulama-1 aşamasında olduğu gibi

rejenerasyon yapılarak kendinden sonraki işlem olan aktivasyon prosesine herhangi bir safsızlık taşınmaması istenir. Aktivasyon kimyasalı içerisinde yüzey aktif edici aditif bileşenleri bulunmaktadır. Aktivasyon banyosuna safsızlık taşınması halinde yabancı iyon etkisinden dolayı metal yüzey üzerindeki reaksiyonu olumsuz etkiler. Bu sebeple sürekli olarak taze şebeke suyu beslenerek kullanılmaktadır.

2.3.5. Aktivasyon prosesi

Çinko fosfat öncesi uygulanan bu proste metal yüzeyinin titanyum bileşenli kompleks bileşenler ile çinko fosfat kaplamaya ön hazırlık yapılmaktadır. Bu işlemde metal yüzeyinde tanecik sayısının artırılması ve tanecik çaplarının küçültülmesidir. Fosfat taneciklerinin küçültülmesi ve metal yüzeyinde homojen bir kaplama alt tabakası hazırlanmaktadır.

2.3.6. Çinko fosfat prosesi

Çinko fosfat kaplama metal yüzeylerinde elektrostatik toz boya kaplama öncesi koruyucu tabaka olarak kullanılan en yaygın yöntemdir. Yüksek sıcaklık uygulamalarında ve dinamik olarak çalışan iş parçalarında korozyon direnci sağlar. Toz boya öncesi korozyon direncini artırıcı ve oluşan çinko fosfat tabakası sayesinde toz boya yapışmasını artırıcı etkisi vardır.

2.3.7. Saf su 1. durulama prosesi

Çinko fosfat kaplama sonrası metal yüzeyinde bulunan reaksiyona girmemiş çinko fosfat kimyasalının temizlendiği prostedir.

2.3.8. Pasivasyon prosesi

Metalin çinko fosfat kaplama öncesi tanecik yapısının homojen hale getirilmesine benzer şekilde çinko fosfat kaplama sonrası metal yüzeyindeki çinko fosfat taneciklerinin küçültülmesi ve kaplama yüzeyinin fiksaj edildiği banyodur. Pasivasyon işleminde çinko fosfat ve demir fosfat banyoları sonrasında kaplama üzerinde meydana gelen su kaynaklı iyonik yapılar temizlenmektedir. Fosfat kaplama sonrası uygulanan pasivasyon işleminin kendi başına metali paslanmaya karşı koruma özelliği yoktur.

Pasivasyon işlemi süresince reaksiyona girmemiş iri taneciklerin inceltilmesi ve çinko fosfat ile kaplanmamış porların kapatılması sağlanır. Pasive edilmiş metal yüzeyi, pasive edilmemiş metal yüzeyinden 2-10 misli arasında korozyon dayanımı sağlamaktadır.

Pasivasyonu etkileyen parametreler;

- Sıcaklık
- İşlem süresi
- Konsantrasyon
- pH

Çinko fosfat kaplamadan sonra pasivasyon yapılması gerekmektedir. Metal yüzeyine canlılık vermekte ve metal yüzeyindeki pürüzlülüğü gidemektir (Berk, 2004).

2.3.9. Saf su 2. durulama prosesi

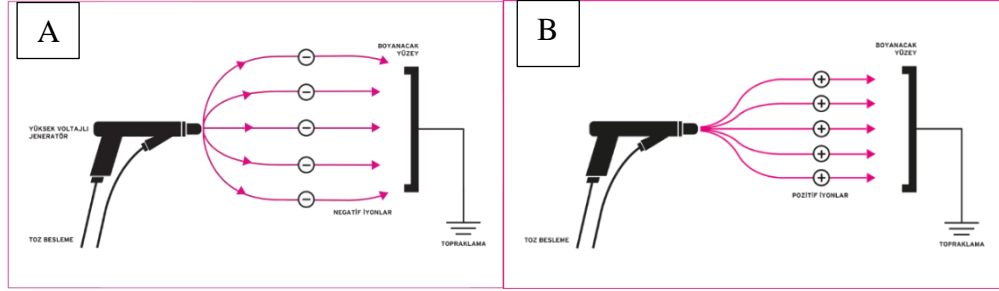
Çinko fosfat kaplı metal yüzeyinin kimyasal pasivasyonu sonrası metal yüzeyinde bulunan iyonların temizlendiği prostedir. Toz boya öncesi yapılan son yüzey işlem prosesi olması itibariyle durulama suyunun kirlilik içermemesi gereklidir. Metal yüzeyinin tamamen temizlenememesi halinde elektrostatik toz boya işlemi esnasında ve elektrostatik toz boya kürlenme sonrası metal yüzeyinde kolaylıkla görülebilen partikül oluşumuna sebep olabilmektedir.

2.3.10. Kurutma

Elektrostatik toz boya uygulaması öncesi metal yüzeyinin tamamen kuru olması gereklidir. Aksi halde nemli bir yüzeyde toz boya uygulaması hem kaplama işlemi gereği hemde sistemin sağlığı açısından olumsuz durumlara yol açmaktadır. Kurutma işlemi, sisteme ve kurutulacak olan malzemeye göre özel olarak üretilmiş olan kapaklı fırınlarda yapılmaktadır. Fırın içerisindeki hava sürekli olarak fanlar yardımıyla uzaklaştırılmakta ve aynı zamanda taze sıcak hava ($\sim 105^{\circ}\text{C}$) ile beslenerek uygulanmaktadır.

2.3.11. Elektrostatik toz boya uygulaması

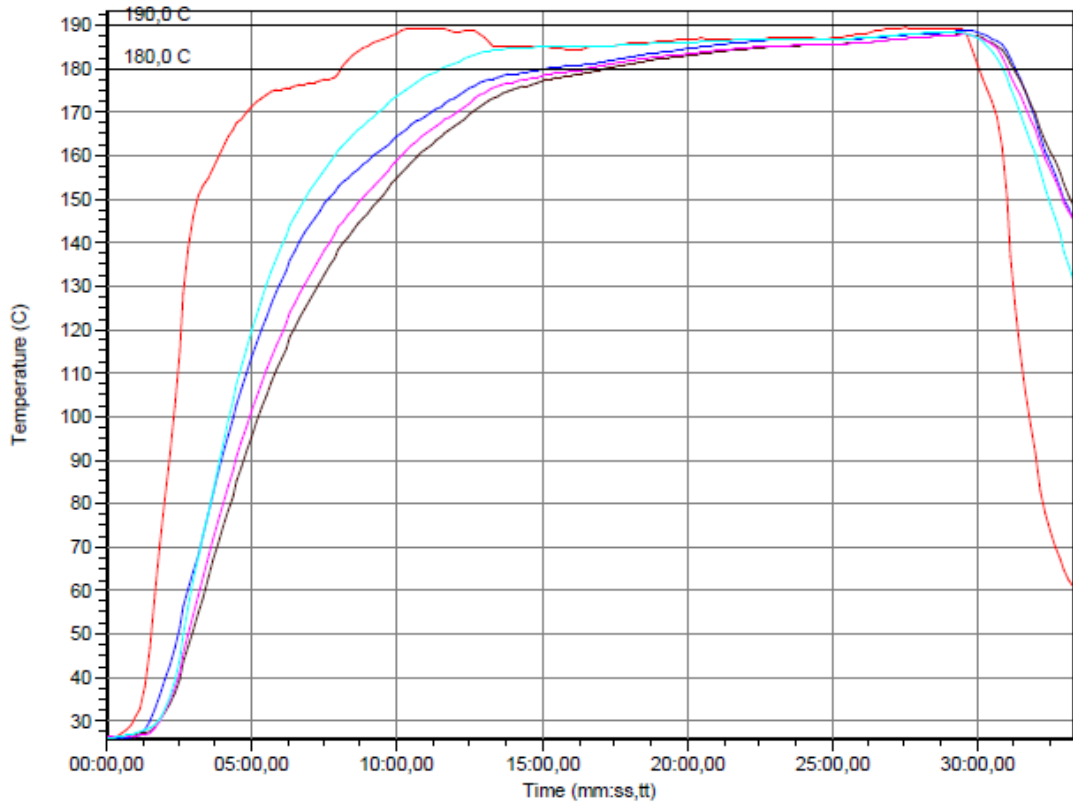
Çinko fosfat ile kaplanmış yüzey üzerine corono ya da tribo tabancalar vasıtası ile elektrostatik yüklenmiş toz boya tanecikleri uygun hava, akım ve voltaj değerlerinde malzeme yüzeyine püskürtülür ve kürlenmek üzere yüksek sıcaklık fırınında belirli bir süre boyanın metal yüzeyi üzerinde kürlenmesi tamamlanır.



Şekil 2.2. Elektrostatik toz boya uygulamaları A)Corona tabancada toz boya uygulaması, B)Tribo tabancada toz boya uygulaması (URL-2, 2019)

2.3.12. Elektrostatik toz boyanın kürlenmesi

Toz boya uygulaması yapılmış metal yüzeyindeki toz boyanın kürlenebilmesi için toz boya üreticisinin belirlediği bilgiler doğrultusunda genellikle 180-200°C’ de 10-30 dakika arasında metal yüzeyinin kürlenerek elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışması sağlanır.



Şekil 2.3. Elektrostatik toz boya kürlenme eğrisi örneği.

2.4. Korozyon Çeşitleri

Korozyon, malzemeninin çevresiyle reaksiyona girmesi sonucu ortaya çıkan bozunma sürecidir. Korozyon sonucu ortaya çıkan problem işletmeleri ve ülke ekonomisini mali yönden olumsuz etkilemektedir. Kaynaklarda verimlilik düşüşüne sebebiyet olmaktadır (İşdaş, 2010).

Metallerin üretilirken aldıkları enerjiyi çevresindeki diğer bileşenler ile bir dizi elektrokimyasal reaksiyonlar göstermesi sonucu geri vererek doğada buldukları hale dönme eğilimleri bulunmaktadır. Bu eğilim korozyon olarak adlandırılmaktadır (Yolsal Acar, 2015).

Bilim dünyasında yapılan çalışmalar neticesinde korozyon ile ilgili farklı sebepler olsa da ortaya çıkış sebebinin aynı olduğunu görmekteyiz. Metal yüzeyi üzerinde elektrokimyasal reaksiyonlara sebep olan unsurlar elimine edilemeyeceği için metal yüzeyinin bazı metodlar ile izole edilmesi, kaplama yapılması korozyon oluşumunun engellenmesinde ciddi rol oynamaktadır. Metal yüzeyinde meydana gelen korozyon reaksiyonlarının bir çok farklı mekanizması vardır.

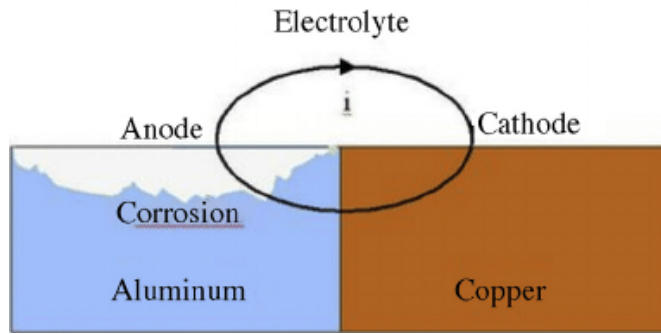
Çizelge 2.6. Korozyon Türleri (Barut ve Bayraktar, 2004).

1) Galvanik Korozyon	4) Homojen Dağılımlı Korozyon	7) Yorulmalı Korozyon
2) Çukur Korozyon	5) Seçici Korozyon	8) Erozyon Korozyonu
3) Aralık Korozyon	6) Gerilmeli Korozyon	9) Kazımalı Korozyon

2.4.1. Galvanik korozyon

Aynı ortamda çalışan, elektrot potansiyelleri farklı metallerin aynı elektrolitik ortamda birbirine sürtmesi sonucu ortaya çıkan korozyon türüdür.

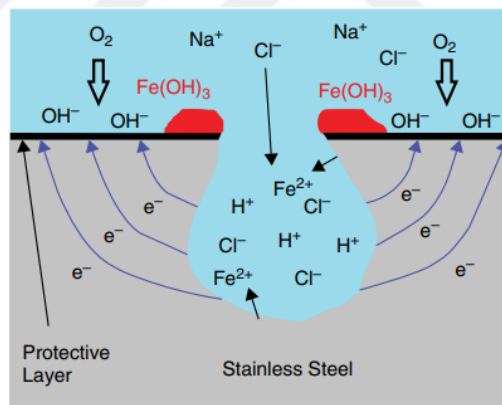
Mekanizma ise, ortamdaki malzemelerden kararlı yapıda olanı katot olarak davranarak diğer metalin anot gibi davranmasına sebep olur ve anot olarak davranan metal korozyona uğrar (Barut ve Bayraktar, 2004).



Şekil 2.4. Galvanik korozyonu oluşumu (Ployhar, vd., 2014).

2.4.2. Çukur korozyonu

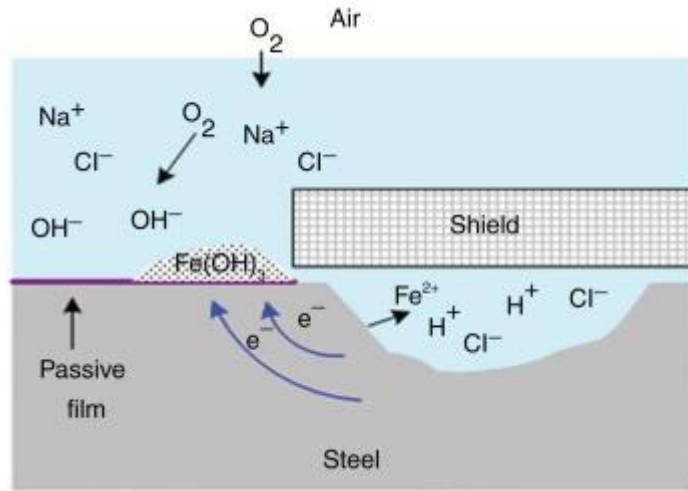
Çukur korozyonu tanımından anlaşılacağı üzere korozyonun çukurcuk ile adlandırılan dar alanlarda oluşur. Boru ve tüp tarzı malzemelerde meydana gelmesi sonucunda malzemenin kullanılamaz olması kaçınılmazdır. Çukur korozyonu daha çok klor ve brom içeren ortamlarda meydana gelmektedir. Çukurlar genellikle gözle görülemez ve derinlikleri yaklaşık çapları kadardır (Barut ve Bayraktar, 2004).



Şekil 2.5. Çukur korozyon oluşumu (Nazari, vd., 2018).

2.4.3. Aralık korozyonu

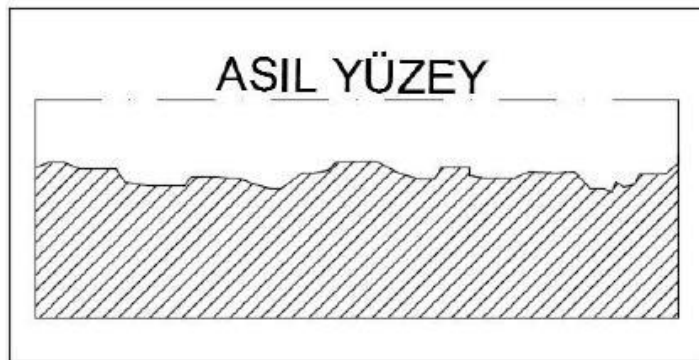
Bu korozyon daha çok civata ile bağlantı elemanları arasında kalan dar alanlarda meydana gelmesi ile görülür. Aralık içerisinde kalan oksijen ile korozyon reaksiyonları başlar. Aralık korozyonunun oluşması çukur korozyonuna benzerdir. Kabuk altında korozyon sonucu metalhidroksit ve hidrojen iyonları oluşur. Bu reaksiyonla birlikte korozyonun meydana geldiği alanda düşük pH ve düşük oksijen konsantrasyonu görülür. Bu sebeple korozyon uç noktalara doğru devam eder.



Şekil 2.6. Aralık korozyonu oluşumu (Makhlouf ve Botello, 2018).

2.4.4. Homojen dağılımlı korozyon

Korozyon reaksiyonlarının metal yüzeyinde homojen şekilde dağılmış olanıdır. Metal yüzeyindeki kayıp en fazladır ve bu nedenle korozyon hızı en yüksektir.



Şekil 2.7. Homojen dağılımlı korozyon oluşumu (URL-3, 2019).

2.4.5. Seçici korozyon

Alaşım içerisinde bulunan elementlerden birinin korozyona uğraması sonucu ortamdaki uzaklaşması olarak adlandırılır. Bu korozyona örnek verilecek olursa pirinç alaşımı içinde bulunan çinkonun bakırdan önce korozyona uğramasıdır. Bu olaya dezinsifikasyon adı verilmektedir.

2.4.6. Gerilmeli korozyon

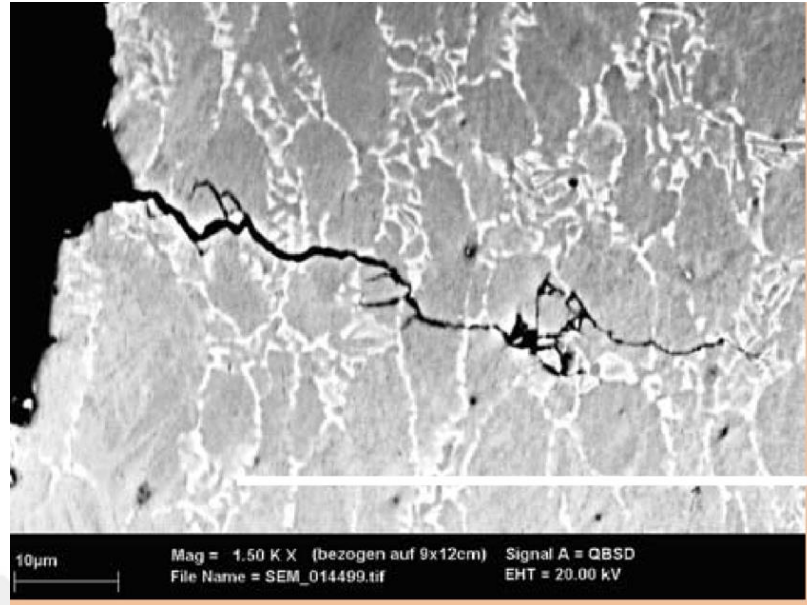
Korozyon etkisinde olan bir parça aynı zamanda mekanik işleyen bir aksan ise (piston, pompa mili, vb.) korozyon olan gerilmeli kısımlardaki bozunma gerilmeli korozyon olarak alandırılır. Gerilme ile birlikte korozyond kabuk oluşumu gözlenmez fakat çatlaklar halinde hızla yayılmaya başlar ve malzemenin kırılmasına kadar uzanan ciddi problemlere sebebiyet verir.



Şekil 2.8. Gerilmeli korozyon ve çatlak oluşumu (URL-4, 2019).

2.4.7. Yorulmalı korozyon

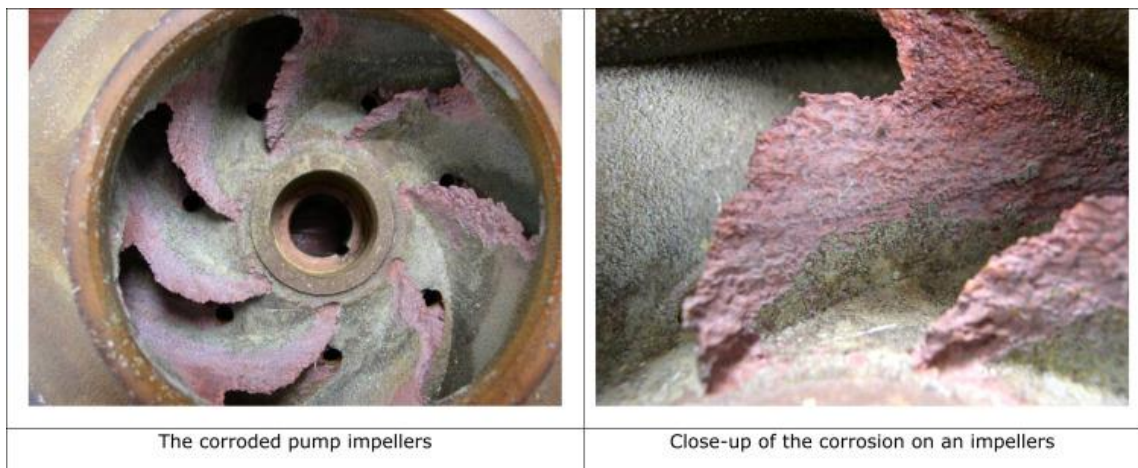
Belirli bir stres altında bulunan ve yükleme-boşaltma şeklinde etkiyen dinamik malzemeler zamanla yorulur. Yorulan malzemedede zamanla normalinden daha az bir stres ile çatlama oluşabilir. Yorulma ve korozyon etkisi ile metalin kısa sürede çatlmasına sebep olur.



Şekil 2.9. Yorulmalı korozyon ve çatlak oluşumu (Schmutz ve Gerber, 2008).

2.4.8. Erozyon korozyonu

Metal yüzeyinin, hareketli korozif akışkan ile teması etkisiyle oluşan bozunma erozyon korozyonu olarak adlandırılır. Metal yüzeyinden akan korozif sıvı ile birlikte erozyonda başlar ve korozyon hızının artmasına sebep olur. Bunun nedeni, akışkan ile birlikte metal yüzeyinden korozyon ürünlerinin sürüklenerek götürülmesidir. Akış hızının artması ile birlikte korozyon hızıda artar.



Şekil 2.10. Erozyon korozyonu oluşumu (Tait, 2018).

2.4.9. Kazımalı korozyon

Birbirileri ile sürtünen ve bu sebeple aşınan metal yüzeyleri üzerinde görülen bir korozyon türüdür. Sürtünme sonucu çukurcuklar meydana gelir ve bu çukurcuklarda oksit parçacıkları yoğunur (Barut ve Bayraktar, 2004; Yalçın ve Koç, 1997).

2.5. Korozyon Reaksiyoları

Korozyon sırasında metal yüzeyinde anodik ve katodik reaksiyonlar gözlenir. Demir metali için bulunduğu ortamdaki reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.

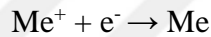
2.5.1. Anodik reaksiyon

Metalik iletken den iyonik iletkene olan pozitif yük transferini gerçekleştiren elektron reaksiyonudur. Anodik reaksiyon daima bir oksitlenme reaksiyonudur.



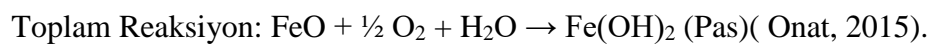
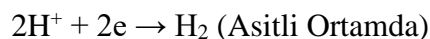
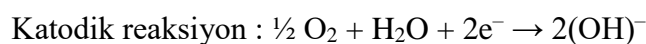
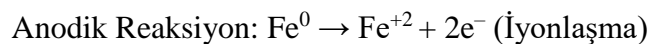
2.5.2. Katodik reaksiyon

Metalden elektrolite negatif yükün transfer olduğu elektrot reaksiyonudur. Katodik reaksiyon daima indirgenme reaksiyonudur.



2.5.3. Elektrot reaksiyonu

Elektrolit ve metal arayüzeyinde yük transferi sonucu oluşan reaksiyon türüdür.



3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Tegehall ve ark. (1990) çeliğin çinko fosfat kaplama prosesinde aktivasyon işleminde kolloid titanyum fosfat kullanımının kaplama üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kolloid çözeltide disk biçimli $\text{Na}_4\text{TiO}(\text{PO})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ partikülü kullanmışlardır. Aktivasyon işlemi esnasında metal yüzeyine $\text{Na}_4\text{TiO}(\text{PO})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ adsorbe etmişlerdir. Çinko fosfat işlemine maruz bıraktıklarında, titanyum fosfat partiküllerinin yüzeyi üzerindeki sodyum iyonlarını çinko iyonları ile değiştirmişlerdir. Çinko fosfat işlemine maruz bıraktıklarında gerçekleşen iyon değişiminin çinko fosfatın çekirdeklenmesinden dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada 0,06 mol $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,02 mol $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ve 0,01 mol K_2TiF_6 kimyallarına 5 ml su ilave edip karıştırdıktan sonra kurutma işlemi için fırını $100\text{ }^\circ\text{C}$ ' ye yavaş yavaş arttırmışlardır. Kurutma işlemi sırasında difosfat iyonları monofosfat olarak ayrılmıştır. Titanyum fosfatı analiz ettiklerinde ise $\text{Na}_4\text{TiO}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ve iç tabaka arasındaki uzaklık $7.7 - 10\text{ \AA}$ olarak bulmuşlardır.

Wolpers ve ark. (2001) çinko fosfatlama işleminde aktivasyonun etkilerini karakteristik yapısını SEM ve AFM ile incelemişlerdir. Yapılan çalışmada aktivasyonun, çinko fosfat kaplamada çok önemli bir rol aldığını vurgulamışlardır. Fosfatlama işlemi sodyum titanyum fosfat çözeltisi ve saf su ile ayrı ayrı uygulamışlardır. Saf su ile yaptıkları uygulamada fosfat taneciklerinin 10μ , sodyum titanyum fosfat ile yaptıkları uygulamada fosfat taneciklerini yaklaşık olarak 1μ ve son olarak sodyum titanyum fosfat işlemine ilave 3 kere durulama yaptıktan sonra ise fosfat taneciklerini 3μ olarak ölçmüşlerdir. Sonuç olarak aktivasyon işleminde kullanılan sodyum titanyum fosfatın etkisinin fosfatlama işlemi üzerinde büyük etkisi olduğunu vurgulamışlardır.

Kouisni ve ark. (2004) AM60 Magnezyum alaşımında çinko fosfat kaplaması çalışmışlardır. Çinko ve florürlerle eklenen fosforik asit, fosfat iyonları, nitratlar ve nitritleri içeren üç fosfatlama çözeltisi kullanmışlardır. AM60 magnezyum alaşımına fosfatlama prosesini farklı fosfatlama bileşenlerini uygulayarak, fosfat tabakası ile kaplamayı hedeflemişlerdir. Fosforik asit, fosfatlar, nitratlar, nitritler, çinko ve florür iyonlarını içeren çözelti ile AM60 üzerinde iyi kristalleşmiş bir çinko fosfat tabakası elde etmişlerdir.

Berger ve ark. (2007) sıcak daldırma galvaniz paslanmaz çelik üzerinde kromlu ve kromsuz pasivasyon çalışmışlardır. 3 değerlikli krom ve kromsuz pasivasyon ile

deneme yapmışlardır. Pasivasyon işlemi yapılmış paneller beyaz toz oluşumuna karşı korunumu ve boyanabilirlik açısından test etmişlerdir. Kromsuz pasivasyon ve 3 değerlikli krom ile yapılan pasivasyon işleminin her ikisinde de birbirine yakın değerlerde beyaz toz oluşumuna karşı direnc ve korozyon direnci sonucuna varmışlardır. Toz boya uygulamasında oldukça iyi bir sonuç vermiştir. Kromat içermeyen pasivasyonlar metal yüzeyinde nispeten kalın ve stabil oksit / fosfat kaplamaları üretmişlerdir. Hiçbir kanıtın, bu yüzeylerin, Cr-VI yüzeyinde olduğu gibi “kendi kendini iyileştirme” mekanizmalarına sahip olduğunu göstermediğini saptamışlardır. Test edilen kromsuz pasivasyonlar, hafif korozyon ortamlarda kromat dönüşüm kaplamalarının yerini almak için kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzeyler kendi kendine iyileşme özelliklerinden yoksun olacağı için çizilmeye duyarlı olacağından kullanım esnasında daha fazla özen gösterilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kromsuz pasivasyon ile kaplama yapılan yüzeyler üzerine polyester esaslı toz boya kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz ve ark. (2010) düşük karbonlu sac plakalar üzerinde demir fosfat, çinko fosfat ve oksitan kaplamalar yapmışlardır. Yapılan kaplama çalışması neticesinde en iyi mekanik, fiziksel ve korozyon dayanım çinko fosfat kaplı numulere görmüşlerdir.

Tsai ve ark. (2010) sıcak daldırma galvanizli (GI) çelik levha üzerinde fosfat ve bunu takiben molibdat çözeltisi ile iki aşamalı pasivasyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Çinko fosfat kaplama öncelikle gözenekli ve gözeneksiz olduğunu belirtmişlerdir. İkinci aşama kaplamada ise çinko fosfat küresel olduğunu gözlemlemişlerdir. Molibdat iyonları ve molibden oksitin fosfat tabakası içerisinde birleşmesi ile korozyon direncinde artış sağlamayı başarmışlardır. 24 saat tuz testine maruz bırakılan plakalar üzerinde korozyon direncinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Dusan ve ark. (2015) kimyasal pasivasyon işlemini AISI 316LVM metal üzerine denemişlerdir. Daldırma işlemi ile yapılan pasivasyon işleminde nitrik asidin metal yüzey üzerine etkisini araştırmışlardır. Korozyon direncini arttırdığını görmüşlerdir. En iyi sonucu 17°C’ de %30’ luk HNO₃ çözeltisinde 60 dakika beklettikten sonra gözlemlemişlerdir..

Oje ve ark. (2019) krom oksit pasivasyon kaplamaların korozyon davranışı ve krom oksit pasivasyon kaplanmış numunelerin yüzeyinde oluşan pasif filmin 25 ° C - 65 ° C sıcaklıkta salin çözeltisine maruz kaldığında yarı iletken özelliklerini araştırmışlardır. En iyi polarizasyon sonuçları, 25 ° C - 35 ° C elektrolit sıcaklık

aralığında test edilen kaplamaların, yüksek sıcaklıklarda test edilen kaplamalara kıyasla çukur korozyonuna karşı üstün bir dirence sahip olduğunu ortaya koymuşlardır (Oje, vd., 2019).

Yasensky ve ark. (2011) Kimyasal pasivasyon işlemini AISI 304, AISI 410 ve AISI 17-4 paslanmaz çelik üzerinde denemişlerdir. Daldırma işlemi ile yapılan pasivasyon işleminde sitrik asidin metal yüzey üzerine etkisini araştırmışlardır. Sitrik asit için hacimce %4-10, sıcaklık 70-160 F, süre 4-20 dakika parametrelerinde çalışmalarını yapmışlardır.

Karakaş ve ark. (2013) galvaniz sacda çinko tabakası, evresel etkilere koruyucu bir etkiye sahip olduğunu fakat zamanla beyaz pas oluşumu ile zayıflayan tabaka yüzeyinden çelik faza doğru korozyonun ilerleyeceğini belirtmiştir. Boyanarak kullanılan galvaniz saclarda ise bu durum zayıf yapışma sebebiyle boyanın metal yüzeyinden atılmasına sebep olacağını belirtmişlerdir.

Yaluk ve ark. (2009) C, Mn, P, S, Si, Al vb. element katkılı çeliklerin, çinko kaplamaya etkisini araştırmışlardır. Kimyasal konsantrasyonun, pasivasyonun, sıcaklığın, soğuma hızının, çinko kaplamaya olan ilişkilerini araştırmışlardır. Sıvı çinko içine eklenebilecek Kurşun (Pb), Alüminyum (Al), Demir (Fe), Kalay(Sn), Nikel (Ni), Bizmut(Bi), elementlerin kaplamaya etkisi araştırmışlardır.

Keskinel ve ark. (2005) sıcak daldırma ve elektrogalvaniz ile kaplanmış çeliklerin kullanımının giderek arttığını belirtmiştir. 5mm' den ince olan parçaların birleştirilmesinde kaplama kalınlığı 65µ' a kadar nokta kaynağının başarı ile uygulandığını belirtmiştir. Kaplama kalınlıklarının kaynak dikişini araştırmak üzere 100 gr/m², 180 gr/m² ve 275 gr/ m² kaplama kalınlıkları olan aynı kimyasal kompozisyonda olan 1,5 mm kalınlıktaki sacları kullanmıştır. Sonuç olarak artan kaplama kalınlığı ile kaynağın dikiş dayanımının azaldığını belirtmişlerdir.

Çakmen ve ark. (2003) atmosferik korozyon olayını etkileyen başlıca faktörlerin; sıcaklık, nem, katı tanecikler, yağış ve atmosferin bileşimi olduğunu belirtmişlerdir. Çinkonun yüksek elektronegatifliğe sahip aktif bir metal olmasına rağmen çinko kaplamaların, demir ve çeliği atmosferik korozyona karşı koruyabildiğini vurgulamışlardır. Metal filmi üzerinde olan oksit filminin koruyucu nitelikte olduğunu belirtmişlerdir. Çinko elementini farklı atmosferik koşullar ve kirleticiler altında

incelemiştir. Yapılan çalışmada kaplama parametrelerinin önemini, korozif etkinin ilerlemesinin kirletici ortamda kaldığı süreyle ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Shibli ve ark. (2010) fosfatlama işleminin, korozyondan korunma ve boya için astar amaçlı en önemli kimyasal kaplama işlemlerinden biri olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada sıcak daldırma galvanizli çinko yüzey üzerinde nano TiO_2 içeren fosfat kaplama uygulamışlardır. Ön çalışmalardan elde edilen sonuçlara dayanarak, fosfatlama banyosuna dahil edilen nano TiO_2 miktarı, 0,1 g olarak belirlemişlerdir. TiO_2 katılımı ile, fosfatlama sırasında çinko çözünme derecesini etkili bir şekilde azaltmış ve beklenen kaplama ağırlığını daha hızlı bir şekilde oluşmasını sağlamışlardır. Ayrıca normal fosfat kaplama kalınlığından daha fazla kalınlıkta kaplama sağlamışlardır. TiO_2 birleşmesi, büyük kristal boyutu ve daha fazla yüzey kaplaması ile iyi kristalleşmiş bir fosfat kaplaması ile sonuçlandırmışlardır. Elektrokimyasal analizden elde edilen sonuçlar ile TiO_2 içeren fosfat kaplamaların normal fosfat kaplamalar üzerinde daha iyi bariyer koruma karakteristikleri ve korozyon direncinin daha iyi olduğunu ortaya koymuşlardır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Materyal

Deneysel çalışmada 0.9 mm kalınlığında 100x75 mm ebatlarında DX51+Z GCRCP (galvanizli soğuk haddeleniş) sac plakalar kullanıldı.

DX51+Z galvaniz sacın kimyasal kompozisyonu şu şekildedir;

C (Karbon): Maksimum %0,18

Mn (Mangan): Maksimum % 1,2

Si (Silisyum): Maksimum %0,08

P (Fosfor): Maksimum %0,12

S (Kükürt): Maksimum % 0,045

Ti (Titanyum): Maksimum %0,3

Deneysel çalışmada X firmasına ait A (yağ alma), B (aktivasyon) ve C (çinko fosfat) kimyasalları ve Y firmasına ait D elektrostatik toz boyası kullanıldı.

Çizelge 4.1.' de deneysel çalışmada kullanılan kimyasallar verildi.

Çizelge 4.1. Deneysel çalışmada kullanılan kimyasallar.

Kimyasal	Üretici Firma	Safiyet - Konsantasyon	Ürün Kodu ve LOT
Nitrik Asit	Tekkim HNO ₃ (aq)	55-57%	TK.130340.01001 Lot No.250919142001
Sitrik Asit	Tekkim C ₆ H ₈ O ₇ .H ₂ O (farma)	>=99,5 %	TK.170490.01002 Lot No.200718159001
Formik Asit	Orkalab HCOOH (teknik kalite)	>=98%	-
Yağ Alma	X	20g/L	A
Aktivasyon	X	1,5g/L	B
Çinko fosfat	X	45g/L	C
Elektrostatik Toz Boya	Y		D

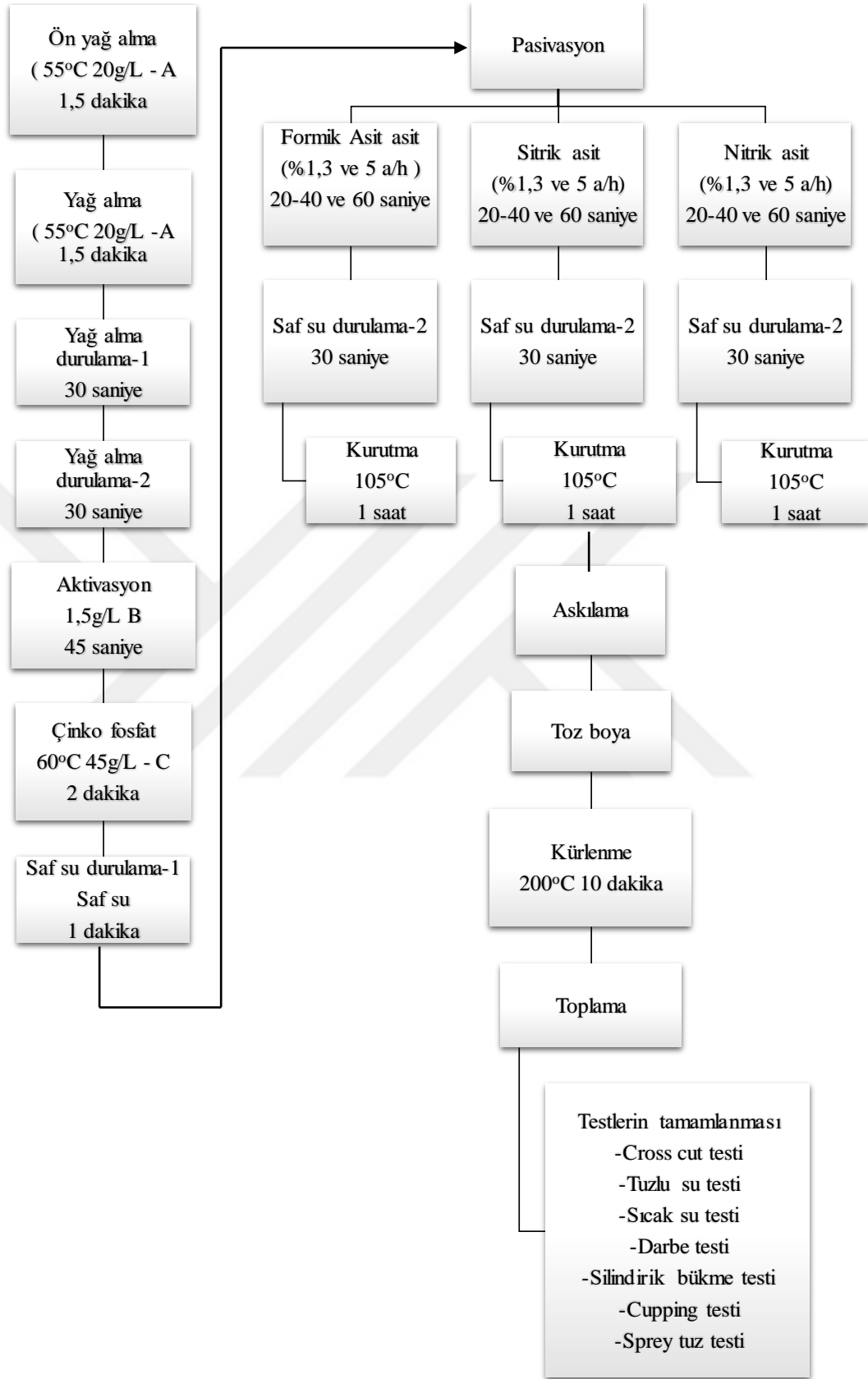
Çizelge 4.2.' de deneysel çalışmada kullanılan laboratuvar ve proses ekipmanları verildi.

Çizelge 4.2. Deneysel çalışmada kullanılan laboratuvar ve proses ekipmanları.

Test / Analiz	Üretici Firma	Model
Etüv	Microtest	MST 55
Toz Boya Sistemi	GEMA	Optigun GA03
Hassas Terazı	RADWAG	AS 220.R2
Mikroskop	Dino-Lite	AM7115MZT
Kaplama Kalınlık Ölçer	MiniTest	Minitest 675 B-FN
Cross-cut Testi Cihazı	TQC	CC2000
Silindirik Bükme Testi Cihazı	TQC	SP1820
Cupping Testi Cihazı	TQC	SP4300

4.2. Metod

Deneysel çalışmanın akım şeması Şekil 4.1.' de verildi. Deneysel çalışmalar otomotiv sektörüne çinko fosfat kaplama ve bu kaplamalar üzerine elektrostatik toz boya uygulaması yapan bir firmanın yüzey işlem tesisinde gerçekleştirildi. Yüzey işlemi ve elektrostatik toz boya kaplama işlemi tamamlanmış numunelere uygulanan testler Ar&Ge merkezinde yapıldı. Deneyler iki paralel numune olarak çalışıldı.



Şekil 4.1. Galvaniz sacların yüzey işlem prosesi akış şeması.

Galvaniz sac üzerinde bulunan, üretimden kaynaklı, yağ tabakasının kaplama koşullarını olumsuz etkilememesi için iki aşamalı olarak ayrı ayrı banyolarda gerçekleştirildi. Galvaniz saclar üzerindeki ön yağ alma ve yağ alma işlemleri için 20g/L konsantrasyonunda X firmasına asit A kimyasalı kullanıldı. Banyo sıcaklığı 55°C, sprej basıncı 1 bar ve muamele süresi 1,5 dakika şartlarında uygulandı. Yağ alma işlemi tamamlanan plakaların yüzeyinde çözünen yağların uzaklaştırılması için şebeke suyu ile durulama yapıldı. Yağ alma durulama işlemi iki aşamalı olarak ayrı ayrı banyolarda yapıldı. Sprej basıncı 1 bar ve işlem süresi 30 saniye şartlarında uygulandı. Aktivasyon işlemi öncesi metal yüzeyinin tamamen temizlenmesi sağlandı. Metal yüzeyinin aktivasyonu için 1,5g/L konsantrasyonunda X firmasına ait B kimyasalı kullanıldı. Sprej basıncı 1 bar ve işlem süresi 45 saniye şartlarında uygulandı. Plakaların aktivasyon işlemi tamamlandıktan sonra çinko fosfat kaplama işlemi için 45g/L konsantrasyonunda X firmasına ait C kimyası kullanıldı. Çinko fosfat banyosunun sıcaklığı 60°C ve muamele süresi 2 dakika şartlarında daldırma yöntemiyle uygulandı. Çinko fosfat kaplama sonrası plakaların yüzeyi banyo iletkenlik değeri <math><10\mu\text{s}</math> olan saf su kullanılarak sprej yöntemiyle temizledi. Saf su durulama banyosunun sprej basıncı 1 bar ve muamele süresi 1 dakika şartlarında uygulandı. Pasivasyon işlemi, çinko fosfat kaplı numunelere farklı derişime (%1, %3 ve %5 (a/h)) sahip farklı türde (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) asitler kullanarak farklı sürelerde (20, 40 ve 60sn.) daldırma yöntemiyle uygulandı. Şekil 4.2.'de daldırma metodu ile plakaların pasive edilmesi gösterildi.



Şekil 4.2. Daldırma metodu ile plakaların pasive edilmesine ait fotoğraf.

Pasivasyon sonrası metal yüzeyinin temizlemek amacıyla iletkenlik değeri <math><10\mu\text{S}</math> olan saf su ile plakaların 30 saniye boyunca durulamaları gerçekleştirildi.

Şekil 4.3.' te pasive edilmiş plakaların etüvde kurutulması gösterildi. Pasive edilen parçalar etüv içerisinde askılama yapılarak 105°C' de 1 saat boyunca kurutuldu.



Şekil 4.3. Pasive edilmiş plakaların etüvde kurutulmasına ait fotoğraf.

Şekil 4.4.' te plakaların toz boya işlemi için askılanması gösterildi. Kurutulan parçalar uygun askılama sistemi ile toz boya yapılmak üzere hazırlandı.



Şekil 4.4. Kurutma işlemi tamamlanan plakaların toz boya işlem öncesi askılanmasına ait fotoğraf.

Şekil 4.5.' te plakaların elektrostatik toz boyama işlemi gösterildi. Tozboyama işleminde tam otomatik GEMA OptigunGA03 sistemi kullanıldı.



Şekil 4.5. Plakaların elektrostatik toz boya kaplama işlemine ait fotoğraf.

Şekil 4.6.' da elektrostatik toz boyaması yapılmış plakalar gösterildi. Toz boya tabancalarının toz boya atım özellikleri plaka üzerindeki kaplama kalınlığı $80\sim 120\mu$ olacak şekilde ayarlandı.



Şekil 4.6. Elektrostatik toz boya ile kaplanması sonrasına ait fotoğraf.

Toz boya prosesinde belirlenen parametreler doğrultusunda toz boyama işlemi yapılan plakalar kürlenmek üzere yüksek sıcaklık fırınında metal yüzeyindeki boyanın pişme süreci tamamlandı. Şekil 4.7.' de elektrostatik toz boya kaplı plakaların kürlendiği fırın gösterildi.



Şekil 4.7. Elektrostatik toz boya kaplı plakaların kürlenme fırınına ait fotoğraf.

Şekil 4.8.' de kürlenme işlemi tamamlanan plakalar gösterildi. Kürlenme süreci tamamlanan plakalar üzerinde cross-cut testi, tuzlu su ortam testi, sıcak su ortam testi, darbe testi, silindirik bükme testi, cupping test, ve sprej tuz testi uygulanmak üzere hazırlandı.



Şekil 4.8. Yüksek sıcaklık fırınında kürlenme süreci tamamlanan plakalara ait fotoğraf.

4.3. Numunelere Uygulanan testler

4.3.1. EN ISO 2409 Kareleme testi

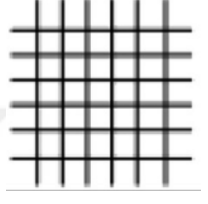
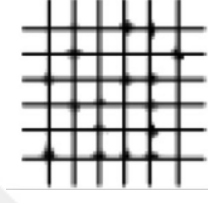

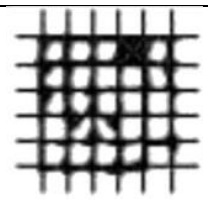
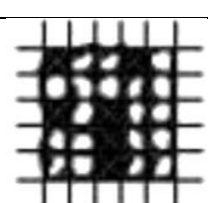
Elektrostatik toz boyalı plaka üzerine standartlarına uygun diş aralıklı özel kesme bıçağı ile seri kesikler atılarak adezyon etkinliği incelendi. Metal yüzeyinden kopan parçacıklar ile değerlendirme tablosu arasında ilişkilendirme yaparak sınıflandırma yapıldı. Şekil 4.9.' da cross-cut test seti gösterildi.



Şekil 4.9. Cross-cut test setine ait fotoğraf.

Çizelge 4.3.' te cross-cut testinin değerlendirme tablosu verildi.

Çizelge 4.3. Cross-cut değerlendirmesi (URL-5, 2019).

Standart		Tanım	Cross-cut testi uygulanmış parçanın yüzey görünümü
ISO	ASTM		
0	5B	Kesimin kenarları tamamen pürüzsüzdür. Kafesin karelerinin hiç biri ayrılmaz.	
1	4B	Kesiklerin kesişme noktaları ve/veya çapraz kesim alanının %5' ten küçük etkilenmesi.	
2	3B	Kesiklerin kesişme noktaları ve/veya çapraz kesim alanının %5' ten büyük ve %15' ten küçük etkilenmesi.	
3	2B	Kesiklerin kesişme noktaları ve/veya çapraz kesim alanının %15' ten büyük ve %35' ten küçük etkilenmesi.	
4	1B	Kesiklerin kesişme noktaları ve/veya çapraz kesim alanının %35' ten büyük ve %65' ten küçük etkilenmesi.	
5	0B	Kafes yapısının ISO "4" veya ASTM "1B" ile sınıflandırılmayacak kadar çok ayrılma olması.	

4.3.2. Tuzlu su ortamında numunelerin dayanım testi

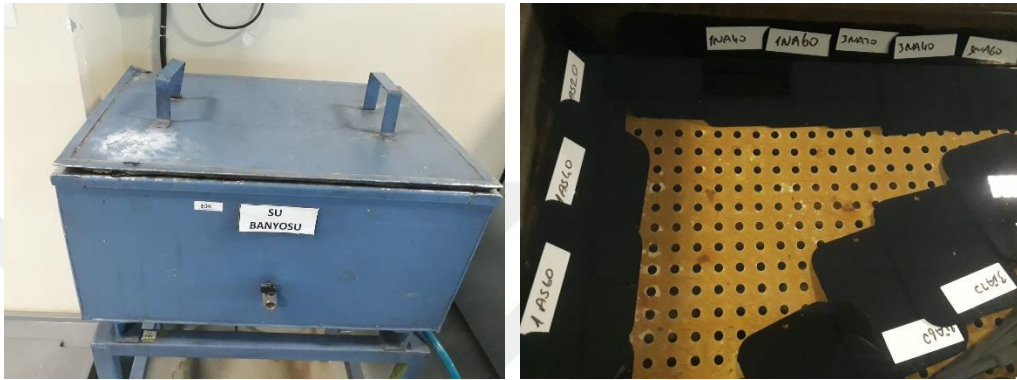
Elektrostatik toz boyama işlemleri tamamlanan galvaniz sacların tüm yüzey alanına etkiyen kütle/hacimce %5' lik NaCl sulu ortamında 72 saat boyunca daldırma yöntemiyle uygulandı. Daha sonra plakalar oda koşullarında kurutulurken cross-cut testi uygulandı. Şekil 4.10.' da tuzlu su ortamına dayanım testine ait görsel verildi. Korozif ortama maruz bırakılan plakaların adezyon etkinliği incelendi.



Şekil 4.10. Tuzlu su ortamına dayanım testine maruz bırakılan plakalara ait fotoğraf.

4.3.3. Sıcak su ortamında numunelerin dayanım testi

Elektrostatik toz boyama işlemleri tamamlanan galvaniz sacların tüm yüzey alanına etkiyen 60°C sıcaklığındaki su içerisinde 2 saat boyunca daldırma yöntemiyle uygulandı. Şekil 4.11.' de sıcak su ortamına dayanım testine ait görsel verildi. Plakalar sıcak su banyosundan çıkarıldıktan sonra kurutulup cross-cut testi uygulandı. Sıcak su ortamına maruz bırakılan plakaların adezyon etkinliği incelendi.



Şekil 4.11. Sıcak su ortamına dayanım testine maruz bırakılan plakalara ait fotoğraf.

4.3.4. EN ISO 6272-1 Darbe testi

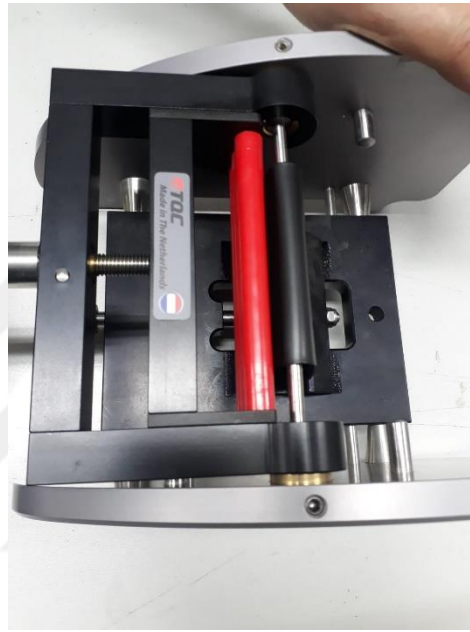
Elektrostatik toz boya kaplı plaka üzerine standartlarına uygun olarak 1kg ağırlığında cisim 250mm yükseklikten metal yüzeyine doğal düşüş ile bırakıldı. Şekil 4.12.' de elektrostatik toz boya kaplı plakalara uygulanan darbe testi uygulaması gösterildi. Darbe etkisiyle metal yüzeyindeki toz boyanın deformasyon durumu standartlara uygun olarak değerlendirildi.



Şekil 4.12. Darbe testi uygulamasına ait fotoğraf.

4.3.5. EN ISO 1519 Silindirik bükme testi

Elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerinde standartlara uygun olarak adezyon etkinliği incelendi. Plakalar mandrel ekseninde bükme kolu vasıtasıyla büküldü. Şekil 4.13' te elektrostatik toz boya kaplı plakalara uygulanan silindirik bükme testinin uygulaması verildi. Bükme işleminden sonra test paneli çatlaklar ve hasarlar için kontrol edildi. Yapılan çalışmada 5mm çapında mandrel kullanıldı.



Şekil 4.13. Silindirik bükme testi uygulamasına ait fotoğraf.

4.3.6. EN ISO 1520 Cupping testi

Elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerinde standartlara uygun olarak çatlama direnci Şekil 4.14.' te elektrostatik toz boya kaplı plakalara uygulanan cupping testinin yapıldığı cihaz gösterildi. Toz boyalı plaka üzerine 0,2mm/s hızında sabit bir hızla uygun bir çene yardımıyla batma işlemi uygulandı. Toz Boyanın metal yüzeyinde çatlamaya karşı gösterdiği direnç ve toz boyanın metal yüzeyi üzerindeki yapışma etkinliği standartlara uygun olarak ölçülmesi sağlandı.



Şekil 4.14. Cupping testi cihazına ait fotoğraf.

4.3.6. EN ISO 9227 sprej tuz testi

Döngüsel korozyon test uygulamaları ile doğal korozyon için mümkün olabilen en iyi laboratuvar simülasyonunu sağlayarak 3FA20, 3SA20 ve 3NA20 numuneleri üzerinde 240 saat boyunca sprej tuz testi uygulandı. Standartlara uygun olarak plakaların kabarcıklanma değeri, paslanma değeri ve korozyon derecesi incelendi. Şekil 4.15.' te sprej tuz kabini görüntüsü verildi.



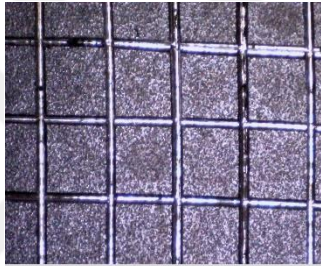
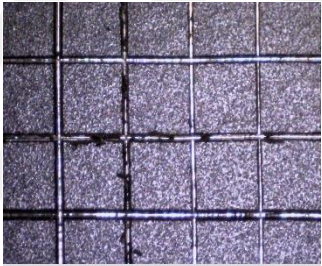
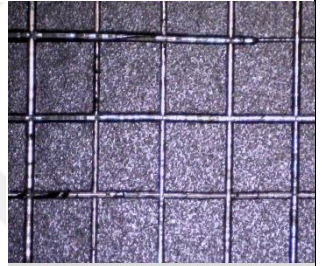
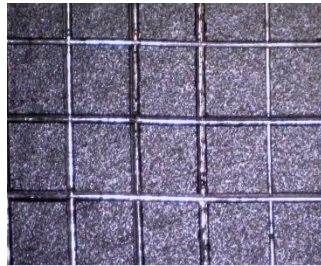

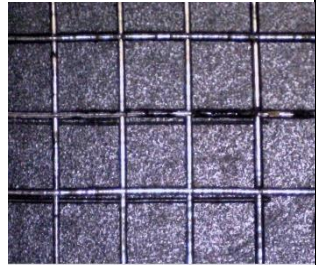
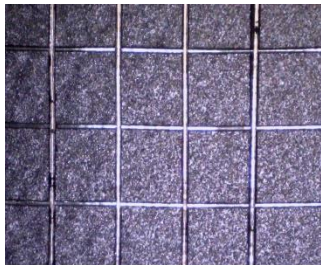
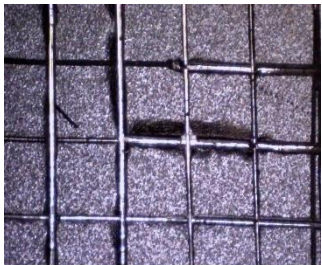

Şekil 4.15. Sprej tuz testi kabine ait görüntü.

5. BULGULAR

5.1. Formik Asit İle Pasive Edilmiş Galvaniz Sacların Test Bulguları

Formik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan elektrostatik toz boya işlemi tamamlandıktan sonra sırasıyla cross-cut testi, tuzlu su ortamına dayanım testi, sıcak su ortamına dayanım testi, darbe testi, silindirik bükme testi ve cupping testi uygulandı. Test sonuçları Dino-Lite mikroskobu ile görüntülendi.

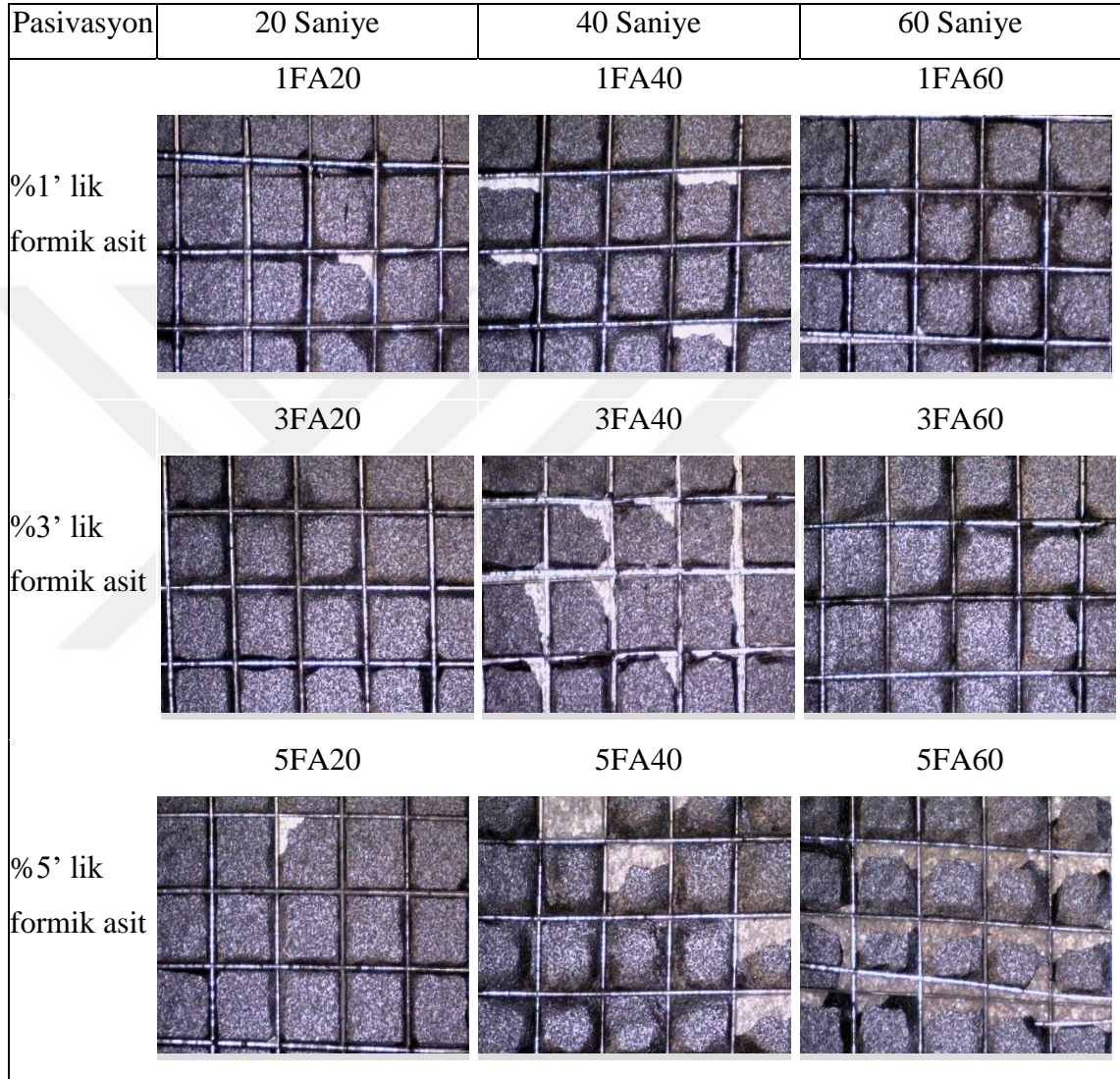
Formik asit ile pasive edilen plakalar üzerinde uygulanan cross-cut testi görüntüleri Şekil 5.1.'de verildi.

Pasivasyon	20 Saniye	40 Saniye	60 Saniye
%1' lik formik asit	1FA20 	1FA40 	1FA60 
	3FA20 	3FA40 	3FA60 
	5FA20 	5FA40 	5FA60 

Şekil 5.1. Formik asit ile pasive edilen toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş cross-cut testine ait görüntüler.

Şekil 5.1. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen plakalar üzerinde uygulanan cross-cut testi bulgularında toz boya kalkmasına rastlanılmadı.

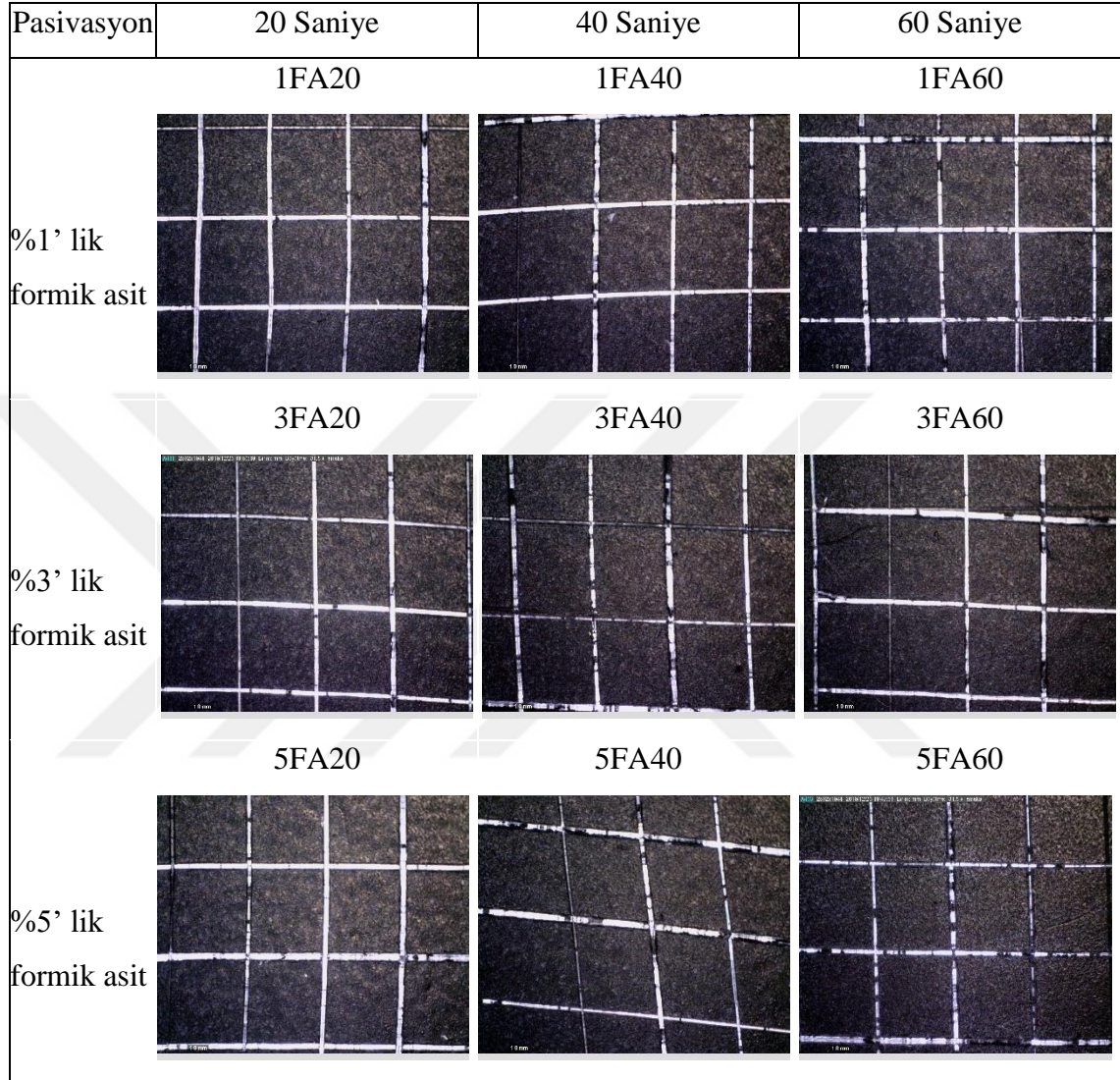
Formik asit ile pasive edilen toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su ortamına dayanım testine ait görüntüleri Şekil 5.2.' de verildi.



Şekil 5.2. Formik asit ile pasive edilen toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su ortamına dayanım testine ait görüntüleri.

Şekil 5.2. 'de görüldüğü üzere; tuzlu su ortamına dayanım testinde pasivasyon konsantrasyonunun ve uygulama süresinin artışıyla birlikte toz boyalı numeler üzerinden 1FA40, 3FA40, 5FA40 ve 5FA60 kodlu numuneler üzerindeki toz boyanın kalktığı belirlendi.

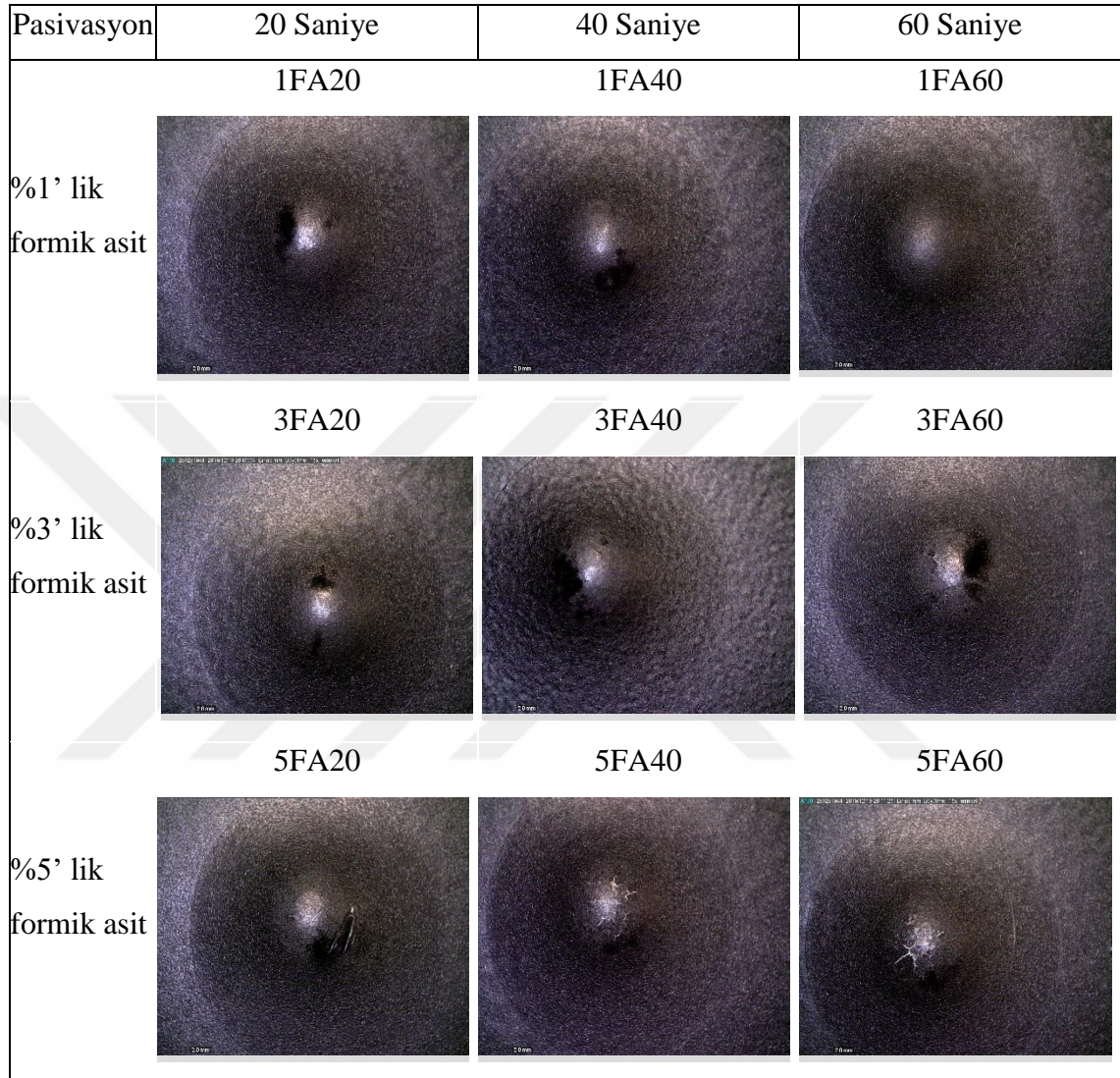
Şekil 5.3.'de formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait görüntüleri verildi.



Şekil 5.3. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait görüntüleri.

Şekil 5.3. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan sıcak su ortamına dayanım testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

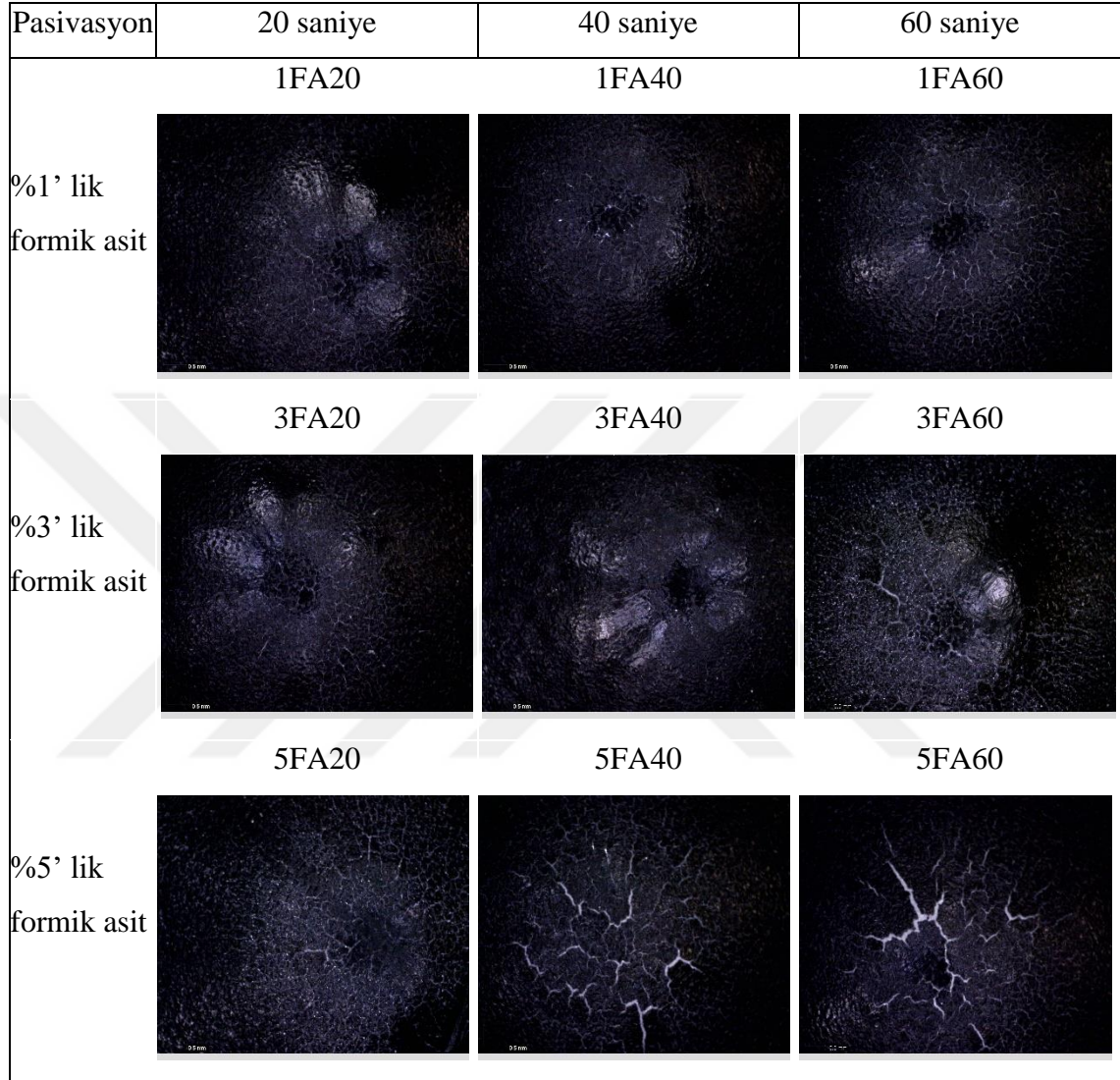
Şekil 5.4.' de formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri gösterildi.



Şekil 5.4. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

Şekil 5.4. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi bulgularında %5' lik çözeltisiyle 40 saniye ve 60 saniye ile uygulanan numunelerin (5FA40 ve 5FA60) yüzeyinde toz boyanın çatladığı görüldü.

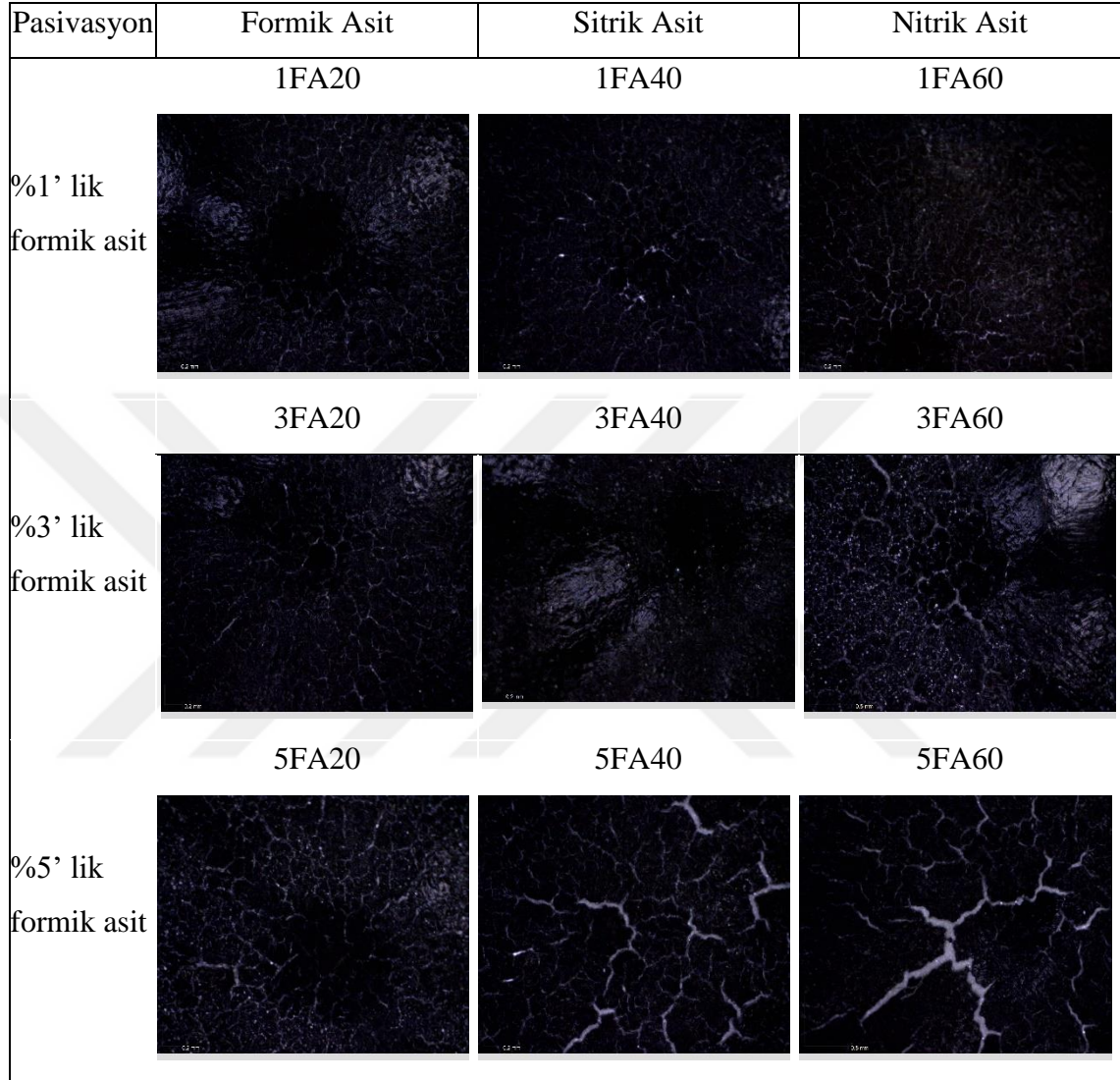
Şekil 5.5.'de formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 5.5. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

Şekil 5.5. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi bulgularında %1' lik, %3' lük ve %5' lik çözeltilerinde boya kalkması görülmedi.

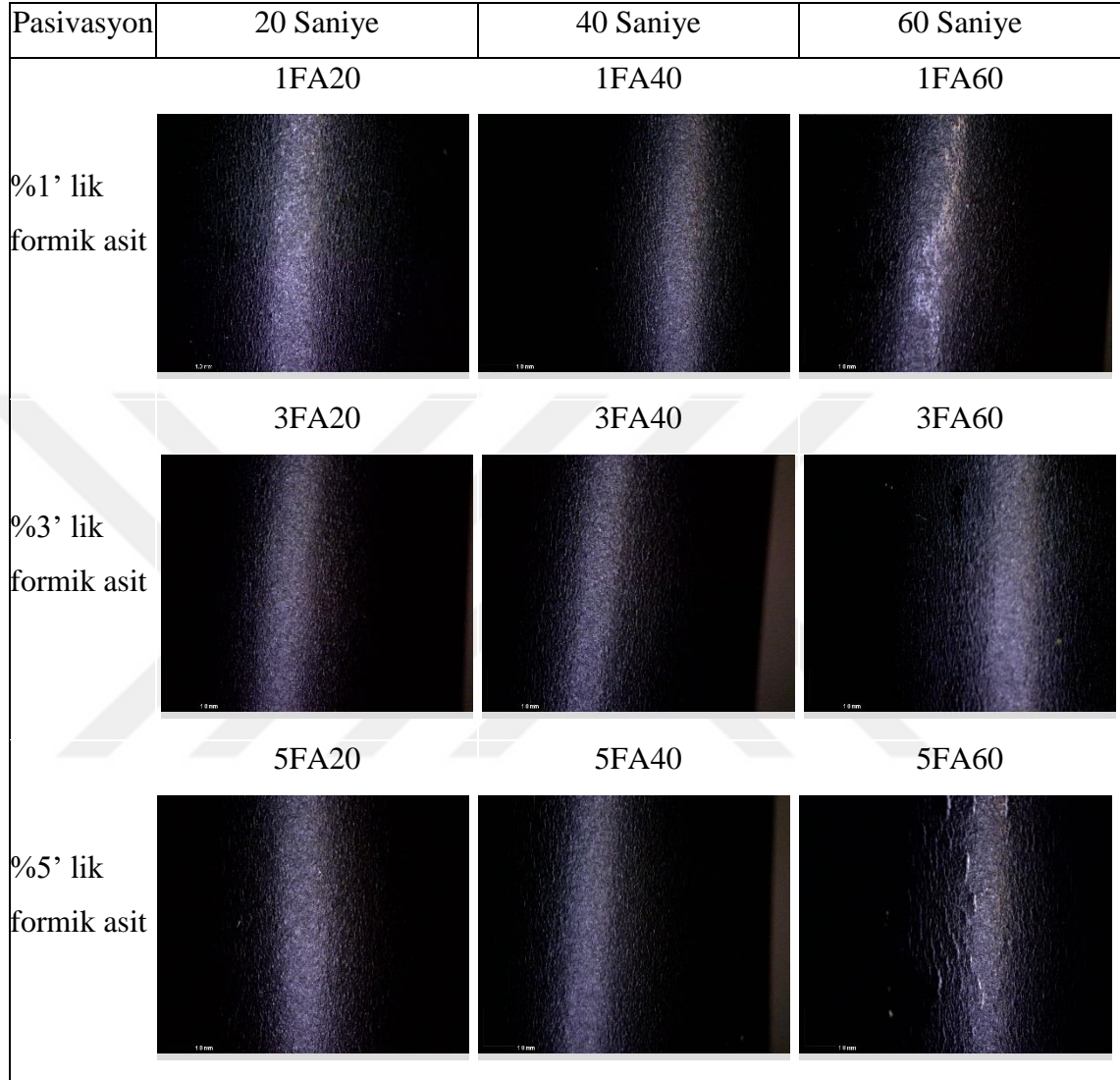
Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri Şekil 5.6.' da verildi.



Şekil 5.6. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

Şekil 5.6. incelendiğinde %5' lik formik asit ile pasive edilen plakalardaki çatlağın pasivasyon uygulama süresi ile orantılı olarak arttığı görüldü.

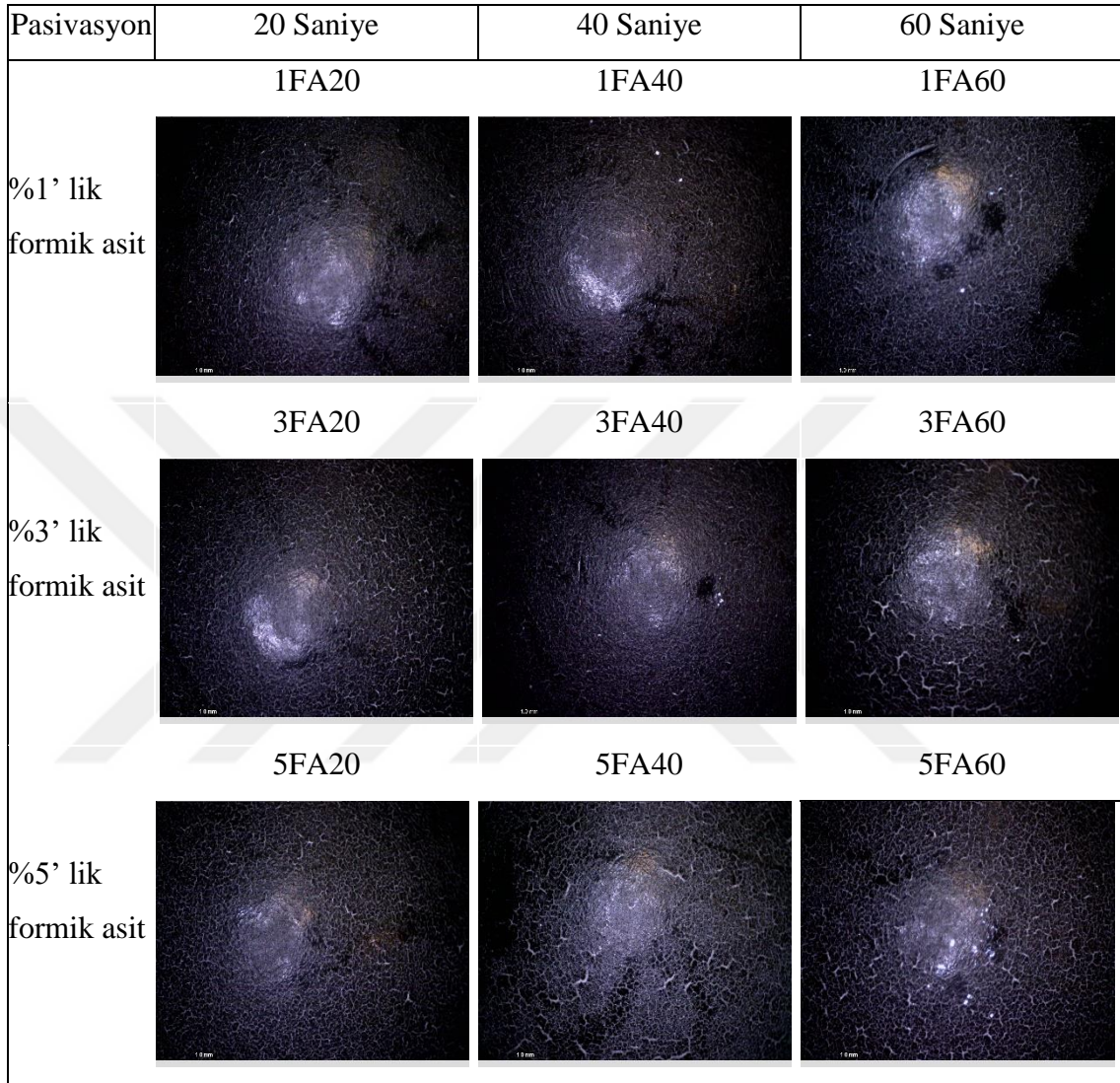
Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler Şekil 5.7.'de gösterildi.



Şekil 5.7. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler.

Şekil 5.7. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan silindirik bükme testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

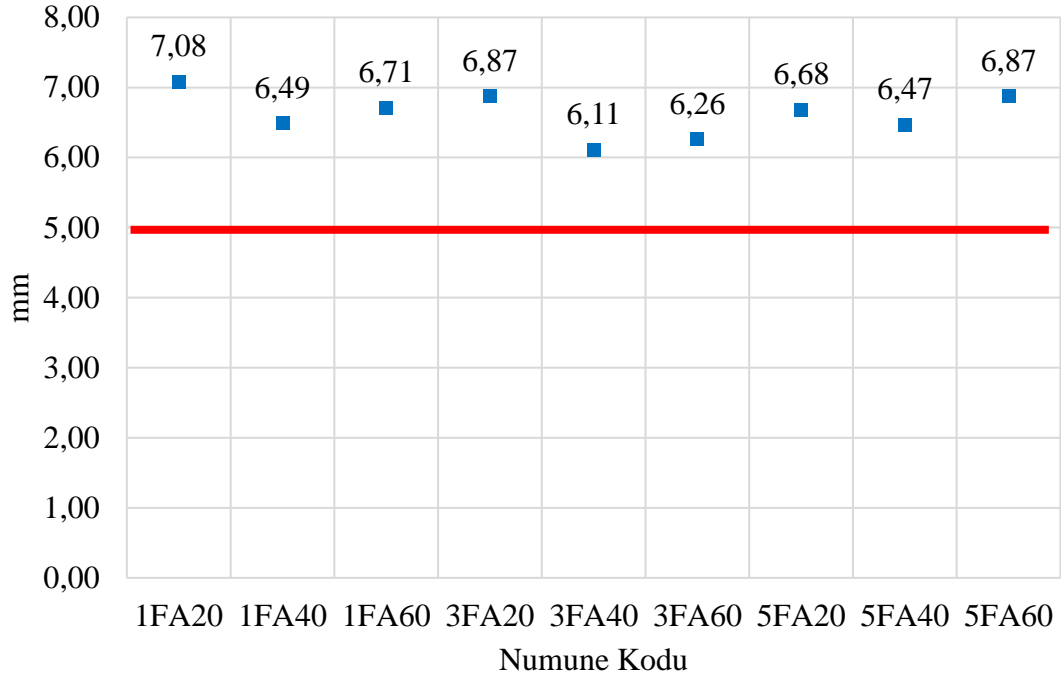
Şekil 5.8.'de formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüler verilmektedir.



Şekil 5.8. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüler.

Şekil 5.8. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan cupping testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

Formik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnç değerlerini gösteren grafik Şekil 5.9.'da verildi.




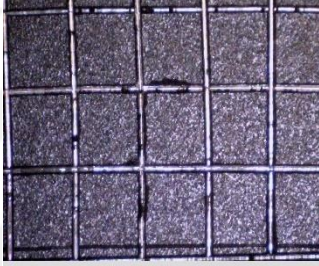
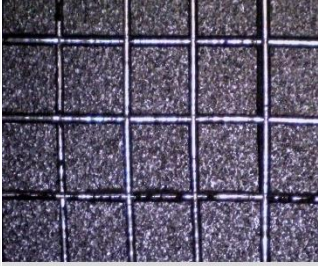



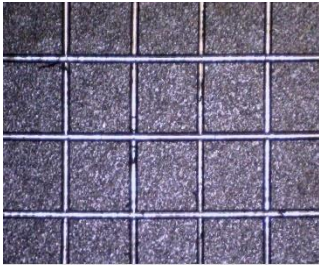
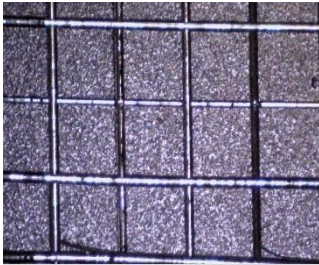
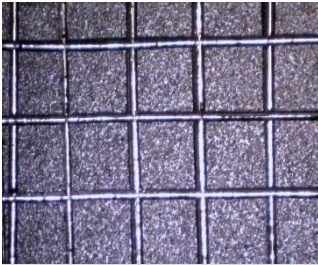
Şekil 5.9. Formik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnci değerleri.

Şekil 5.9. incelendiğinde formik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan cupping testi bulgularında plakaların 5 mm' nin üzerinde çatlama direncine sahip olduğu görüldü.

5.2. Sitrik Asit İle Pasive Edilmiş Galvaniz Sacların Test Bulguları

Sitrik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan elektrostatik toz boya işleminin tamamlandıktan sonra sırasıyla cross-cut testi, tuzlu su ortamına dayanım testi, sıcak su ortamına dayanım testi, darbe testi, silindirik bükme testi ve cupping testi uygulandı. Test sonuçları Dino-Lite mikroskobu ile görüntüledi.

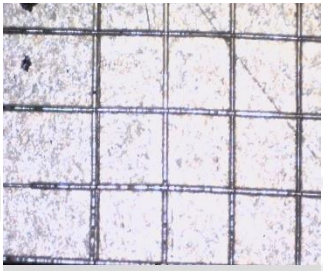
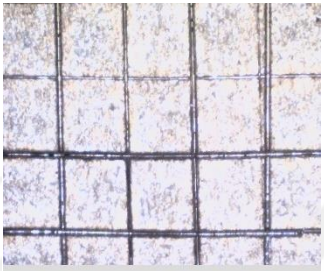
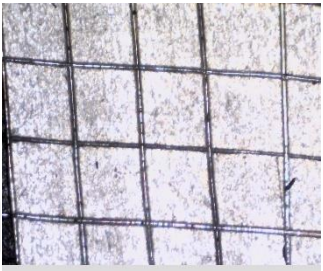
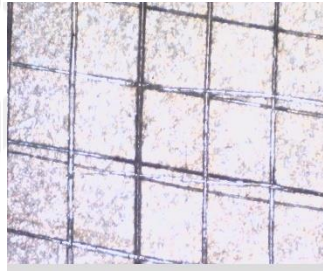
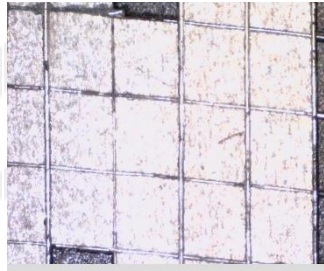
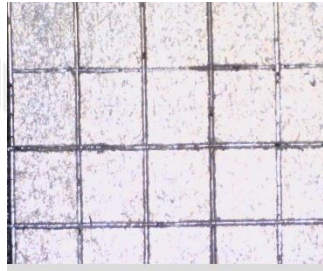
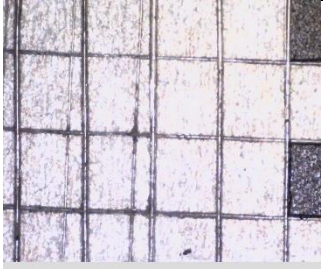
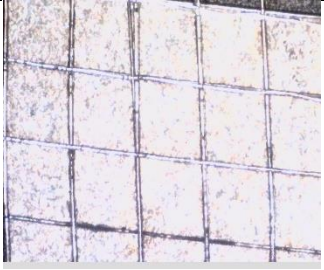
Sitrik asit ile pasive edilen plakalar üzerinde uygulanan cross-cut testi görüntüleri Şekil 5.10.'da verildi.

Pasivasyon	20 Saniye	40 Saniye	60 Saniye
%1' lik sitrik asit	1SA20 	1SA40 	1SA60 
	3SA20 	3SA40 	3SA60 
	5SA20 	5SA40 	5SA60 

Şekil 5.10. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş cross-cut testine ait görüntüler.

Şekil 5.10. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen plakalar üzerinde uygulanan cross-cut testi bulgularında toz boya kalkmasına rastlanılmadı.

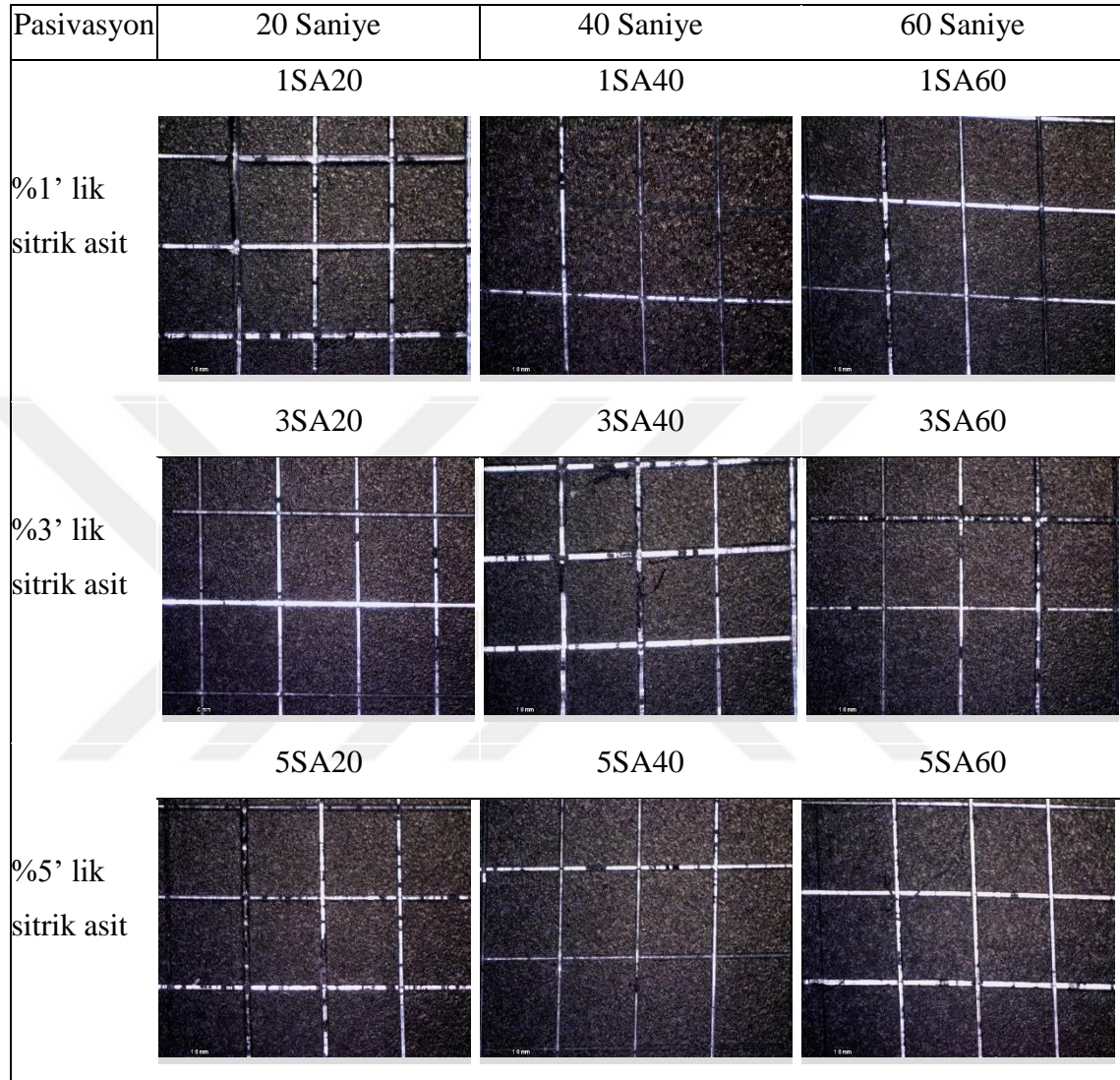
Sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su ortamına dayanım testine ait görüntüleri Şekil 5.11.' de verildi.

Pasivasyon	20 Saniye	40 Saniye	60 Saniye
%1' lik sitrik asit	1SA20	1SA40	1SA60
			
	3SA20	3SA40	3SA60
%3' lik sitrik asit			
	5SA20	5SA40	5SA60
	%5' lik sitrik asit		

Şekil 5.11. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su testine ait görüntüleri.

Şekil 5.11.' de görüldüğü üzere; sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan tuzlu su ortamına dayanım testi sonucunda kafes yapısındaki toz boyanın kalktığı görüldü.

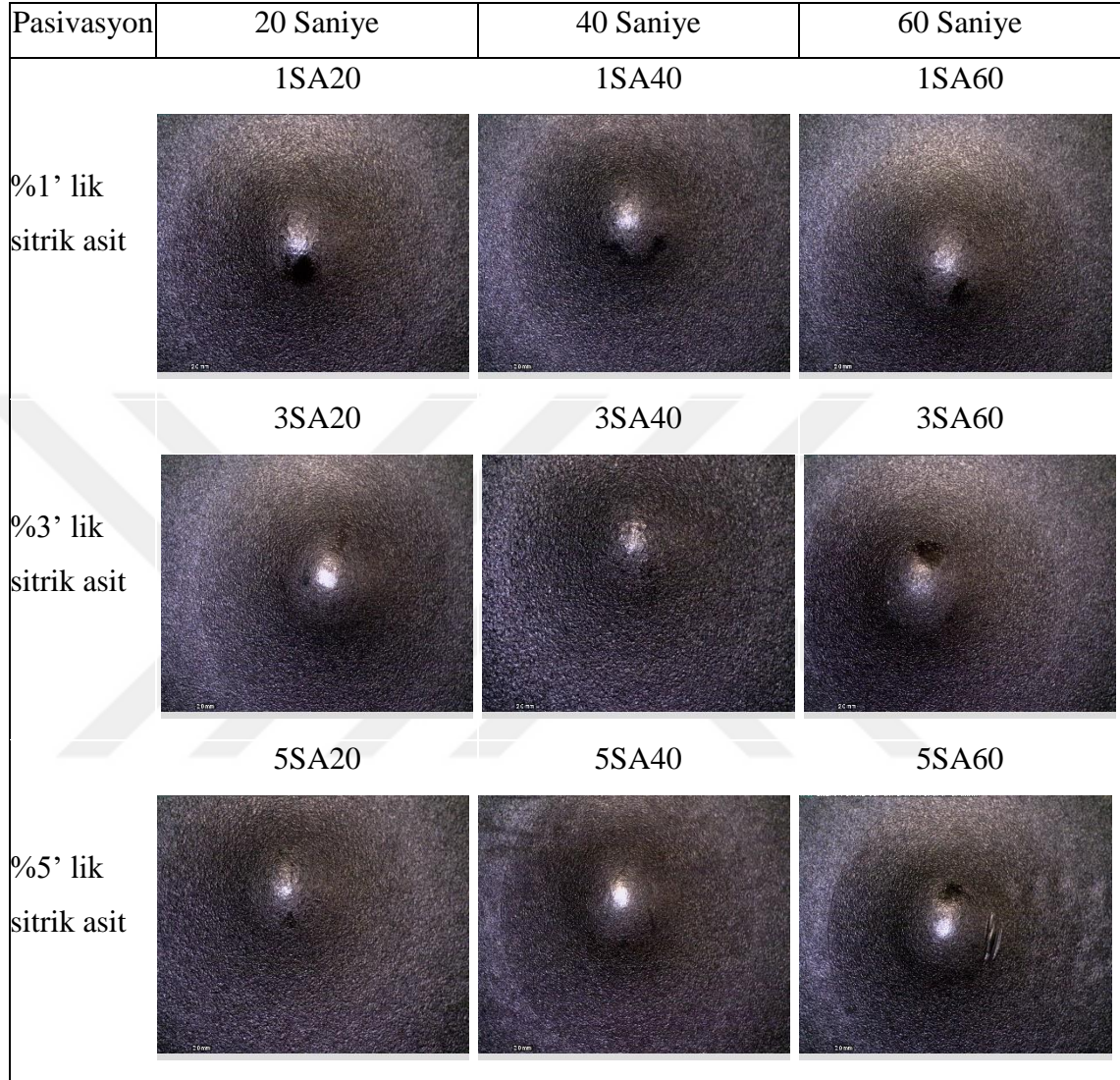
Şekil 5.12.' de sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait görüntüleri verildi.



Şekil 5.12. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait görüntüleri.

Şekil 5.12. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan sıcak su ortamına dayanım testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

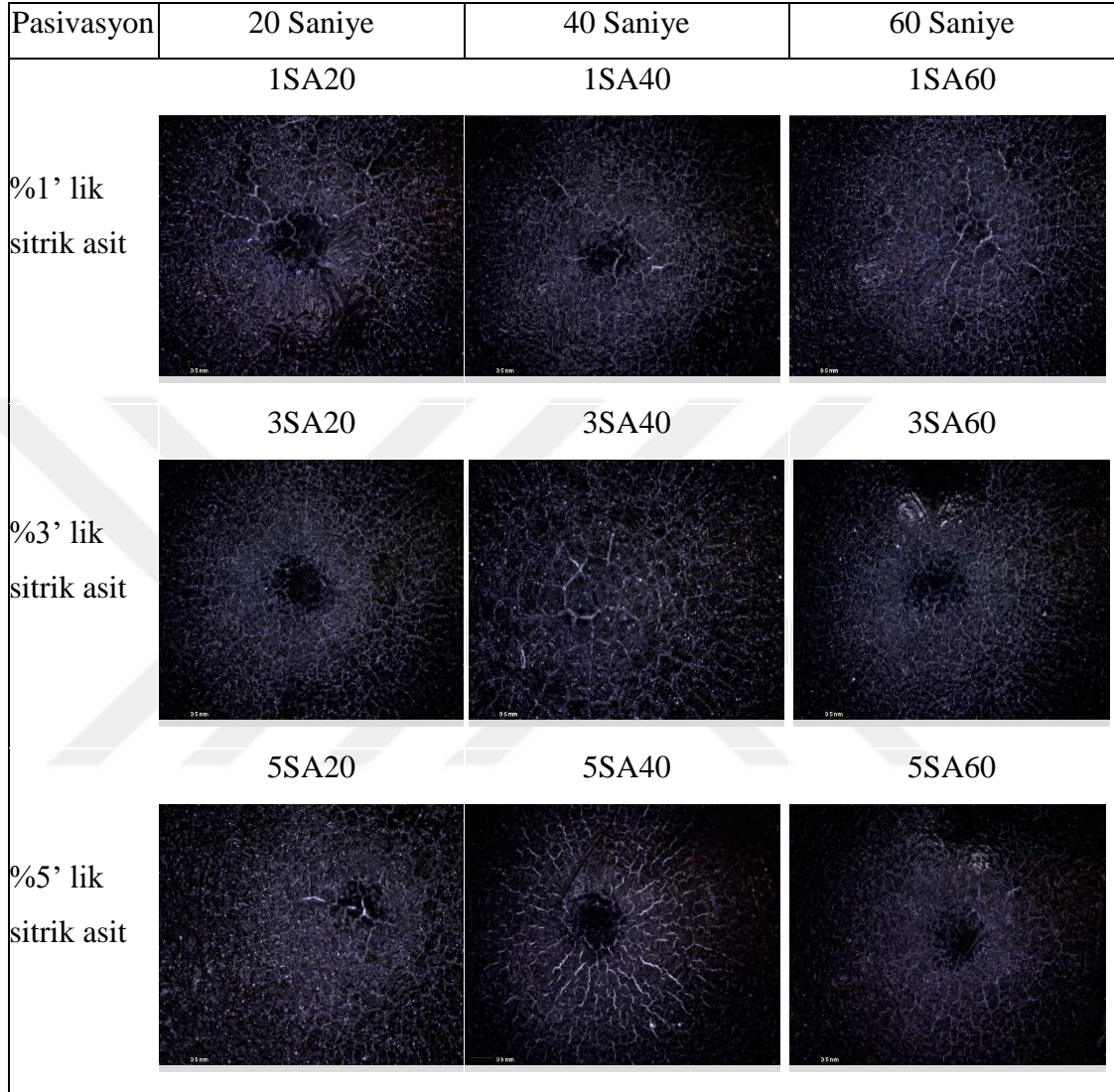
Şekil 5.13.'de sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri gösterildi.



Şekil 5.13. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

Şekil 5.13. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi görüntülerinde numunelerin yüzeyindeki toz boyanın kalkmadığı görüldü.

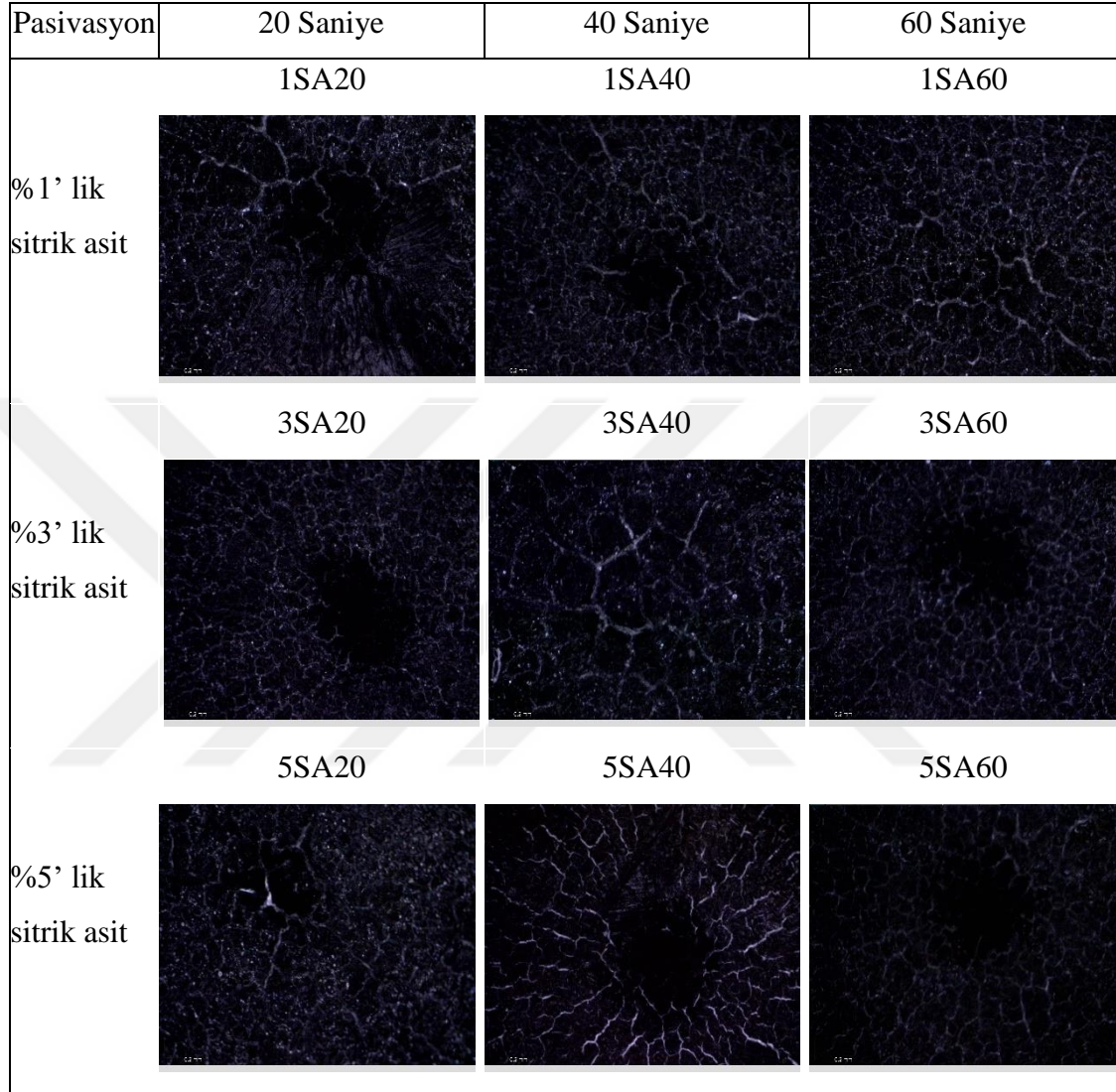
Şekil 5.14.' de sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 5.14. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

Şekil 5.14. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi görüntülerinin pasivasyon uygulama süresinin 40 saniyelik işlemde, metal yüzeyindeki toz boyanın çatlağı artan sitrik asit pasivasyon konsantrasyonu ile arttığı görüldü.

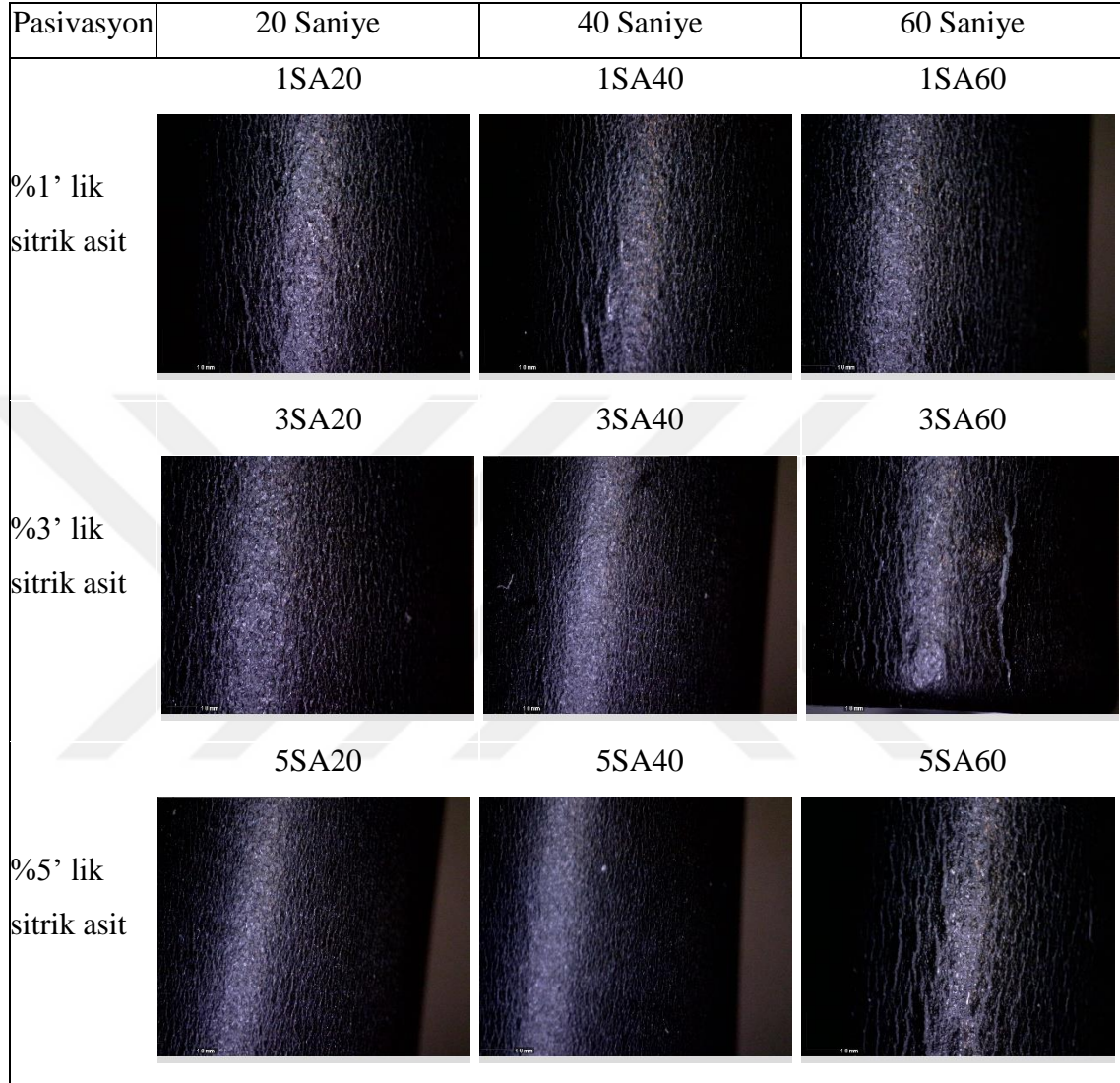
Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri Şekil 5.15.' de verildi.



Çizelge 5.15. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüler.

Şekil 5.15. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi görüntülerinin 20 ve 60 saniyelik pasivasyon işleminde metal yüzeyindeki toz boyanın deformasyon oranının değişkenlik göstermediği görüldü.

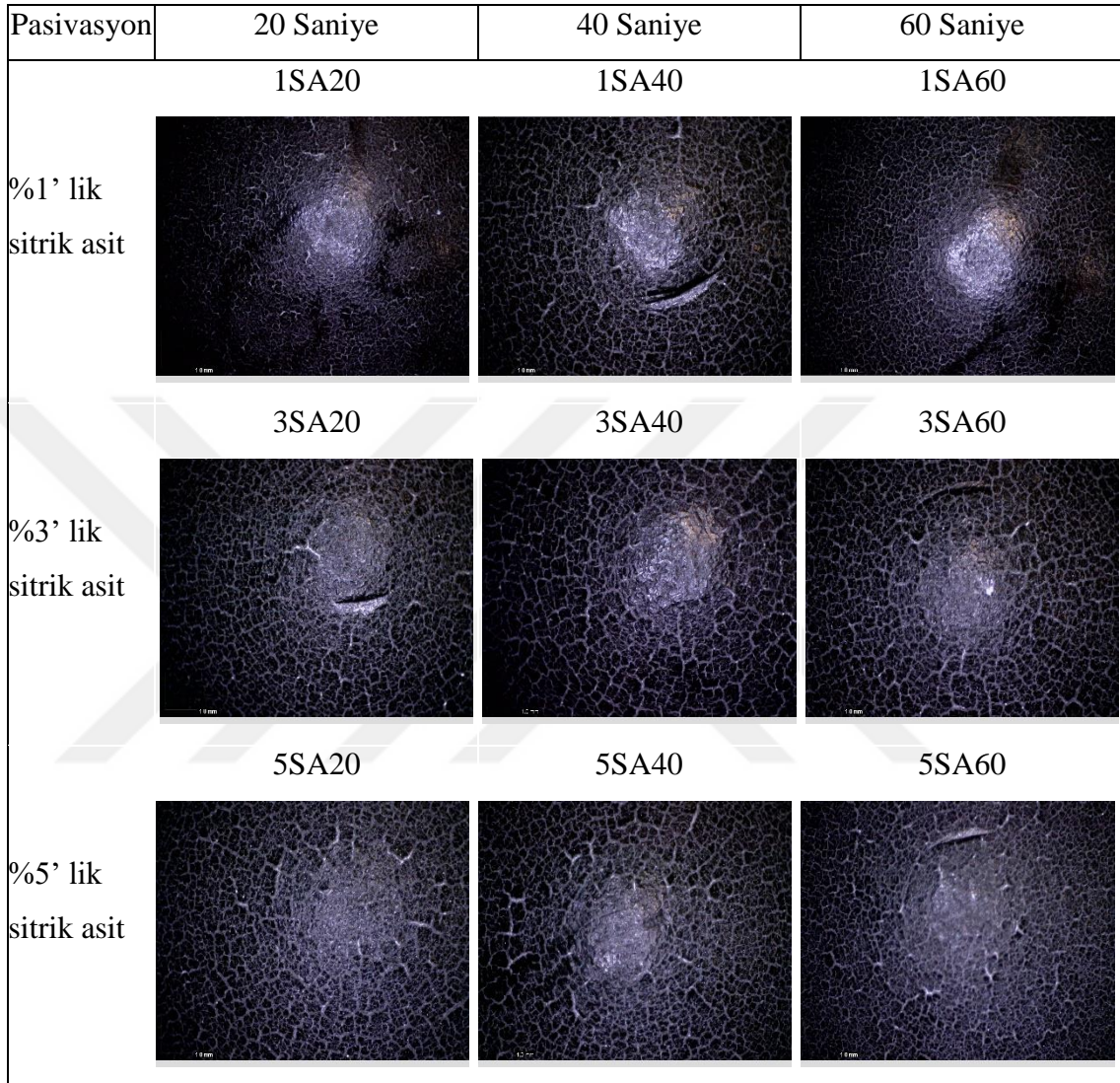
Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler şekil 5.16.' da gösterildi.



Şekil 5.16. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler.

Şekil 5.16' da görüldüğü üzere; sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan silindirik bükme testi görüntülerinde pasivasyon uygulama süresi arttıkça yapışma etkinliğinin olumsuz etkilendiği görüldü.

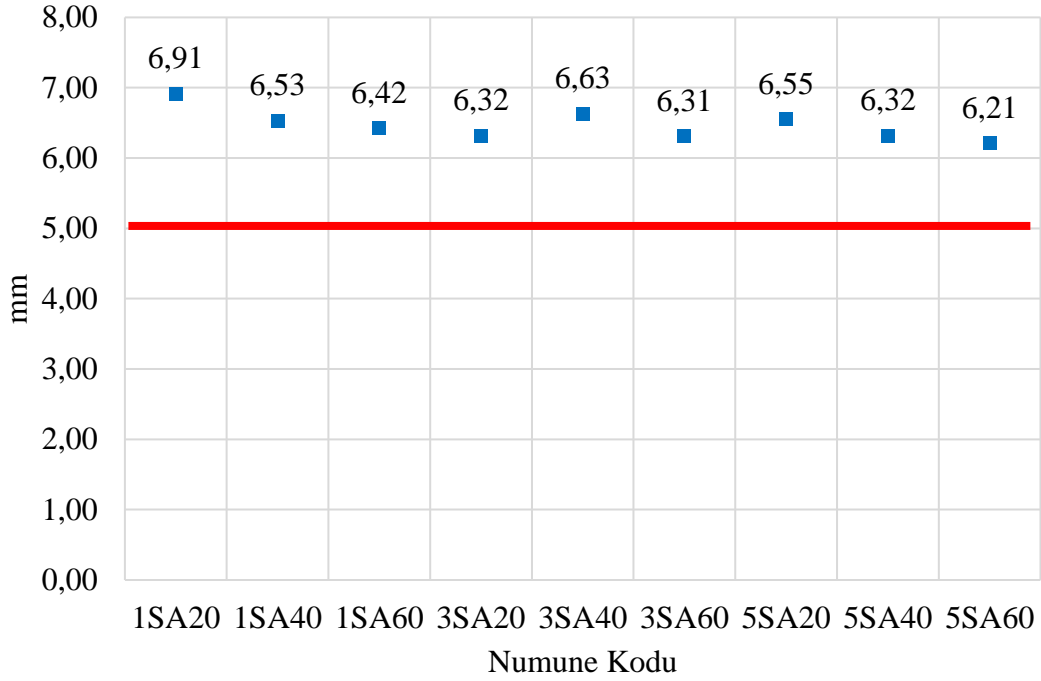
Şekil 5.17.' de sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5.17. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüleri.

Şekil 5.17. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan cupping testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

Sitrik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnç değerlerini gösteren grafik Şekil 5.18.' de verildi.



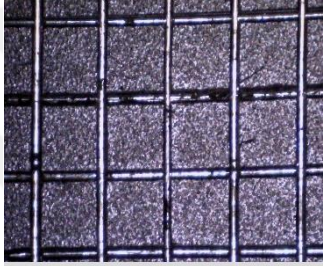
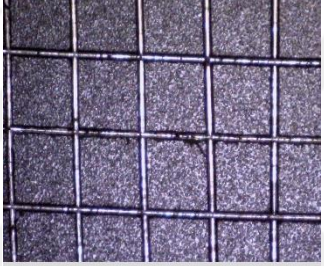
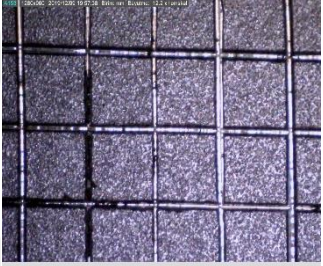
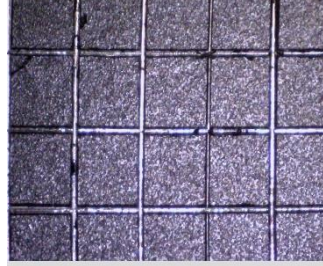
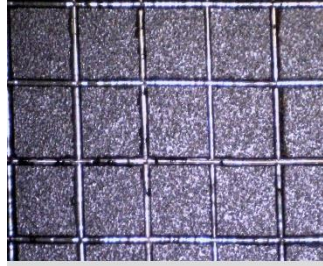
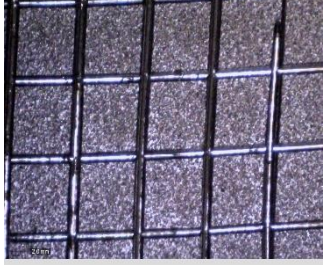
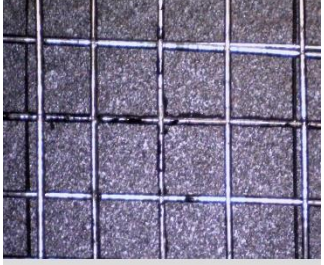
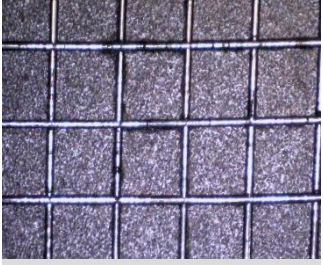
Şekil 5.18. Sitrik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnci değerleri.

Şekil 5.18. incelendiğinde sitrik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan cupping testi bulgularında plakaların 5 mm' nin üzerinde çatlama direncine sahip olduğu görüldü.

5.3. Nitrik Asit İle Pasive Edilmiş Galvaniz Sacların Test Bulguları

Nitrik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan elektrostatik toz boya işlemleri tamamlandıktan sonra sırasıyla cross-cut testi, tuzlu su ortamına dayanım testi, sıcak su ortamına dayanım testi, darbe testi, silindirik bükme testi ve cupping testi uygulandı. Test sonuçları Dino-Lite mikroskobu ile görüntüldü.

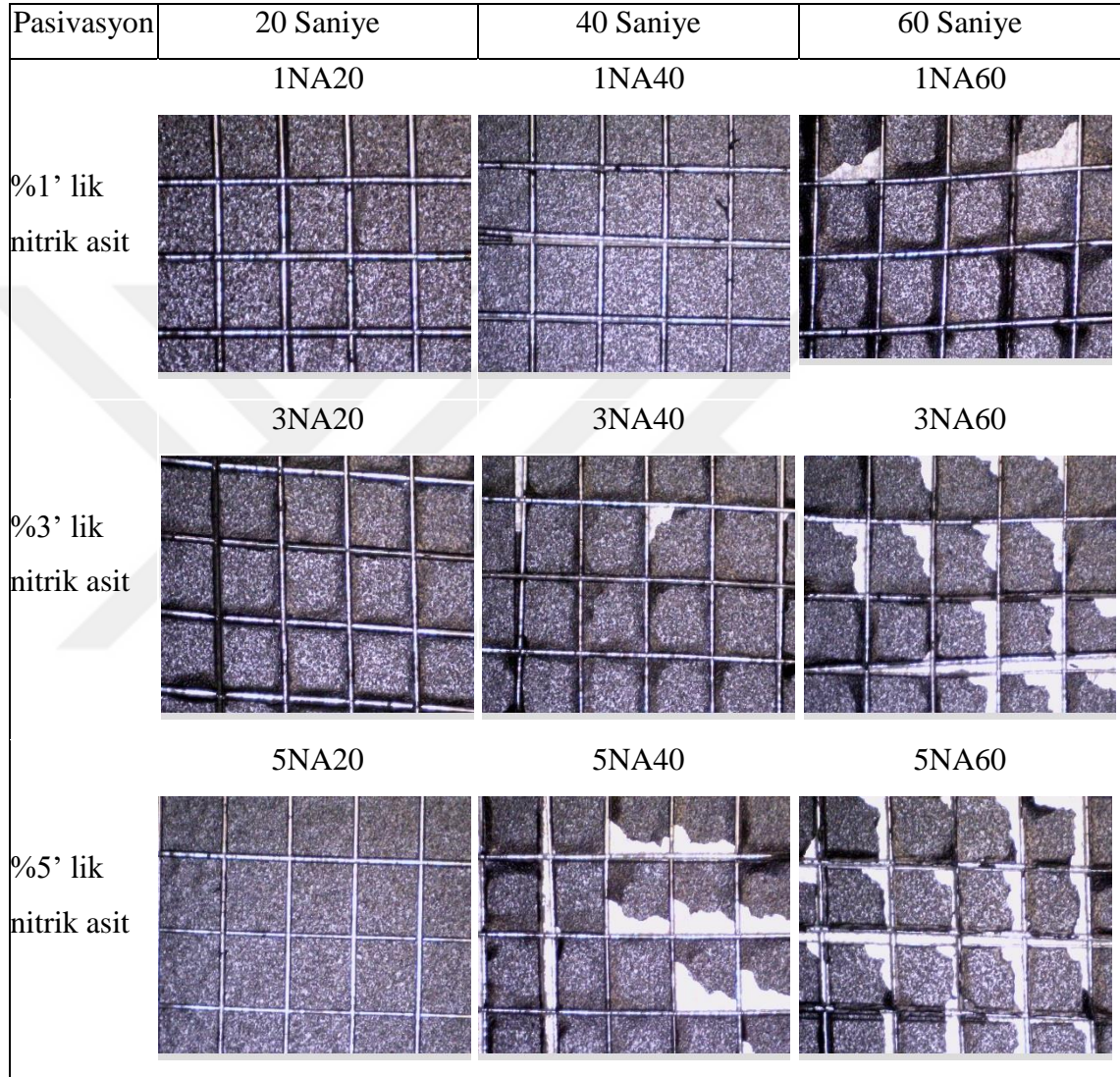
Nitrik asit ile pasive edilen plakalar üzerinde uygulanan cross-cut testi görüntüleri Şekil 5.19.'da verildi.

Pasivasyon	20 Saniye	40 Saniye	60 Saniye
%1' lik nitrik asit	1NA20	1NA40	1NA60
			
	3NA20	3NA40	3NA60
%3' lik nitrik asit			
	5NA20	5NA40	5NA60
			

Şekil 5.19. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş cross-cut testine ait görüntüleri.

Şekil 5.19.' da görüldüğü üzere; nitrik asit ile pasive edilen plakalar üzerinde uygulanan cross-cut testi bulgularında toz boya kalkmasına rastlanılmadı.

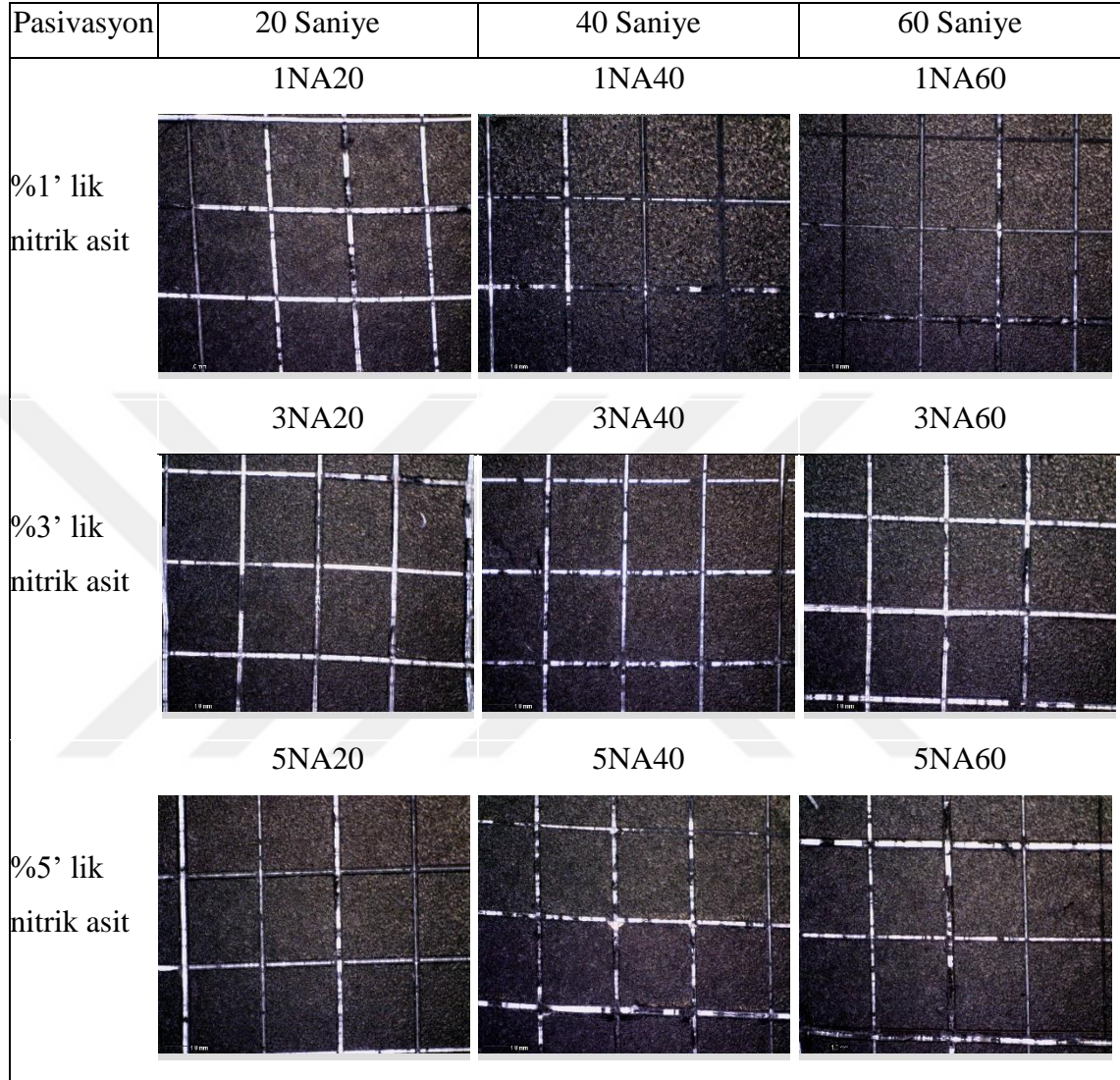
Nitrik asit ile pasive edilen toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su ortamına dayanım testine ait görüntüler şekil 5.20.' de verildi.



Şekil 5.20. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 15x büyütülmüş tuzlu su testine ait görüntüler.

Şekil 5.20. incelendiğinde nitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan tuzlu su ortamına dayanım testinde pasivasyon konsantrasyonunun ve uygulama süresinin artışıyla birlikte toz boyalı numeler üzerinden (1NA60, 3NA40, 3NA60, 5NA40 ve 5NA60) toz boyanın kalktığı görüldü.

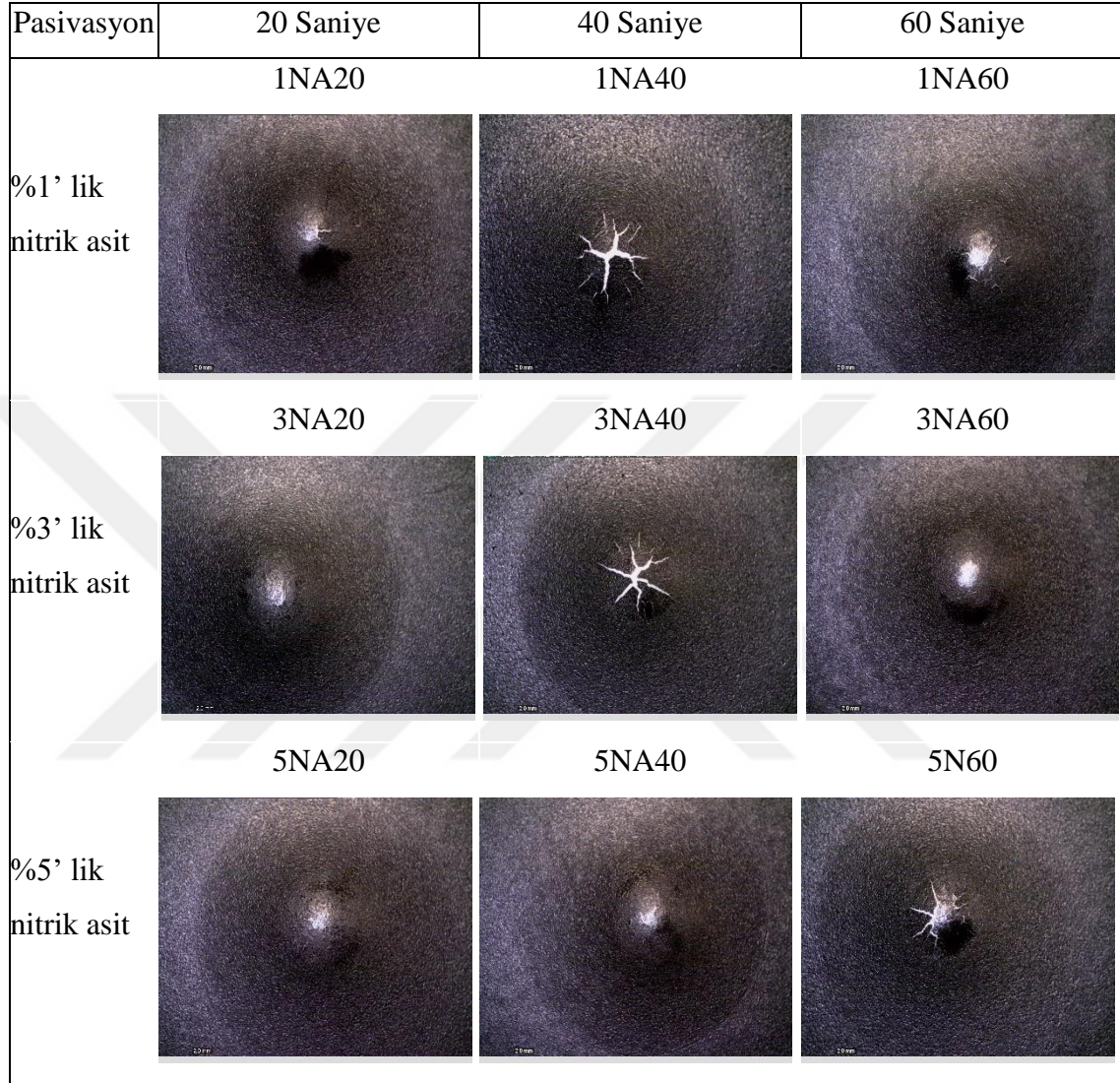
Şekil 5.21.' de nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su ortamına dayanım testine ait görüntüleri verildi.



Şekil 5.21. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 30x büyütülmüş sıcak su testine ait görüntüleri.

Şekil 5.21. incelendiğinde nitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan sıcak su ortamına dayanım testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

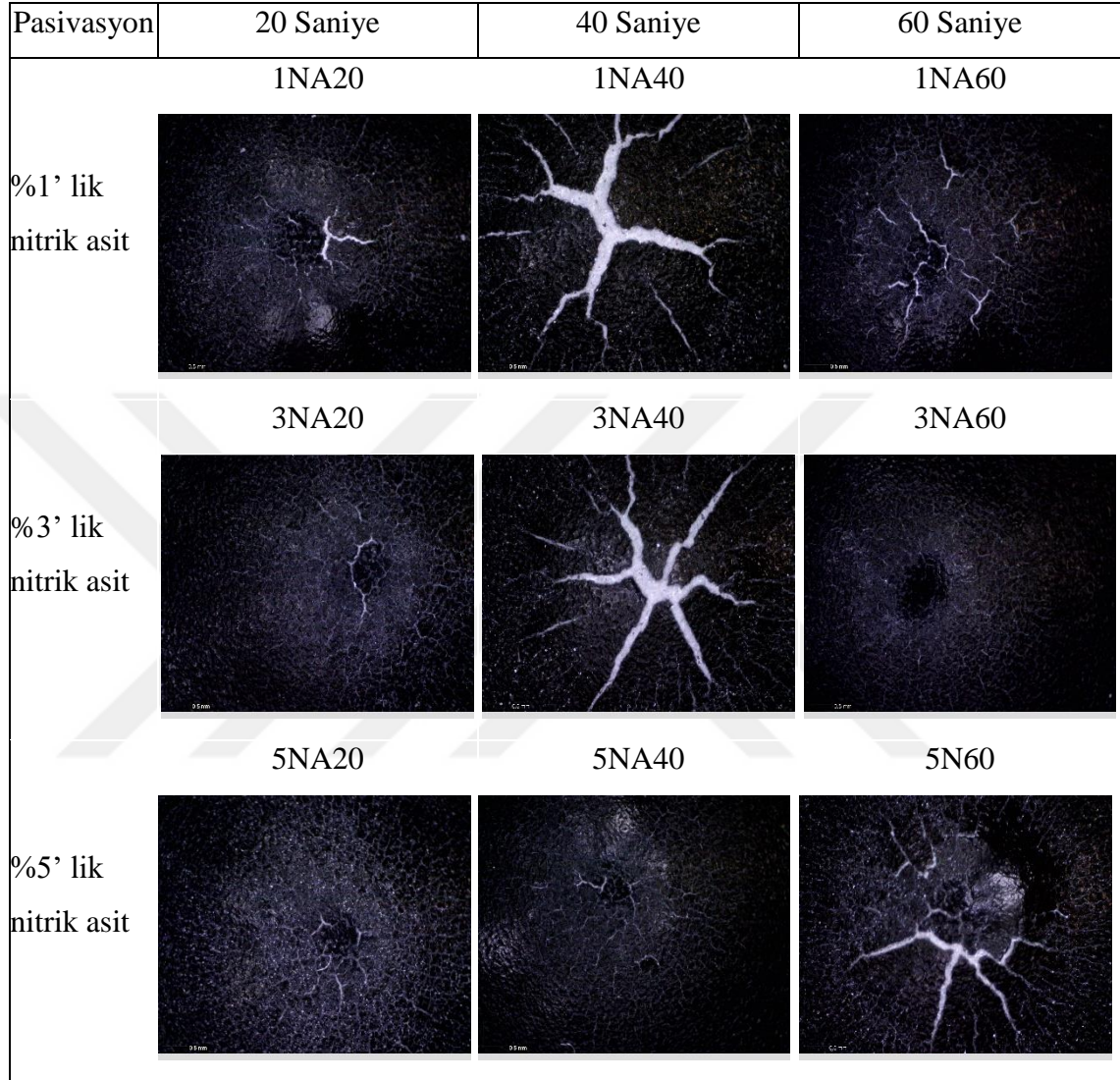
Şekil 5.22.'de nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri gösterildi.



Şekil 5.22. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 18x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

Şekil 5.22. incelendiğinde nitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi bulgularında %1' lik ve %3' lük çözeltinin 40 saniye ve %5' lik çözeltinin 60 saniye ile uygulanan numunelerin (1NA40, 3NA40 ve 5NA60) yüzeyinde toz boyanın gözle görünür çatladığı belirlendi.

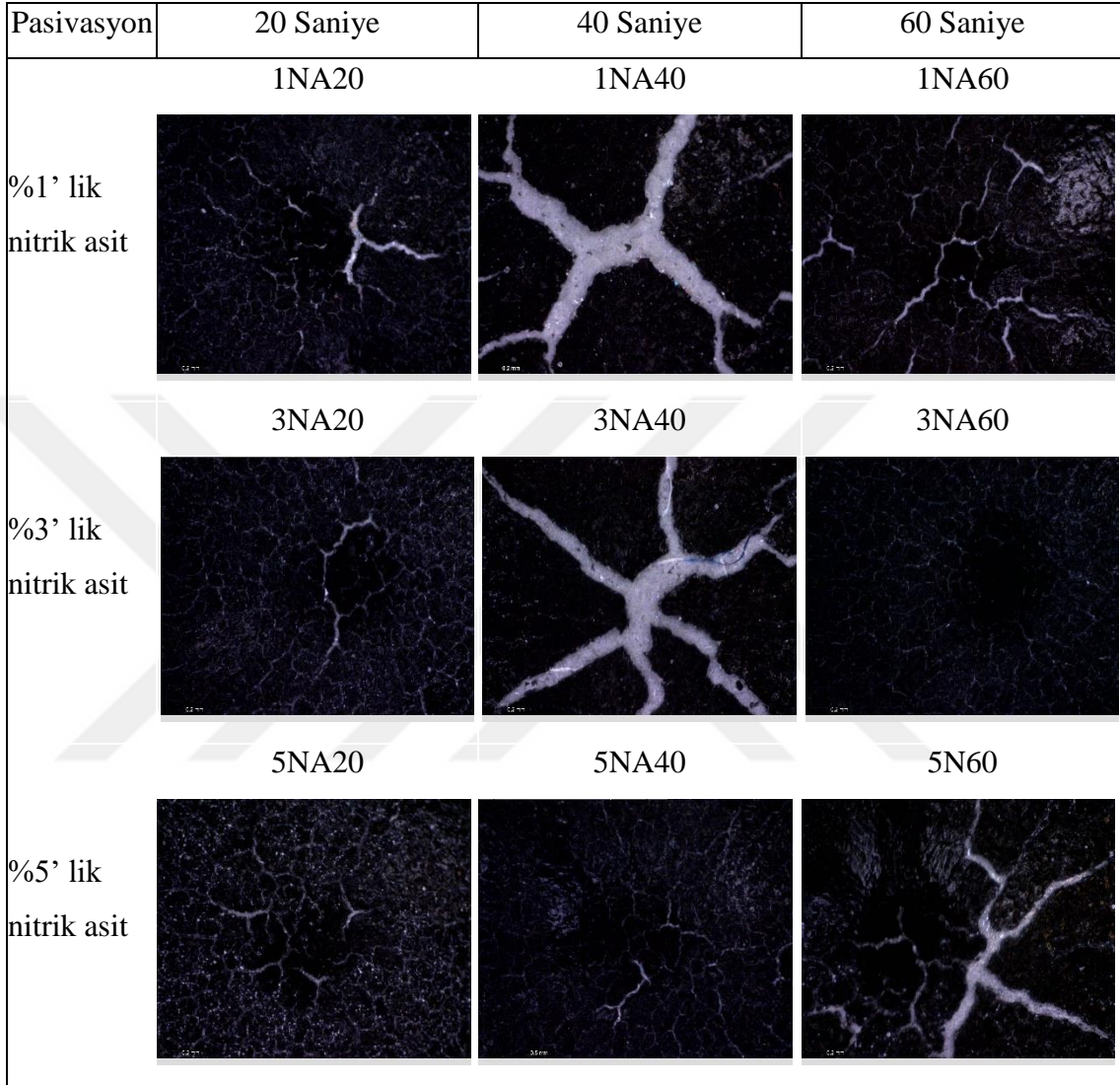
Şekil 5.23.' de nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 5.23. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 60x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

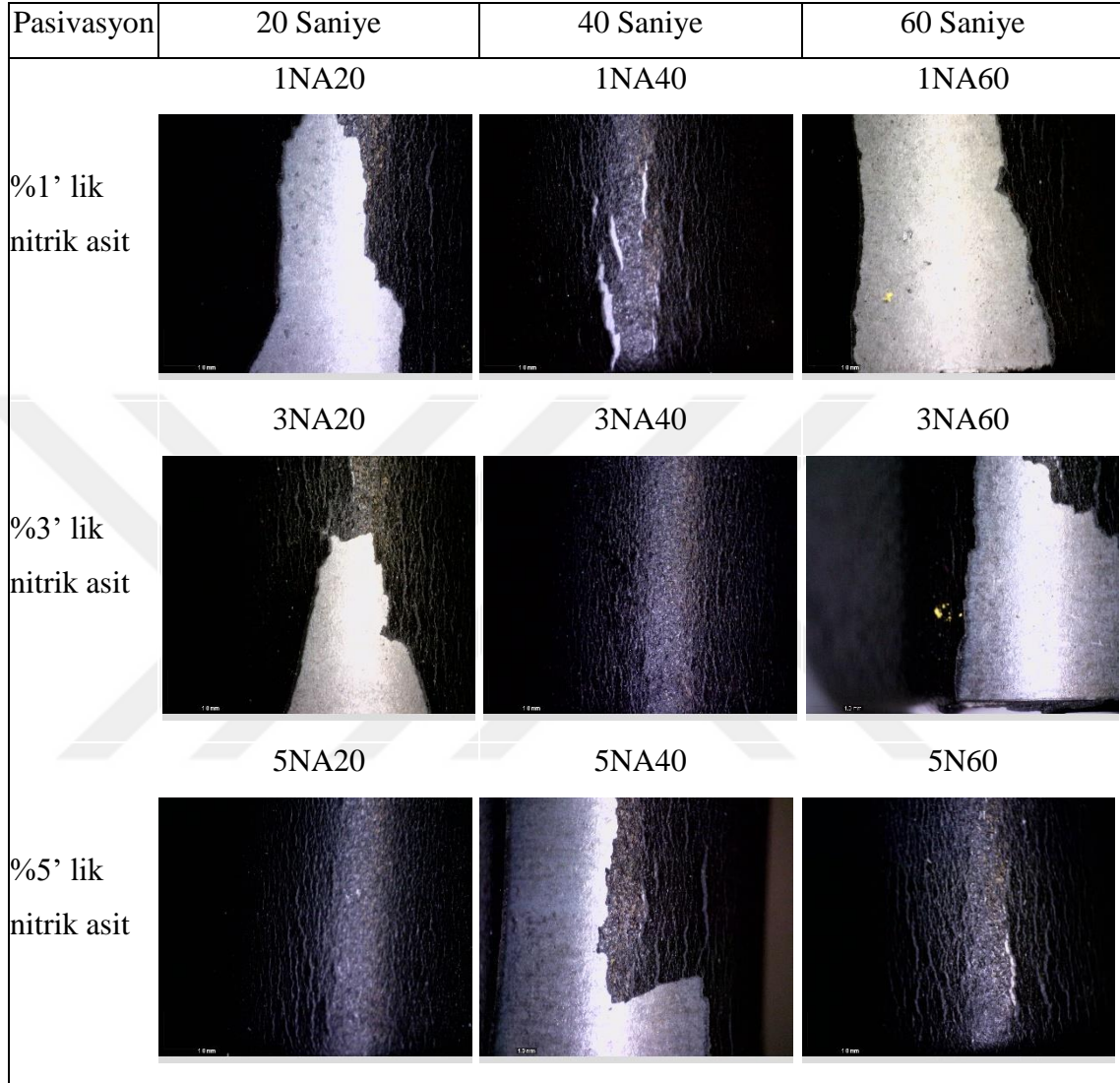
Şekil 5.23.' de görüldüğü üzere; nitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan darbe testi bulgularında 20 saniye boyunca pasive edilen numunelerin (1NA20, 3NA20 ve 5NA20) yüzeyinde çatlak oranının azaldığı görüldü.

Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri şekil 5.24.' te verildi.



Şekil 5.24. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 110x büyütülmüş darbe testine ait görüntüleri.

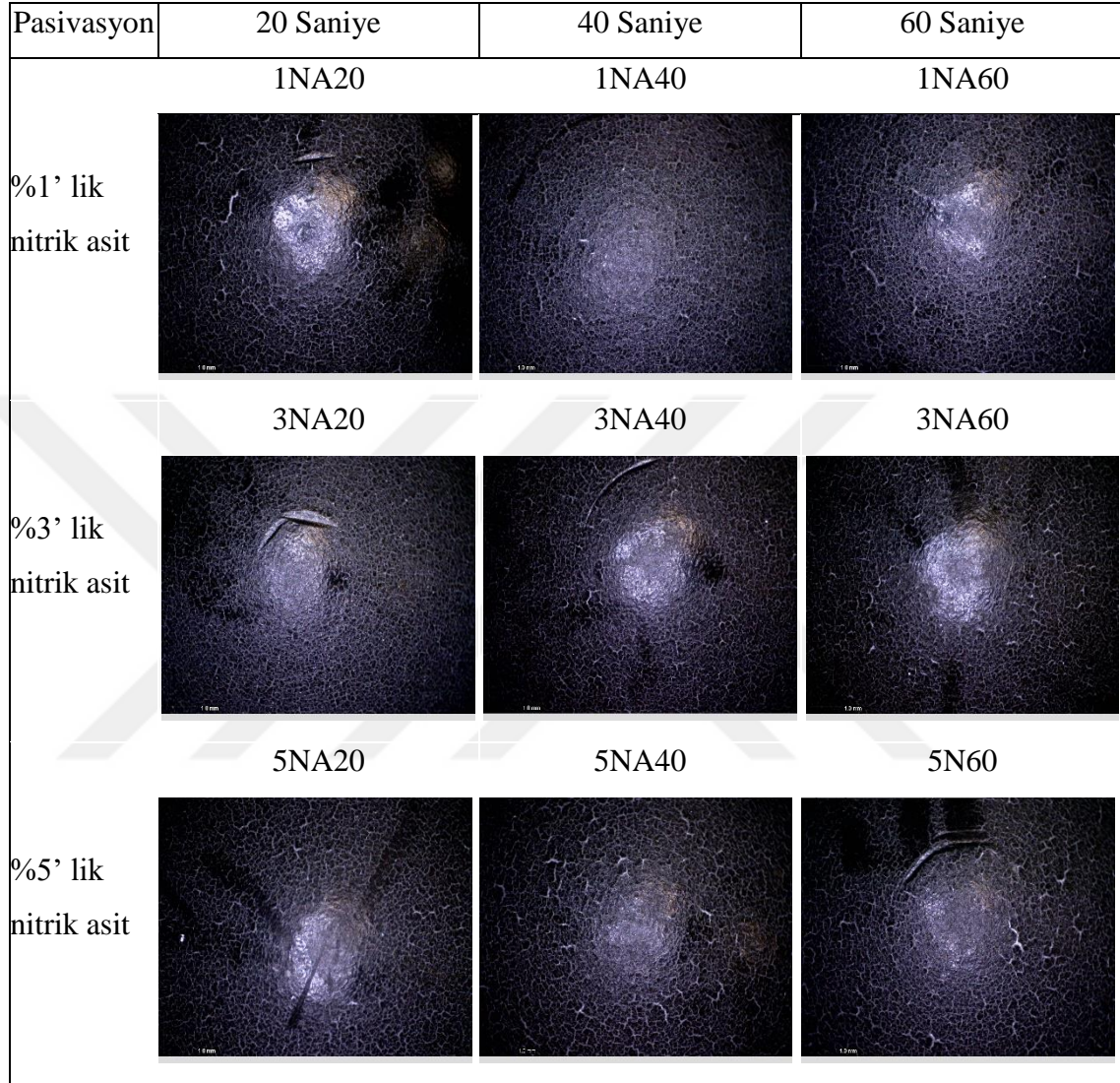
Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler şekil 5.25.' te gösterildi.



Şekil 5.25. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş silindirik bükme testine ait görüntüler.

Şekil 5.25.' de görüldüğü üzere; nitrik asit ile pasive edilen plakaların silindirik bükme performansının kötü olduğu görüldü.

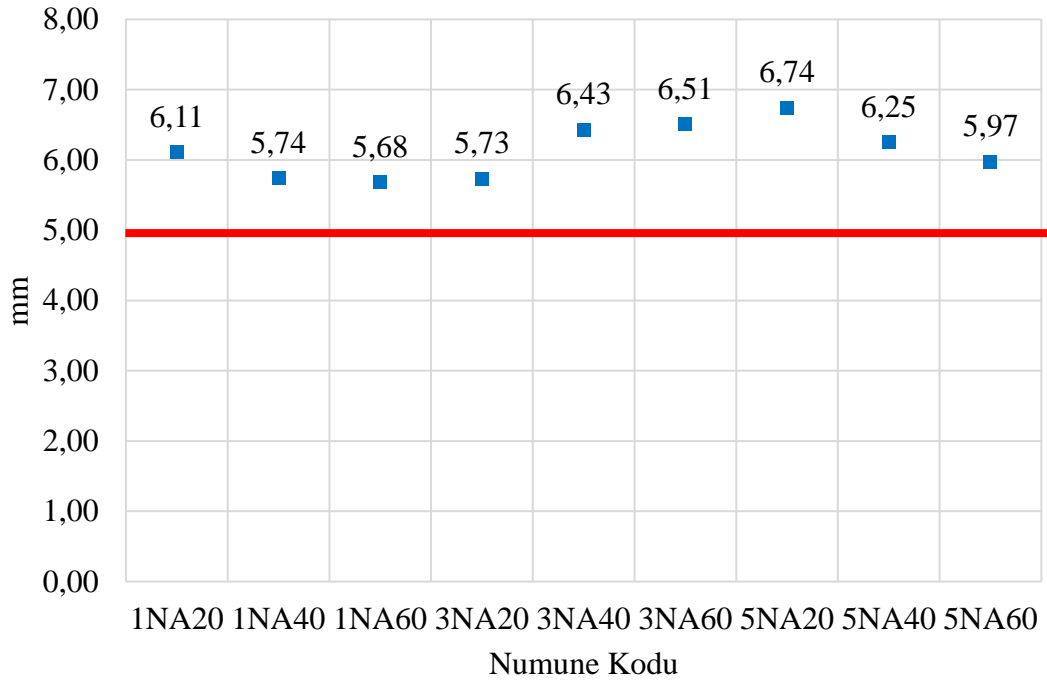
Şekil 5.26.' de nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5.26. Nitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların 40x büyütülmüş cupping testine ait görüntüleri.

Şekil 5.26. incelendiğinde nitrik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan cupping testi bulgularında toz boya kalkması görülmedi.

Nitrik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnç değerlerini gösteren grafik Şekil 5.27.' de verildi.



Şekil 5.27. Nitrik asit ile pasive edilen plakaların cupping direnci değerleri.

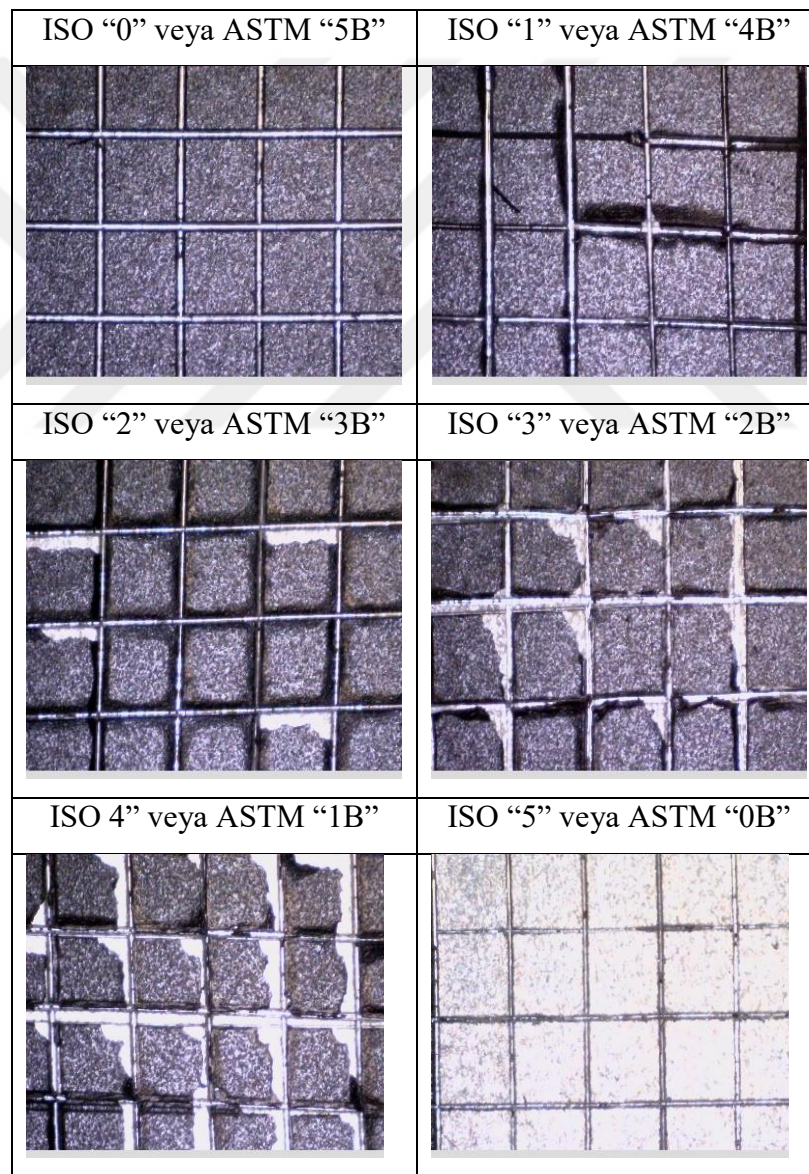
Şekil 5.27.' de görüldüğü üzere; nitrik asit ile pasive edilen numunelere uygulanan cupping testi bulgularında plakaların 5 mm' nin üzerinde çatlama direncine sahip olduğu görüldü.

6. TARTIŞMA VE YORUM

6.1 Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Cross-cut Testi Değerlendirmesi

Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerinde cross-cut testi yapılarak elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliği incelendi.

Şekil 6.1.' de ISO ve ASTM standartlarına göre cross-cut testi değerlendirilmesi verildi. Şekil 6.1.' de verilen cross-cut değerlendirilmesi Çizelge 4.5.' te verilen sınıflandırma tablosuna göre hazırlandı.



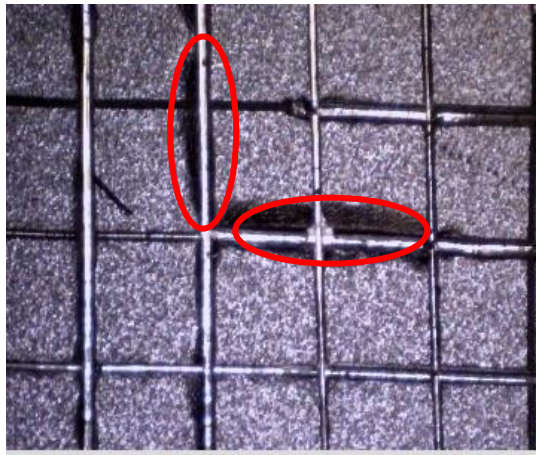
Şekil 6.1. ISO ve ASTM standartlarına göre cross-cut testi değerlendirilmesine ait fotoğraf.

Çizelge 6.1.' de formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerinde yapılan cross-cut testi değerlendirilmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.1. Formik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların cross-cut testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1FA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
1FA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
1FA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3FA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3FA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3FA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5FA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5FA40	ISO "1" / ASTM "4B"	Başarılı
5FA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı

Şekil 6.2' de 5FA40 numunesinin kafes yapısında oluşan pullanma sebebiyle ISO "1" / ASTM "4B" olarak değerlendirilmesine ait görüntüsü verildi. Pullanma etkisinin toplam alanı %5' ten küçük olduğu görüldü.



Şekil 6.2. 5FA40 numunesinin kafes yapısında oluşan pullanma etkisine ait görüntü.

Formik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kuru yapışma adezyon etkinliğinin oldukça iyi olduğu görüldü. Formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların kafes yapısında boya kalkması görülmedi.

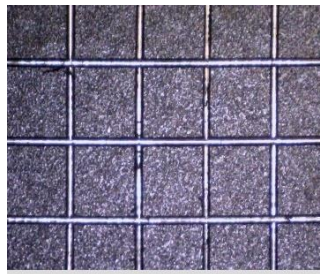
Çizelge 6.2.’ de sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların üzerinde yapılan cross-cut testi değerlendirmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.2. Sitrik asit ile pasive edilmiş toz boyalı galvaniz sacların cross-cut testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1SA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
1SA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
1SA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3SA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3SA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3SA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5SA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5SA40	ISO “0” / ASTM “ 4B”	Başarılı
5SA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı

Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kuru yapışma adezyon etkinliğinin oldukça iyi olduğu görüldü. Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kafes yapısında pullanma veya boya kalkması görülmedi.

Şekil 6.3.’ te ISO “0” / ASTM “5B “ olarak değerlendirilen 5SA20 numunesine ait görüntü verildi.



Şekil 6.3. ISO “0” / ASTM “5B” olarak değerlendirilen 5SA20 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.

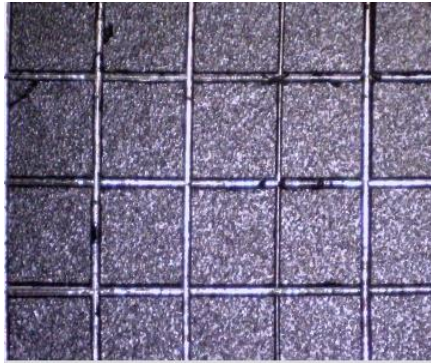
Çizelge 6.3.' de nitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların üzerinde yapılan cross-cut testi değerlendirilmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.3. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cross-cut testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1NA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
1NA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
1NA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3NA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3NA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3NA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5NA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5NA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5NA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı

Nitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kuru yapışma adezyon etkinliğinin oldukça iyi olduğu görüldü. Nitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların kafes yapısında pullanma veya boya kalkması görülmedi.

Şekil 6.4.' te ISO "0" / ASTM "5B " olarak değerlendirilen 3NA20 numunesine ait görüntü verildi.



Şekil 6.4. ISO "0" / ASTM "5B" olarak değerlendirilen 3NA20 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.

6.2. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Tuzlu Su Ortamına Dayanım Testi Değerlendirmesi

Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen toz boya kaplı plakalar 72 saat tuzlu su ortamında bekletildi. Oda şartlarında kurutulan numuneler üzerinde cross-cut testi yapılarak elektrostatik toz boyanın korozif ortamda metal yüzeyine olan yapışma etkinliği incelendi.

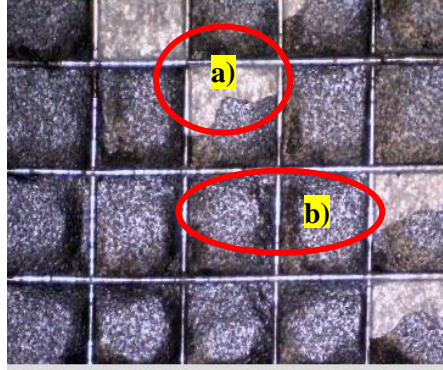
Çizelge 6.4.' te formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların tuzlu su ortamı dayanımı üzerinde yapılan cross-cut testi değerlendirilmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.4. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların tuzlu su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1FA20	ISO "1" / ASTM "4B"	Başarılı
1FA40	ISO "2" / ASTM "3B"	Başarılı
1FA60	ISO "1" / ASTM "4B"	Başarılı
3FA20	ISO "1" / ASTM "4B"	Başarılı
3FA40	ISO "3" / ASTM "2B"	Başarısız
3FA60	ISO "2" / ASTM "3B"	Başarılı
5FA20	ISO "1" / ASTM "4B"	Başarılı
5FA40	ISO "3" / ASTM "2B"	Başarısız
5FA60	ISO "4" / ASTM "5B"	Başarısız

Formik asit ile pasive edilen plakalarda pasivasyon uygulama süresinin adezyon etkinliğini olumsuz etkilediği görüldü. %1' lik formik asit çözeltisi ile pasive edilen plakaların adezyon etkinliğinin iyi olduğu ve korozyon direncinin iyi olduğu görüldü. Pasivasyon süresinin 20 saniye olduğu şartlarda adezyon etkinliğinin ve korozyon direncinin iyi olduğu görüldü. Pasivasyon süresinin artması pullanma ve boya kalkmasına sebep olduğu görüldü.

Şekil 6.5. ' te ISO "3" / ASTM "2B" olarak değerlendirilen 5FA40 numunesinde tuzlu su dayanım testi sonrası meydana gelen boya kalkması ve pullanma görüntüsü verildi.



Şekil 6.5. 5FA40 numunesinin kafes yapında oluşan a)boya kalkması b)pullanma etkisine ait görüntü.

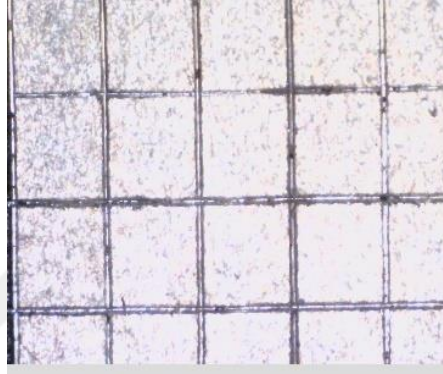
Çizelge 6.5.' te sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların tuzlu su ortamı dayanımı üzerinde yapılan cross-cut testi değerlendirmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.5. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların tuzlu su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1SA20	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
1SA40	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
1SA60	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
3SA20	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
3SA40	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
3SA60	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
5SA20	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
5SA40	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız
5SA60	ISO "5" / ASTM "0B"	Başarısız

Sitrik asit ile pasive edilen plakaların korozyon direncinin oldukça zayıf olduğu görüldü. Elektrostatik toz boyanın metal yüzeyinden tamamen kalkması dolayısıyla korozif ortamlara uyum sağlayacak bir kaplama olmadığını gösterdi.

Şekil 6.6.' da ISO "5" / ASTM "0B" olarak değerlendirilen 3SA60 numunesinde tuzlu su dayanım testi sonrası meydana gelen boya kalkması görüntüsü verildi.



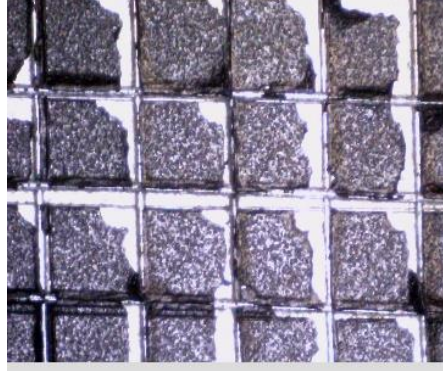
Şekil 6.6. ISO "5" / ASTM "0B" olarak değerlendirilen 3SA60 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.

Çizelge 6.6.' da nitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların tuzlu su ortamı dayanımı üzerinde yapılan cross-cut testi değerlendirmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.6. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların tuzlu su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1NA20	ISO "0" / ASTM " 5B"	Başarılı
1NA40	ISO "0" / ASTM " 5B"	Başarılı
1NA60	ISO "2" / ASTM " 3B"	Başarılı
3NA20	ISO "1" / ASTM " 4B"	Başarılı
3NA40	ISO "1" / ASTM " 4B"	Başarılı
3NA60	ISO "3" / ASTM " 2B"	Başarısız
5NA20	ISO "0" / ASTM " 5B"	Başarılı
5NA40	ISO "3" / ASTM " 0B"	Başarısız
5NA60	ISO "4" / ASTM " 0B"	Başarısız

Şekil 6.7.' de ISO "4" / ASTM "1B" olarak değerlendirilen 5NA60 numunesine ait cross-cut testi görüntüsü verildi.



Şekil 6.7. ISO "4" / ASTM "1B" olarak değerlendirilen 5NA60 numunesine ait cross-cut testi görüntüsü.

Nitrik asit ile pasive edilen plakalarda sürenin ve konsantrasyonun artışı adezyon etkinliğini genel olarak olumsuz etkilediği görüldü. Özellikle artan uygulama süresi ile birlikte plakaların yüzeyinden boyanın kalktığı görüldü. Bu sebeple nitrik asit ile galvaniz sac kaplama şartları çok sınırlı ve optimizasyonunun zor olduğu tespit edildi

6.3. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Sıcak Su Ortamına Dayanım Testi Değerlendirmesi

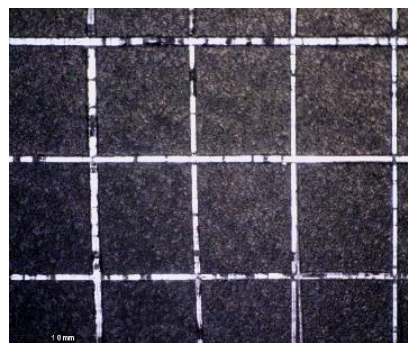
Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen toz boya kaplı plakalar 2 saat 60°C' deki su ortamında bekletildi. Oda şartlarında kurutulan numuneler üzerinde cross-cut testi yapılarak elektrostatik toz boyanın sıcak su ortamında metal yüzeyine olan yapışma etkinliği incelendi.

Çizelge 6.7.' te formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların sıcak su ortamında dayanımı üzerine yapılan cross-cut testi değerlendirilmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.7. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların sıcak su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1FA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
1FA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
1FA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3FA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3FA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
3FA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5FA20	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5FA40	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı
5FA60	ISO "0" / ASTM "5B"	Başarılı

Şekil 6.8.' da ISO "5" / ASTM "0B" olarak değerlendirilen 1FA60 numunesinin görüntüsü verildi.



Şekil 6.8. ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 1FA60 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.

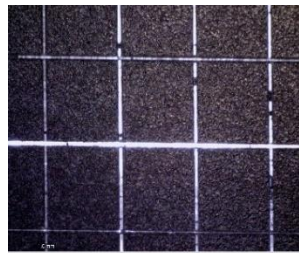
Formik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların sıcak su ortamında elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin oldukça iyi olduğu görüldü. Formik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kafes yapısında pullanma veya boya kalkması görülmedi.

Çizelge 6.8.’ de sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların sıcak su ortamında dayanımı üzerine yapılan cross-cut testi değerlendirmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.8. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların sıcak su ortamına dayanım testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1SA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
1SA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
1SA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3SA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3SA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3SA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5SA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5SA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5SA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı

Şekil 6.9.’ da ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3SA20 numunesinin görüntüsü verildi.



Şekil 6.9. ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3SA20 numunesine ait cross cut testi görüntüsü.

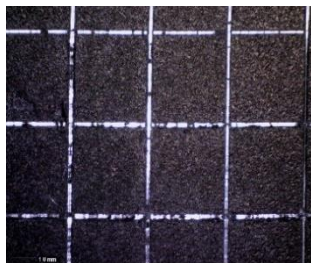
Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların sıcak su ortamında elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin oldukça iyi olduğu görüldü. Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kafes yapısında pullanma veya boya kalkması görülmedi.

Çizelge 6.9.’ da nitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların sıcak su ortamında dayanımı üzerine yapılan cross-cut testi değerlendirmesine ait tablo verildi.

Çizelge 6.9. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların sıcak su ortamına dayanım testi değerlendirmesi.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1NA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
1NA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
1NA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3NA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3NA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
3NA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5NA20	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5NA40	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı
5NA60	ISO “0” / ASTM “ 5B”	Başarılı

Şekil 6.10.’ da ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3NA40 numunesinin görüntüsü verildi.



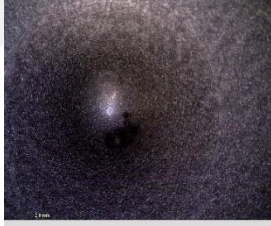

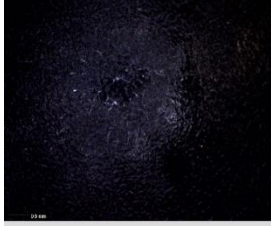

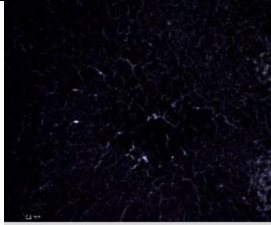

Şekil 6.10. ISO “5” / ASTM “0B” olarak değerlendirilen 3NA40 numunesine ait cross cut testi görüntüsü

Nitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların sıcak su ortamında elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin oldukça iyi olduğu görüldü. Nitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların kafes yapısında pullanma veya boya kalkması görülmedi.

6.4. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Darbe Testi Değerlendirmesi

Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen toz boya kaplı plakalar üzerine EN ISO 6272-1 standartlarına göre 1kg ağırlığında ve Ø20 mm çapındaki cisim 250mm yükseklikten bırakılarak metal yüzeyinin deforme edilmesi yöntemiyle toz boyanın yapışma etkinliği incelendi.

Şekil 6.11.' da farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilmiş elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerine yapılan darbe testinin değerlendirme görüntüsü verildi.

Başarılı Örnekler	Başarısız Örnekler
18x Büyültme	18x Büyültme
	
60x Büyültme	60x Büyültme
	
110x Büyültme	110x Büyültme
	

Şekil 6.11. Darbe testi sonuçlarının değerlendirilmesine ait görüntü.

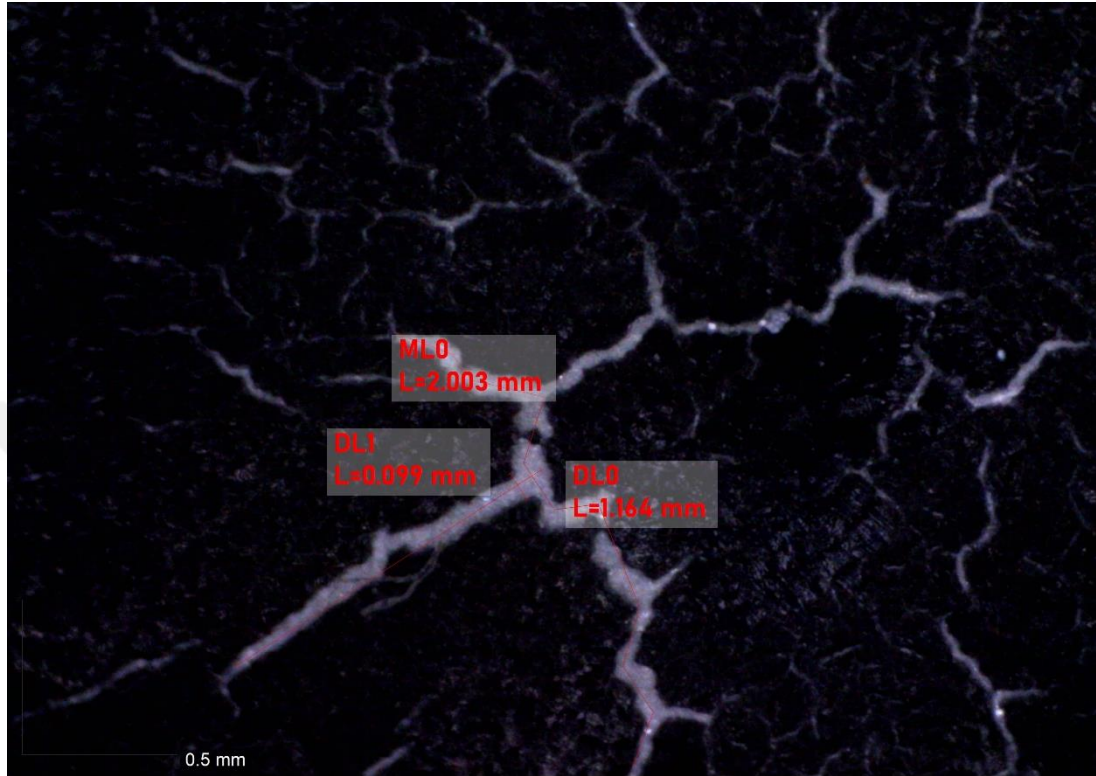
Çizelge 6.10.' da formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların darbe testinin değerlendirme sonucu verildi.

Çizelge 6.10. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların darbe testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Sonuç
1FA20	Başarılı
1FA40	Başarılı
1FA60	Başarılı
3FA20	Başarılı
3FA40	Başarılı
3FA60	Başarılı
5FA20	Başarılı
5FA40	Başarısız
5FA60	Başarısız

Formik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların darbe testinde elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin %1' lik ve %3' lük çözeltilerinde oldukça iyi olduğu görüldü. Formik ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların deforme olan yapısında boya kalkması görülmedi. 5FA40 ve 5FA60 numunelerinde çatlak boyunun ve derinliğinin arttığı görüldü.

Şekil 6.12.' de 5FA60 numunesinin çatlak uzunluğu ve çatlak genişliğine ait görüntü verildi.



Şekil 6.12. Başarılı olarak değerlendirilen 5FA60 numunesine ait darbe testi sonucu oluşan çatlakların çapı ve genişliğine ait görüntü.

Şekil 6.12.' de 5FA60 numunesine ait darbe testinde çatlak boyu 2,00 mm ile 1,16 mm arasında değişen ve çatlak genişliği 0,1mm olarak ölçüldü.

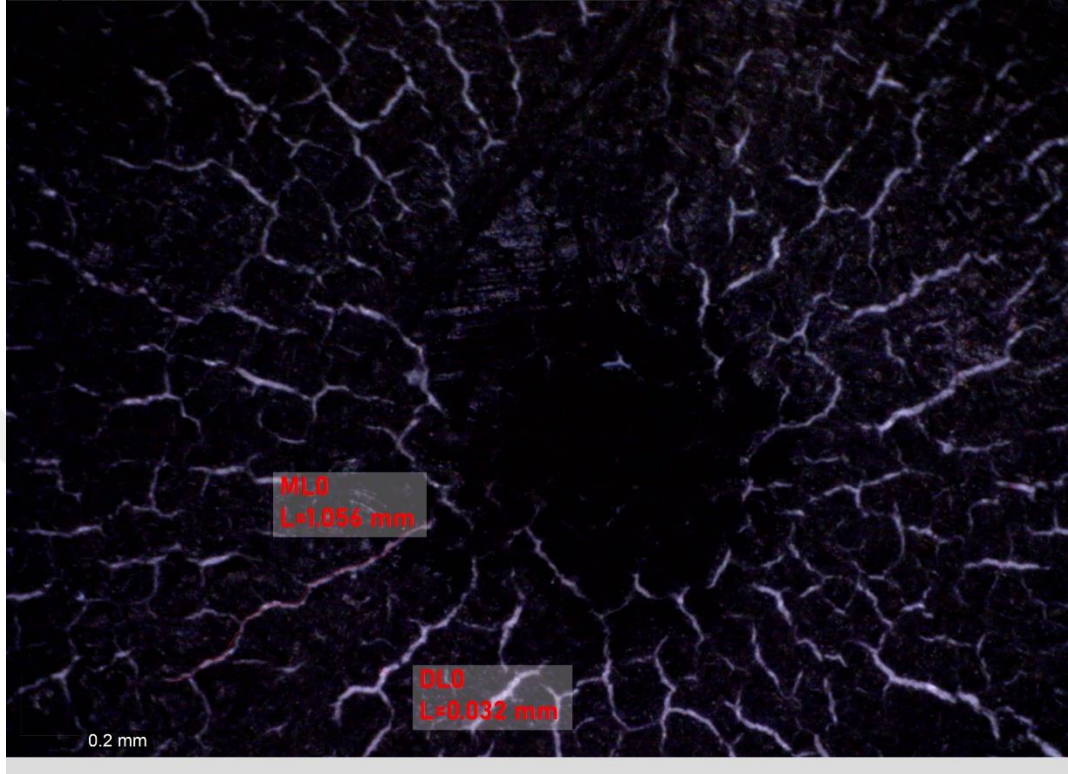
Çizelge 6.11.' da sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların darbe testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.11. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların darbe testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Sonuç
1SA20	Başarılı
1SA40	Başarılı
1SA60	Başarılı
3SA20	Başarılı
3SA40	Başarılı
3SA60	Başarılı
5SA20	Başarılı
5SA40	Başarılı
5SA60	Başarılı

Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların darbe testinde elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin %1' lik, %3' lük ve %5' lik çözeltilerinde oldukça iyi olduğu görüldü. Sitrik ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların deforme olan yapısında boya kalkması görülmedi.

Şekil 6.13.' de 5SA40 numunesinin çatlak uzunluğu ve çatlak genişliğine ait görüntü verildi.



Şekil 6.13. Başarılı olarak değerlendirilen 5SA40 numunesine ait darbe testi sonucu oluşan çatlakların çapı ve genişliğine ait görüntü.

Şekil 6.13.' de 5SA40 numunesine ait darbe testinde çatlak boyu 1,05 mm ve çatlak derinliği 0,03mm olarak ölçüldü.

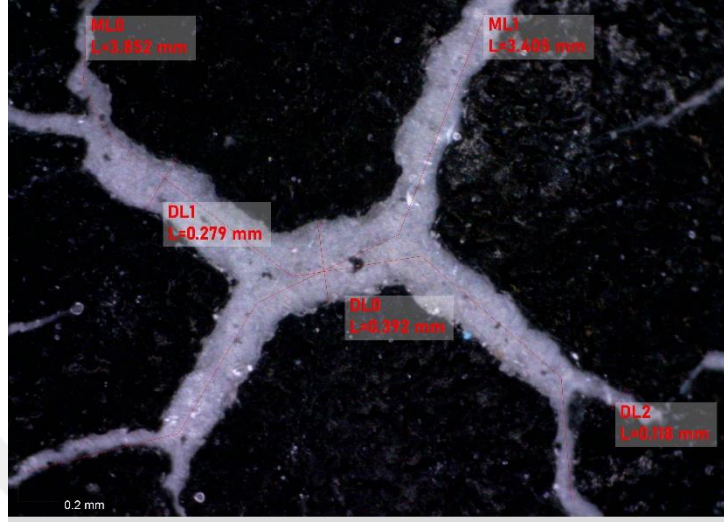
Çizelge 6.12.' da sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların darbe testinin değerlendirme sonucu verildi.

Çizelge 6.12. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların darbe testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Sonuç
1NA20	Başarılı
1NA40	Başarısız
1NA60	Başarılı
3NA20	Başarılı
3NA40	Başarısız
3NA60	Başarılı
5NA20	Başarılı
5NA40	Başarılı
5NA60	Başarısız

Nitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların darbe testinde elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin 20 saniye uygulama süresinde iyi olduğu görüldü. 40 saniyelik uygulama süresinde 1NA40 ve 3NA40 numuneleri başarısız olduğu görüldü. 60 saniyelik uygulama süresinde ise 5NA60 numunesinin başarısız olduğu görüldü.

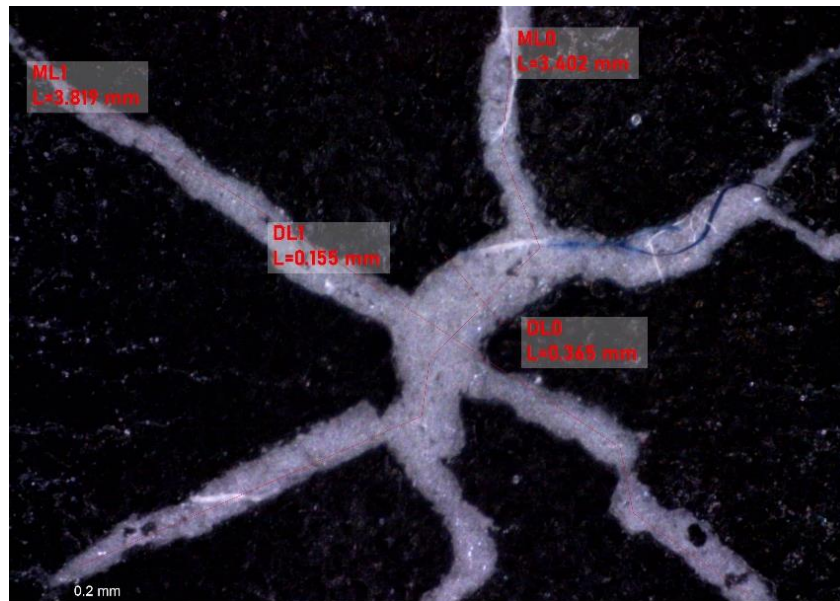
Şekil 6.14.' te 1NA40 numunesinin çatlak uzunluğu ve çatlak genişliğine ait görüntüsü verildi.



Şekil 6.14. Başarısız olarak değerlendirilen 1NA40 numunesine ait darbe testi görüntüsü.

Şekil 6.14.' te 1NA40 numunesine ait darbe testinde çatlak boyu 3,85 mm ile 3,41 mm arasında değişen ve çatlak derinliği 0,118 mm ile 0,392 mm arasında olarak ölçüldü.

Şekil 6.15.' te 3NA40 numunesinin çatlak uzunluğu ve çatlak genişliğine ait görüntüsü verildi.







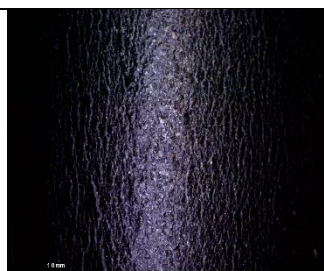

Şekil 6.15. Başarısız olarak değerlendirilen 3NA40 numunesine ait darbe testi görüntüsü.

Şekil 6.15.' te 3NA40 numunesine ait darbe testinde çatlak boyu 3,82 mm ile 3,40 mm arasında değişen ve çatlak derinliği 0,155 mm ile 0,365 mm arasında olarak ölçüldü.

6.5. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Silindirik Bükme Testi Değerlendirmesi

Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen toz boya kaplı plakalar EN ISO 1519 standartlarına Ø5 mm çapındaki cisim mandrel etrafında bükülerek elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliği incelendi.

Şekil 6.16.' da farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilmiş elektrostatik toz boya kaplı plakalar üzerine yapılan darbe testinin değerlendirme görüntüsü verildi.

Başarılı Örnekler	Başarısız Örnekler
40x Büyültme	40x Büyültme
	
	
	

Şekil 6.16. Darbe testi sonuçlarının değerlendirilmesine ait örnek görüntü.

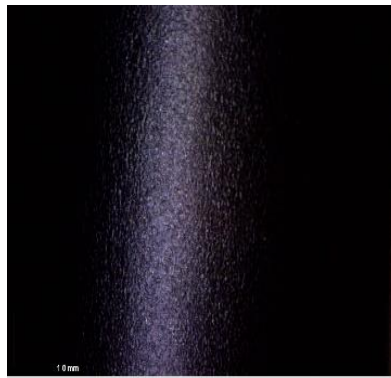
Çizelge 6.13.' da formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların silindirik bükme testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.13. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların silindirik bükme testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Sonuç
1FA20	Başarılı
1FA40	Başarılı
1FA60	Başarılı
3FA20	Başarılı
3FA40	Başarılı
3FA60	Başarılı
5FA20	Başarılı
5FA40	Başarılı
5FA60	Başarılı

Formik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların darbe testinde elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin %1' lik, %3' lük ve %5' lik çözeltilerinde oldukça iyi olduğu görüldü. Formik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların deforme olan yapısında boya kalkması görülmedi.

Şekil 6.17.' da başarılı olarak değerlendirilen 3FA20 numunesinin görüntüsü verildi.



Şekil 6.17. Başarılı olarak değerlendirilen 3FA20 numunesinin silindirik bükme testine ait görüntüsü.

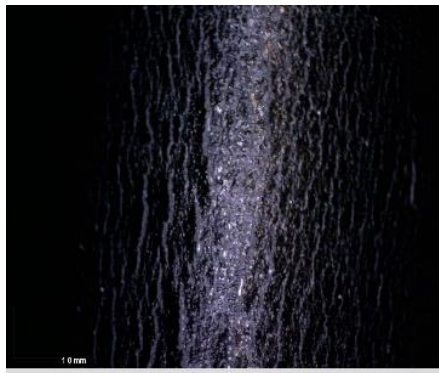
Çizelge 6.14.' da sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların silindirik bükme testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.14. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların silindirik bükme testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Sonuç
1SA20	Başarılı
1SA40	Başarılı
1SA60	Başarılı
3SA20	Başarılı
3SA40	Başarılı
3SA60	Başarılı
5SA20	Başarılı
5SA40	Başarısız
5SA60	Başarısız

Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların darbe testinde elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin %1' lik ve %3' lük çözeltilerinde iyi olduğu görüldü. %5' lik Sitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların deforme olan yapısında boya çatlaması görüldü.

Şekil 6.18.' de başarısız olarak değerlendirilen 5SA60 numunesinin görüntüsü verildi.



Şekil 6.18. Başarısız olarak değerlendirilen 5SA60 numunesinin silindirik bükme testine ait görüntüsü.

Çizelge 6.15.' da sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların silindirik bükme testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.15. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların silindirik bükme testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Sonuç
1NA20	Başarısız
1NA40	Başarısız
1NA60	Başarısız
3NA20	Başarısız
3NA40	Başarılı
3NA60	Başarısız
5NA20	Başarılı
5NA40	Başarısız
5NA60	Başarısız

Nitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların darbe testinde elektrostatik toz boyanın metal yüzeyine yapışma etkinliğinin %1' lik, %3' lük ve %5' lik çözeltilerinde kötü olduğu görüldü. Nitrik asit ile pasive edilen toz boya kaplı plakaların deforme olan yapısında boya kalkması görüldü.

Şekil 6.19.' de başarısız olarak değerlendirilen 5NA40 numunesinin görüntüsü verildi.



Şekil 6.19. Başarısız olarak değerlendirilen 5NA40 numunesinin silindirik bükme testine ait görüntüsü.

6.6. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Cupping Testi Değerlendirmesi

Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen toz boya kaplı plakalar EN ISO 1520 standartlarına Ø5 mm göre 0,2mm/s adım hızıyla yapılan batma testinde metal yüzeyine tutunmuş olan toz boyanın çatlama direnci sayısal ve görüntüsel olarak incelendi.

Değerlendirme: 5 mm üzerinde çatlama direncine sahip olan numune başarılıdır.

Çizelge 6.16.' da formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların cupping testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.16. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cupping testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1FA20	7,08	Başarılı
1FA40	6,49	Başarılı
1FA60	6,71	Başarılı
3FA20	6,87	Başarılı
3FA40	6,11	Başarılı
3FA60	6,26	Başarılı
5FA20	6,68	Başarılı
5FA40	6,47	Başarılı
5FA60	6,87	Başarılı

Formik asit ile pasive edilen plakaların batma direncinin 6,5mm~7mm düzeyinde olduğu görüldü. Formik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan cupping testi tüm numunelerde başarılıdır.

Çizelge 6.17.' da sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların cupping testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.17. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cupping testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1SA20	6,91	Başarılı
1SA40	6,53	Başarılı
1SA60	6,42	Başarılı
3SA20	6,32	Başarılı
3SA40	6,63	Başarılı
3SA60	6,31	Başarılı
5SA20	6,55	Başarılı
5SA40	6,32	Başarılı
5SA60	6,21	Başarılı

Sitrik asit ile pasive edilen plakaların batma direncinin ~6,5mm düzeyinde olduğu görüldü. Sitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan cupping testi tüm numunelerde başarılıdır.

Çizelge 6.18.' da nitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların cupping testinin değerlendirilme sonucu verildi.

Çizelge 6.18. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı galvaniz sacların cupping testi değerlendirme sonuçları.

Numune Kodu	Değerlendirme	Sonuç
1NA20	6,11	Başarılı
1NA40	5,74	Başarılı
1NA60	5,68	Başarılı
3NA20	5,73	Başarılı
3NA40	6,43	Başarılı
3NA60	6,51	Başarılı
5NA20	6,74	Başarılı
5NA40	6,25	Başarılı
5NA60	5,97	Başarılı

Çizelge 6.18. incelendiğinde nitrik asit ile pasive edilen plakaların batma direncinin 5,5~6,5mm düzeyinde olduğu görüldü. Nitrik asit ile pasive edilen plakalara uygulanan cupping testi tüm numunelerde başarılıdır.

6.4. Farklı Asitlerle Pasive Edilmiş Plakaların Sprey Tuz Testi Değerlendirmesi

Farklı asitler (formik asit, sitrik asit ve nitrik asit) ile pasive edilen toz boya kaplı plakalar EN ISO 9227 standartlarına uygun olarak 240 saat boyunca sprej tuz testine maruz bırakıldı.

Çizelge 6. 19.' da formik asit ile pasive edile elektrostatik toz boya kaplı 3FA20 numunesinin sprej tuz testinin değerlendirme sonucu verildi.

Çizelge 6.19. Formik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı 3FA20 numunesinin sprej tuz testi değerlendirme sonuçları.

Test	Spek	Standart	Formik Asit	Sonuç
Kabarcıklanma	<2S2	ISO 4628-2	0S0	Başarılı
Paslanma	<Ri2	ISO 4628-3	Ri:0	Başarılı
Korozyon Derecesi	3mm	ISO 4628-8	2,03 mm	Başarılı

Formik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı 3FA20 numunesinin kabarcıklanma değeri ISO 4628-2, paslanma değeri ISO 4628-3 ve kabarcıklanma derecesi ISO 4628-8 standartlarına göre başarılı sonuç verdiği görüldü.

Çizelge 6. 20.'de sitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı 3SA20 numunesinin spreylü tuz testinin değerlendirme sonucu verildi.

Çizelge 6.20. Sitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı 3SA20 numunesinin spreylü tuz testi değerlendirme sonuçları.

Test	Spek	Standart	Formik Asit	Sonuç
Kabarcıklanma	<2S2	ISO 4628-2	0S0	Başarılı
Paslanma	<Ri2	ISO 4628-3	Ri:0	Başarılı
Korozyon Derecesi	3mm	ISO 4628-8	3,09 mm	Başarısız

Sitrik asit ile pasive edile elektrostatik toz boya kaplı 3SA20 numunesinin kabarcıklanma değeri ISO 4628-2 ve paslanma değeri ISO 4628-3 standartlarına göre başarılı fakat korozyon derecesi ISO 4628-8 standartlarına göre başarısız sonuç verdiği görüldü.

Çizelge 6. 21.' de Nitrik asit ile pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı 3NA20 numunesinin sprej tuz testinin değerlendirme sonucu verildi.

Çizelge 6.21. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boyalı 3NA20 numunesinin sprej tuz testi değerlendirme sonuçları.

Test	Spek	Standart	Formik Asit	Sonuç
Kabarcıklanma	<2S2	ISO 4628-2	0S0	Başarılı
Paslanma	<Ri2	ISO 4628-3	Ri:0	Başarılı
Korozyon Derecesi	3mm	ISO 4628-8	1,23 mm	Başarılı

Nitrik asit ile pasive edile elektrostatik toz boya kaplı 3NA20 numunesinin kabarcıklanma değeri ISO 4628-2, paslanma değeri ISO 4628-3 ve korozyon derecesi ISO 4628-8 standartlarına göre başarılı sonuç verdiği görüldü.

7. SONUÇLAR

Formik asit ile pasive edilen galvaniz saclardan 3FA20 numunesi, kütle/hacimce %3' lük ve 20 saniye uygulama süresi ile elde edilmiş en iyi numune olup, 3FA20 plakasının üzerine yapılan testlerde (cross-cut testi, sıcak su ortamına dayanım testi , tuzlu su ortamına dayanım testi, darbe testi, silindirik bükme testi ve cupping testi) oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Formik asit ile pasive edilmiş ve elektrostatik toz boya kaplı galvaniz saclar, sıcak su ortamlarında çalışan parçalarda, tuzlu su ortamlarında çalışan parçalarda dekoratif amaçlı kullanılan ve şekil verilen parçalarda, yüklem-boşaltma şeklinde çalışan iş parçalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Formik asit ile pasive edilmiş plakaların test sonuçları sitrik asit ve nitrik asitten daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. Endüstriyel olarak kullanımı açısından ise formik asit piyasada kolaylıkla bulunabilmektedir. Uygulama açısından düşük konsantrasyonlarda oldukça etkili sonuçlar vermiştir.

Sitrik asit ile pasive edilmiş galvaniz sacların korozif ortamlarda oldukça dirençsiz olduğu görülmüştür. Korozif ortamlardaki kullanımında çok kısa sürede elektrostatik toz boya korozif etkenlerden dolayı adezyon etkinliğini zayıflatarak elektrostatik toz boyanın metal yüzeyinden ayrılmasına ve iş parçasının hızlıca korozyon olmasına sebep olacaktır. Sitrik asitle pasive edilen elektrostatik toz boya kaplı plakaların darbe testlerinde ise adezyon etkinliğinin güçlü olduğu görülmüştür. Pasivasyon kimyasalının korozif ortamlardaki zayıf adhezyon etkinliğinden dolayı endüstriyel ve mimari açıdan kullanımının kısıtlı olacağı düşünülmüştür.

Nitrik asit ile pasive edilen kimyasalların korozif ortamlarda sitrik asitten daha dirençli fakat formik asitten daha dirençsiz olduğu görülmüştür. Nitrik asit ile pasive edilmiş elektrostatik toz boya kaplı saclar üzerine uygulanan darbe testinde ise elektrostatik toz boyanın zayıf adezyon etkinliğinden dolayı metal yüzeyinden ayrıldığı görülmüştür. Elektrostatik toz boyanın metal yüzeyinden ayrılması durumunda yüklem-boşaltma şeklinde çalışan iş parçalarında kullanımının uygun olmadığı tespit edilmiştir. .

KAYNAKLAR

- Altan, D., Dikmen, A., Suner, M., Orman, A., Eras, G., Ekinci, H., Atkanat, F., ve Serficeli, S. (2002). *Alüminyum Yüzey İşlemleri-1*. İstanbul, 52-156.
- Barut, M., & Bayraktar, S. (2004). Gemilerde korozyon analizi ve korozyonu etkileyen faktörler, *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, 162, 4-8.
- Berger, R., Bexell, U., Grehk, T., & Hörnström., S. (2007). A comparative study of the corrosion protective properties of chromium and chromium free passivation methods. *Surface & Coatings Technology*, 202, 391-397.
- Berk, V. (2004). *Yüzey İşlem Teknolojiler – I*. 36-41.
- Çakmen, Z. (2003). *Atmosferik korozyonun çinko kaplama (galvanizleme) direncine etkilerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Demirgöz, D., & Taralp, A. (2001). Kimya ve etrafımızdaki dünya. *Bilim ve Teknik*, 401, 86-87.
- Demiröz, T. (2000). *Nikelsiz ve düşük nikelli çinko fosfatlama prosesleri ile kaplanan araç dış yüzeylerinin korozyon dirençlerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dušan Lj. Petković, Miloš J. Madić, Goran M. Radenković " *The Effects Of Passivation Parameters On Pitting Potential Of Biomedical Stainless Steel*" University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, (2015).
- EN, I. S. O. 1519, ' . Paints and varnishes– Bend test (cylindrical mandrel) (ISO 1519: 2011), 2019.
- EN, I. S. O. 1520, ' . Paints and varnishes– Cupping test (ISO 1519: 2006), 2019.
- EN, I. S. O. 2409, ' . Paints and varnishes–cross-cut test (ISO 2409: 2013), 2019
- EN, I. S. O. 6270, ' . Paints and varnishes– Determination of resistance to humidity (ISO 2409: 2005), 2019.
- EN, I. S. O. 6272-1, ' . Paints and varnishes– Rapid-deformation (impact resistance) tests (ISO 2409: 2011), 2019.
- Genel Galvanizciler Derneği. (2011). *2011 Galvaniz Dünyası*. <https://galder.org.tr/wp-content/uploads/2018/01/Galvaniz-Dunyasi-00001.pdf>.
- İşdaş, O. (2010). Elektrokimyasal korozyon ilkeleri. *Metaller*, 155, 43-44.
- Karakaş, Ö. (2013). *Cr³⁺, Cr⁶⁺ tipi pasivasyon ajanlarının ve koruyucu yağların, sürekli sıcak daldırma ile galvanizleme metodu kullanılarak üretilmiş, DX51D+Z kalite galvanizli sacların korozyon dirençlerine etkilerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Karakaş, Ö. (2013). *Cr³⁺, Cr⁶⁺ tipi pasivasyon ajanlarının ve koruyucu yağların, sürekli sıcak daldırma ile galvanizleme metodu kullanılarak üretilmiş, DX51D+Z kalite galvanizli sacların korozyon dirençlerine etkilerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Keskinel, T. (2005). *Galvanizli çeliklerin nokta kaynağında kaplama kalınlığının kaynak dikişine ve elektrod ömrüne etkisinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Kouisni, L., Azzi, M., Zertoubi, M., Dalard, M., & Maximovitch, S. (2004). Phosphate coatings on magnesium alloy AM60 part 1: study of the formation and the growth of zinc phosphate films. *Surface & Coatings Technology*, 185, 58-67.
- Küstü, C. (2008). *Asitli ortamdaki korozyona karşı Schiff bazı temelli bazı yeni inhibitörlerin geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Makhlouf, A. S. H. & Botello, M. A. (2018). Failure of the metallic structures due to microbiologically induced corrosion and the techniques for protection. *Handbook of Materials Failure Analysis*, 1-18.
- Nazari, M. H., & Shi, X. (2018). Vehicle risks of winter road operations and best management practices. *Sustainable Winter Road Operations*, 241-272.
- Oje, A., Ogwu, A., Ur Rahman, S., Oje, A.I., & Tsendzughula, N. (2019). Effect Of Temperature Variation On The Corrosion Behaviour And Semiconducting Properties Of The Passive Film Formed On Chromium Oxide Coatings Exposed To Saline Solution, *Corrosion Science*, 154, 28-35.
- Pektaş, İ. (2018). *Galvanizcinin El Kitabı*. <http://www.ilhamipektas.com/wp-content/uploads/2018/03/Galvanizcinin-El-Kitab%C4%B1.pdf>.
- Ployhar, S. J., Gopalapillai, B., Teodoros., L. C., Dell'Orco, G., Kumar, A., Gupta, D., Nirav, P., & Jadhav., M. A. (2014). ITER components cooling: Satisfying the distinct needs of systems and components. *Fusion Engineering and Design*, 89, 1975-1978.
- Schmutz, P., & Gerber, I. (2008). Metallic medical implants: Electrochemical characterization of corrosion processes. *Electrochemical Society Interface*, 17, 35-40.
- Shibli, S.M.A., Chacko, F. (2011). Development of nano TiO₂-incorporated phosphate coatings on hot dip zinc surface for good paintability and corrosion resistance, *Applied Surface Science*, 257, 3111-3117.
- Tait, W. S. (2018). Chapter 27 - controlling corrosion of chemical processing equipment. *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, 3, 583-600.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Tegehall, P. (1990). The mechanism of chemical activation with titanium phosphate colloids in the formation of zinc phosphate conversion coatings. *Colloids and Surfaces*, 49, 373-383.
- Tsai, C., Liu, J., Chen, P., & Lin, C. (2010). A two-step roll coating phosphate/molybdate passivation treatment for hot-dip galvanized steel sheet. *Corrosion Science*, 52, 3385-3393.
- URL-1 https://www.daamgalvanizing.com/wp-content/uploads/2015/12/Paint_Guide_Prepare_Galvanized_Steel2011.pdf (Erişim Tarihi: 01.01.2020).
- URL-2 <https://www.pulver.com.tr/toz-boya-uygulamalari>, (Erişim Tarihi: 27.12.2019).
- URL-3, <https://insapedia.com/korozyon-nedir-korozyon-cesitleri-ve-onleme-yollari/>, (Erişim Tarihi: 27.12.2019).
- URL-4, <https://www.met-tech.com/metallography/>, (Erişim Tarihi: 27.12.2019).
- URL-5, <https://www.tqcsheen.com/en/product/cross-cut-adhesion-test-kit-cc2000-en/>, (Erişim Tarihi: 20.12.2019).
- Wolpers, M., & Angeli, J. (2001). Activation of galvanized steel surfaces before zinc phosphating — XPS and GDOES investigations. *Applied Surface Science*, 179, 281-289.
- Yalçın, H., & Koç, T. (1997). *Mühendisler için Korozyon*, KMO, Ankara 2-2:2-24.
- Yaluk, D., (2009). *Çelik sistemlerin yüzey özelliklerinin sıcak daldırma galvaniz kaplamalara etkisi*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yasenksy, D., Larson, C., Reali., J., " *Citric Acid Passivation of Stainless Steel*" Presented at the Aircraft Airworthiness and Sustainment Conference, (2011).
- Yılmaz, M. (2010). *Corrosion resistance analysis of electrostatic powder coated low carbon steel sheets*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yolsal Acar., H. (2015). *PANI/CEO₂ nanokompozit kaplamalar ile karbon çelik ve alüminyum metallerinin korozyonunun önlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZ GEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Abdulkerim Kazel
Doğum Yeri ve Tarihi : Kartal / 10.04.1994

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Kimya ve Süreç Mühendisliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar : Linde Gaz A.Ş., Goldez Plastik A.Ş.
Projeler : Çinko fosfat, elektrostatik toz boya kataforez tesisi kurulumu.
Çalıştığı Kurumlar : Goldex Plastik A.Ş. Arslan Alüminyum A.Ş. Mitsuba Co.

İletişim

Adres : Şekerpınar/ Kocaeli
E-Posta Adresi : akerimkazel@gmail.com

Akademik Çalışmaları

- Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans, Galvaniz Sac Üzerine Toz Boya Tutundurma İşleminde Kimyasal Pasivasyonun Etkisinin İncelenmesi
- 21/22 Aralık 2020, mühendislik, mimarlık ve tasarım kongresinde “ Pasivasyon işlemi ile metallerin korozyon direncinin artırılması üzerine “ sözel sunumu

Yabancı Dil Bilgisi

İngilizce - İyi

Tarih:.../.../2020