T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEBİLEN, BOR/BORAT KATKILI BOYALARIN ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE FARKLI METAL YÜZEYLER İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

GİZEM TOPRAKÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
YRD.DOÇ.DR. NİL ACARALI

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEBİLEN, BOR/BORAT KATKILI BOYALARIN ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE FARKLI METAL YÜZEYLER İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Gizem TOPRAKÇI tarafından hazırlanan tez çalışması 11.05.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Nil ACARALI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd.Doç.Dr. Nil ACARALI

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç.Dr. Jale GÜLEN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç.Dr. Selva ÇAVUŞ

İstanbul Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Gelişen teknoloji ile birlikte son yıllarda otomotiv, gemi inşaatı, uçak sanayi gibi metal endüstrilerinde; kendi kendini temizleyebilen, yüksek darbe dayanımlı, alev geciktirme ve korozyona dayanıklılık gibi özellikleri sağlayabilen boyaların kullanımına olan talep hızla artmaktadır. Boya bir yüzeye uygulandığında sadece dekoratif değil, aynı zamanda koruyucu da bir tabaka oluşturur. Bu nedenle boya ile kaplanabilecek yüzeylerde sahip olunması istenilen özellikler boya özellikleri geliştirilerek de sağlanabilir.

Yüzeyi korunmamış metaller (soy metaller haricinde); hava, su, ışık, karbondioksit gibi etmenlerin etkisiyle yavaş veya hızlı bir şekilde oksitlerine dönüşür. Metalleri oksitlerinden ayırmak zorlu bir süreçtir ve büyük miktarlarda enerji, hammadde ve iş gücü kaybına sebep olmaktadır. Bu nedenlerden ötürü malzemeleri korozyona karşı karşı korumak, kullanım ömrünü uzatmak ve enerji kaybına engel olmak açısından oldukça önemlidir. Süresiz etkili antikorozif bir sistemin varlığı mevcut olmamasına rağmen, iyi seçilmiş bir boya veya kaplama metoduyla korozyon etkilerinin büyük ölçüde önlenebileceği bilinmektedir.

Bir diğer önemli konu ise; herhangi bir kaza veya yangın anında oluşabilecek hasarların en aza indirgenmesini sağlayabilmek için malzemelerin yangına dayanım özelliğinin artırılmasıdır. Yangın dünyanın her yerinde oluşabilir ve çok sayıda can ve mal kaybı ile sonuçlanabilir. Gelişen sanayi ve artan nüfus, yangın sayısı ile birlikte sebep olduğu hasarları da artırmıştır. Yangına dayanımlı malzeme kullanımı ve bu özellikleri sağlayacak malzemeler geliştirilmesi oluşabilecek hasarları bir miktar azaltmaya yetecektir.

Son olarak, malzemenin kendi kendini temizleme (hidrofobisite) özelliğine sahip olması ise birçok sektör için avantaj sağlamaktadır. Özellikle bazı metal yüzeylerde suyun uzun süre kalması kullanım alanı ile ilişkili olarak büyük sıkıntılara neden olabilir. Örneğin uçak kanatlarında biriken su, uçuş güvenliği için tehtid oluşturabilir. Araştırmacılara düşen görev, malzemeyi iyi tanıması, hangi sektörde hangi malzeme kullanımının daha avantajlı olacağını belirleyebilmesidir. Malzemenin korozyondan korunması, yangına dayanımının artırılması ve yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi için hangi teknikleri uygulayabileceğini öngörebilmesidir.

Bu tez çalışması ile yangına dayanımı artırılmış, korozyon direnci yüksek ve su ile oluşturduğu temas açısına bağlı olarak kir tutmayan özellikteki boya karışımları oluşturulmaya çalışılmış ve karışımların uygulandıkları metal yüzeyler üzerindeki özellikleri incelenmiştir.

Çalışmalarım boyunca güler yüzünü ve desteğini esirgemeyen, eksikliğini hissettiğim her konuda sabır ve titizlikle beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Nil ACARALI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, B/S/H Ev Aletleri Buzdolabı Fabrikası Kalite Kontrol Laboratuvarı' nda gerçekleştirmiş olduğum darbe direnci, UV dayanımı, Tuzlu Su Sisi testleri ve Renk Ölçümü analizinde yardımları ve bilgileriyle çalışmama katkıda bulunan Kalite Kontrol Laboratuvarı çalışanlarından Dilek Tunç DOLUCA, Uğur GÖRGÜN ve Ufuk BAKAN 'a teşekkürü bir borç bilirim.

En zor zamanlarımda desteği ile güç veren ve daima omzumda elini hissettiğim çok değerli arkadaşım ve meslektaşım Ayça KULAKSIZ'a tezimin yazım aşamasında verdiği manevi desteklerden ötürü çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu zorlu dönemimde de benden desteklerini esirgemeyen, beni büyük emekle bu günlere getiren biricik annem Figen TOPRAKÇI' ya, canım babam Cafer TOPRAKÇI' ya, bir tanecik kardeşim İrem TOPRAKÇI 'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2017

Gizem TOPRAKÇI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xi

ÇİZELGE LİSTESİ xiii

ÖZET xiv

ABSTRACT xv

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2

BÖLÜM 2

BOR 4
2.1 Borun Tarihçesi 4
2.2 Bor Elementinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri 6
2.3 Bor Mineralleri 7
2.3.1 Boraks (Tinkal) ($Na_2B_4O_7 .10H_2O$) 7
2.3.2 Kernit (Razorit) ($Na_2B_4O_7 .4H_2O$) 7
2.3.3 Üleksit ($NaCaB_5O_9 .8H_2O$) 7
2.3.4 Probertit ($NaCaB_5O_9 .5H_2O$) 8
2.3.5 Kolemanit ($Ca_2B_6O_{11} .5H_2O$) 8
2.3.6 Pandermit (Priseit) ($Ca_4B_{10}O_{19} .7H_2O$) 8
2.3.7 Hidroborasit ($CaMgB_6O_{11}.6H_2O$) 8
2.4 Bor Ürünleri 8
2.4.1 Ham Bor Ürünleri 8

2.4.2 Rafine Bor Ürünleri 9
2.4.3 Uç Ürünler 9
2.5 Bor Rezervleri 10
2.6 Bor Kullanım Alanları 11
2.6.1 Cam ve Seramik Sanayi 11
2.6.1.1 Cam Sanayi 11
2.6.1.2 Seramik Sanayi 12
2.6.2 Temizleme ve Beyazlatma Sanayii 12
2.6.3 Alev Geciktiriciler 12
2.6.4 Tarım 12
2.6.5 Metalurji 13
2.6.5.1 Bor Fiberleri 13
2.6.5.2 Uzay ve Havacılık 13
2.6.6 Enerji 13
2.6.6.1 Nükleer Uygulamalar 14
2.6.7 Sağlık 14
2.6.8 Çimento 14
2.6.9 Kimya Sanayii 14

BÖLÜM 3

KOROZYON 15
3.1 Korozyonun Tanımı 15
3.2 Korozyonun Önemi 15
3.3 Korozyonun Oluşumu 16
3.4 Korozyona Etki Eden ve Korozyon Hızını Etkileyen Faktörler 17
3.5 Korozyona Karşı Alınacak Önlemler 17
3.5.1 Korozyon Ortamında Alınan Önlemler 17
3.5.1.1 Frenleyici Kullanımı 18
3.5.1.2 Ortam Saldırganlarının Etkisi 18
3.5.2 Malzemede Alınan Önlemler 18
3.5.2.1 Yüzey Hazırlama 18
3.5.2.2 Yüzey Temizleme Yöntemleri 19
3.5.2.3 Yüzey Temizliği ve Yüzey Pürüzlülüğü 20
3.5.2.4 Metalik Kaplama Yöntemleri 21
3.5.2.5 İnorganik kaplamalar 21
3.5.2.6 Organik kaplamalar (Boyalar) 22

BÖLÜM 4

BOYA 24
4.1 Boya Tanımı 24
4.2 Boyanın Ana Bileşenleri 24
4.2.1 Bağlayıcılar 24
4.2.2 Pigmentler 25
4.2.3 Dolgu Maddeleri 26
4.2.4 Çözücüler 26
4.2.5 Katkı Maddeleri 26

4.3 Boya Çeşitlerinin Sınıflandırılması 27
4.3.1 Çözünürlüklerine Göre Sınıflandırma 27
4.3.2 Kimyasal Yapılarına Göre Sınıflandırma 27
4.3.3 Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma 27
4.4 Boya Testleri 28
4.4.1 Yaş Boya Üzerinde Yapılan Test ve Kontroller 28
4.4.1.1 Gözle İnceleme 28
4.4.1.2 Viskozite 28
4.4.1.3 Yoğunluk 29
4.4.1.4 Katı Madde Miktarı 30
4.4.1.5 Örtme Gücü 30
4.4.1.6 Ezilme İnceliği 31
4.4.1.7 Akma-Sarkma Limitinin Belirlenmesi 33
4.4.2 Kuru Boya Üzerinde Yapılan Test ve Kontroller 34
4.4.2.1 Kuruma Süresi (TS 4317, ASTM D-1640) 36
4.4.2.2 Renk Kontrolü (DIN6174) 37
4.4.2.3 Parlaklık (TSEN 1871) 37
4.4.2.4 Sertlik 38
4.4.2.5 Yapışma Testi (TS 4313, ASTM 3359, DIN 53151) 38
4.4.2.6 Elastikiyet Testi 40
4.4.2.7 Darbe Direnci Testi (ASTM-D 2794, DIN 53154) 40
4.4.3 Performans Testleri (Direnç Özellikleri) 41
4.4.3.1 Nem Odası Testi (Nem Direnci) (ASTM D- 1 653) 41
4.4.3.2 Tuzlu Su Sisi Testi (Salt Sprey) (ASTM B 117, DIN EN ISO 9227) 42
4.4.3.3 Yaşlandırma Testi (ASTM D 822, ASTM D 2244) 42
4.4.3.4 Çözeltilere Karşı Dayanıklılık Testi (DIN 53778) 43
4.4.3.5 QUV Testi (ASTM G53, DIN 53587 ve DIN 53321) 43

BÖLÜM 5

LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR 44

BÖLÜM 6

DENEYSEL TASARIM 50
6.1 Taguchi Deneysel Tasarımı 50
6.2 Taguchi Yönteminin Uygulama Adımları 51
6.2.1 Değerlendirilecek Faktör ve Etkileşimlerin Seçilmesi 51
6.2.2 Faktör Düzeylerinin Seçilmesi 52
6.2.3 Uygun Ortogonal Düzenin Seçilmesi 52
6.2.4 Faktör ve/veya Etkileşimlerin Kolonlara Atanması 54
6.2.5 Testlerin Yapılması 54
6.2.6 Sonuçların Analiz Edilmesi 54
6.2.7 Doğrulama Deneylerinin Yapılması 54

BÖLÜM 7

DENEYSEL ÇALIŞMALAR 55
7.1 Kullanılan Malzemeler ve Kimyasallar 55

7.2 Deneylerde Kullanılan Cihazlar 55
7.3 Deneyin Yapılışı 56
7.4 Uygulanan Testler 58

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE TARTIŞMA 66
8.1 Taguchi Metodu Sonuçları 66
8.2 Boya Testi Sonuçları 68
8.2.1 Kuruma Testi 69
8.2.2 Parlaklık ve Örtücülük Analizi 69
8.2.3 Yapışma Testi 71
8.2.4 Darbe Direnci Testi 72
8.2.5 Çözeltilere Karşı Dayanıklılık Testi 73
8.2.6 Yanmazlık Testi 73
8.2.7 TG/DTA Analizi 74
8.2.8 Hidrofobisite Testi 76
8.2.9 Renk Ölçümü 78
8.2.10 Tuzlu Su Sisi Testi 79
8.2.11 UV Dayanımı Testi 80

BÖLÜM 9

SONUÇ VE ÖNERİLER 82

KAYNAKLAR 86

ÖZGEÇMİŞ 90

SİMGE LİSTESİ

a	Faktörlerin düzey sayısı
amp-hr	Amper- saat
cm	Santimetre
cm^2	Santimetrekare
cm^3/mol	Santimetreküp/mol
cp	Centipoise
^oC	Santigrat Derece
d	Toplam deney sayısı
eV	Elektrovolt
^oF	Fahrenheit
gr	Gram
gr/cm^3	Gram/ santimetreküp
gr/cc	Gram /santimetreküp
GPa	Gigapascal
J/gK	Joule/ gramKelvin
k	Faktör sayısı
K	Kelvin
kg	Kilogram
kJ/mol	Kilojoule/mol
L	Ortogonal Dizin
m^2	Metrekare
m^2/lt	Metrekare/litre
ml	Mililitre
µ	Viskozite
µm	Mikrometre
MNm^{-2}	Meganewton/metrekare
rpm	Dakikadaki devir sayısı
S/N	Sinyal /Gürültü Oranı
w	Kütle
W	Watt
W/ m^2	Watt/metrekare
ΔE	Renk farkı

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Bileşik Devletleri
AWWA	American Water Works Association
ASTM	American Society for Testing and Materials
CRT	Cathode Ray Tube
DTA	Diferansiyel Termogravimetrik Analiz
DIN	Alman Standartları Enstitüsü
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
PVC	Polivinil Klorür
TG	Termogravimetrik Analiz
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Mor Ötesi Işınım

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Korozyon Reaksiyonunun Oluşumu 16
Şekil 4.1 Zebra Kâğıdı ile Boyanın Örtme Gücü Testi 31
Şekil 4.2 Hegman Grindometresi 32
Şekil 4.3 Ezilme İnceliği Test Sonucu 33
Şekil 4.4 Kuru Film Sarkma Limitine Örnek Gösterilmesi (90 mikron) 34
Şekil 4.5 Çapraz Çizgi Yöntemi ile Yapışma Testi 39
Şekil 4.6 Kareleme Yöntemi ile Yapışma Testi 39
Şekil 6.1 Etkileşimli ve Etkileşimli olmayan Faktörlerin Grafik Gösterimi 52
Şekil 7.1 Karıştırma İşlemi (a) ve Mekanik Karıştırıcı (b) 57
Şekil 7.2 Aplikatör 57
Şekil 7.3 Set-1 Boya Karışımları ile Alüminyum ve Demir Plakalara Uygulanışının Gösterimi 58
Şekil 7.4 Viskozimetre 58
Şekil 7.5 Tam Kuruma Kontrolünün Gösterimi 59
Şekil 7.6 a) Alüminyum ve Demir Plakalar, (b) Spektrofotometre 60
Şekil 7.7 Örtme Gücü Analizinde Kullanılan Üzerine Boya Uygulanmış Zebra Kağıdı Örneği 60
Şekil 7.8 Yapışma Testinin Referans Boya Örneğine Uygulanışı 61
Şekil 7.9 (a) Darbe Aleti, (b) Darbe Direnci Testinin Uygulanışı 62
Şekil 7.10 Kül Fırını 63
Şekil 7.11 TG/DTA Cihazı 63
Şekil 7.12 (a) Lamel Üzerine Uygulanmış Boya, (b) Temas Açısı Ölçüm Cihazı 64
Şekil 7.13 Datacolor 6500 Spektrofotometre 64
Şekil 7.14 Tuzlu Su Sisi Sprey Kabini 65
Şekil 7.15 Suntest CPS Plus UV Işığa Dayanım Cihazı 65
Şekil 8.1 Set-1 Ortalama Değerler ve Sinyal/Gürültü Analizi Grafiği 67
Şekil 8.2 Set-2 Ortalama Değerler ve Sinyal/Gürültü Analizi Grafiği 68
Şekil 8.3 Referans Boya ile Set-1 ve Set-2 için Optimum Özelliklere Sahip Boyaların Zebra Kâğıdı Üzerine Uygulanışının Gösterimi 70
Şekil 8.4 Referans boya ile Set-1 ve Set-2 için optimum özelliklere sahip boyalara yapışma testinin uygulanışı 71
Şekil 8.5 Alüminyum ve Demir Plakalar üzerine Uygulanmış Boyaların Darbe Direnci Test Sonuçları 72

Şekil 8.6 Referans ve Optimum Özelliklere Sahip Boyalar için Çözeltilere Karşı Dayanıklılık Testi Sonuçları 73
Şekil 8.7 Yanmazlık Test Sonuçları (300-350 oC aralığında) 74
Şekil 8.8 (a) Referans Boya, (b) Set-1 Optimum Boya, (c) Set-2 Optimum Boya için TG/DTA Analizi Sonuçları 75
Şekil 8.9 Referans Boya, Set-1 Optimum Boya ve Set -2 Optimum Boya için Görsel Hidrofobisite Testi 77
Şekil 8.10 Referans Boya, Set-1 Optimum Boya ve Set -2 Optimum Boya için Temas Açısı Cihazı Ölçüm Sonuçları 78
Şekil 8.11 Tuzlu Su Sisi Testi Sonuçları 79
Şekil 8.12 Boya Plakalarının UV Testi Sonrası Görünümleri 81

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Bor Elementinin Kimyasal Özellikleri 6
Çizelge 2.2 Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri 6
Çizelge 2.3 Dünya Bor Rezervlerinin Dağılımı (2014) 10
Çizelge 2.4 Türkiye Bor Rezervlerinin Dağılımı (Mineral Bazında-2015) 11
Çizelge 6.1 L9 Tasarım Matrisi 53
Çizelge 8.1 Taguchi L-9 Ortogonal Dizini, Set-1 ve Set-2 Viskozite Değerleri ve Bazı Testlerin Sonuçları 66
Çizelge 8.2 Deneysel Parametreler ve Optimizasyon Parametrelerinin Seviyesi 67
Çizelge 8.3 Set-1 ve Set-2 Parlaklık Değerleri (Alümimyum-Demir Plaka) 69
Çizelge 8.4 Set-1 ve Set-2 için Örtme Gücü Değerleri (%) 70
Çizelge 8.5 Dünya Bor Rezervlerinin Dağılımı (2014) 70

ÖZET

KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEBİLEN, BOR/BORAT KATKILI BOYALARIN ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE FARKLI METAL YÜZEYLER İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Gizem TOPRAKÇI

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Nil ACARALI

Bu çalışmada boyaya değişik özelliklere sahip malzemeler katılarak özelliklerinin iyileştirilmesi ve üstün özelliklere sahip yeni nesil bir boya elde edilmesi amaçlanmıştır. Özellikle son yıllarda çeşitli metal endüstrilerinde; kendi kendini temizleyebilen, yüksek darbe dayanımlı, alev geciktirme, korozyona dayanıklılık gibi özellikleri sağlayabilen, bor kimyasallarını içeren boyaların kullanımına olan talep hızla artmaktadır. Yapılan çalışmada farklı bor/borat (çinko borat, bor oksit) katkıları, mükemmel yağ ve su itici ve yüksek derecede dayanıklı bir malzeme olma özelliğine sahip olan florokarbon bileşikleri dispersiyonu olarak da bilinen bir sıvı ve son olarak da pomza katkıları boyalara belirli oranlarda (% 0-6 (w/w)) ilave edilmiştir. Çinko Borat ve Bor oksit katkılarına göre, iki farklı deney seti oluşturulmuştur. Boya viskozitesinin çıktı olarak alındığı Taguchi Optimizasyon metodu ile her iki deney seti için de optimum özelliklere sahip boya karışımları belirlenmiş ve hazırlanan boya karışımlarının farklı metal yüzeylere (demir/alüminyum) uygulaması gerçekleştirilmiştir. TSE ve DIN standartlarına göre yapılan analizler sonucunda, ilave katkı maddelerinin boyayı hidrofobiklik, yangına dayanım ve korozyon direnci yönünden geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede hazırlanmış olan özgün boyanın farklı metal endüstrilerinde uygun bir kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bor, Çinko borat, Optimizasyon, Taguchi, Hidrofobik, Boya

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SELF-CLEANING, BORON/BORATE ADDITIVE DYE PROPERTIES AND INVESTIGATION OF APPLICABILITY FOR DIFFERENT METAL SURFACES

Gizem TOPRAKÇI

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist.Prof.Dr. Nil ACARALI

In this study, the purpose was to improve the additives of the dye by adding materials with different features and obtain a new-generation dye that possesses superior qualities. Especially in recent years; the demand for self-cleaning, impact resistant, flame retarding, corrosion resistant dyes that include boron chemicals, have increased quite a lot in various metal industries. During the study, different boron/borate (zinc borate, boron oxide) additives were added in designated ratios (% 0-6 (w/w)) along with a fluid which is recognized as being a resistant fluorocarbon compound dispersion, that possesses excellent grease and water repellent features. Two different experiment sets were created for Zinc Borate and Boron Oxide additives. With the Taguchi Optimization method in which the dye viscosity is taken as an output, the dye mixtures that possess optimum features for both experiment sets were designated and the mixtures were applied on different metal surfaces (iron/aluminum). According to the analysis that are realized based on TSE and DIN standards, it was proven that the additive substances have improved the dye in terms of being hydrophobic, fire-resistant, and corrosion-resistant. Thus, it is foreseen that this unique dye will find an appropriate area of utilization in various metal industries.

Keywords: Boron, Zinc borate, Optimization, Taguchi, Hydrophobic, Dye

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Boya, günlük hayatta insanlar tarafından çok iyi tanınmasına rağmen işlevlerinin pek de fazla bilinmediği oldukça önemli bir koruyucu katmandır. Tanımlanmak istendiğinde genel olarak uygulandığı yüzey üzerinde dekoratif ve koruyucu bir film tabakası oluşturan malzemedir denilebilir [1].

Farklı özelliklere ve değişik türlere sahip olduğu bilinmekle birlikte, kullanımındaki amaca ve özelliklerine göre değişik kullanım alanlarında kendine yer bulmaktadır. Sadece renk verme amacıyla değil, örtücülük sağlama ve bununla ilişkili olarak koruyucu amaçla da kullanılmaktadır. Boyaların koruyuculuğu; özelliklerine, bileşenlerine ve tatbik edildiği yüzeydeki kalınlığına bağlıdır [2].

İncelenen literatür çalışmalarında farklı özellikteki boyalara çeşitli katkı maddeleri katılarak malzeme özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Yapılan bir çalışmada stiren akrilik boyaya farklı oranlarda ve türlerde bor bileşikleri ilave edilmiştir. Elde edilen boyaların alev geciktirme, duman bastırma özellikleri ve belirlenen iki bakteriye karşı antibakteriyel etkinlikleri incelenmiştir. Deneyler ve analizler sonucunda çinko boratın alev geciktirici ve S.aureus bakterisine karşı bir reaktif olabileceği belirlenirken, sodyum tetraboratın ise antibakteriyel etkinliği bulunmamasına rağmen alev geciktirici ve duman bastırıcı etkiye sahip olabileceği ortaya konmuştur [3].

Bir diğer çalışmada ise pomza katkılı boyalarla kaplanan beton numunelerinin korozyon etkisine bakılmıştır. Numuneler iki yıl boyunca deniz suyu içerisinde bekletilmiş ve iki yılın sonunda betonlardaki korozyon dayanımları ve aşınma kayıpları ölçülmüştür.

Donatı korozyonunun kontrol örnekle kıyaslandığında oldukça düşük olduğu kanıtlanırken, kaplama sayısının da korozyon dayanımında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Farklı bölgelerden seçilmiş olan pomzaların korozyon direnci olarak birbirlerine üstün olabildikleri gözlemlense de pomzalı boyaların korozyon direncini iyileştireceği sonucu yadsınamaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır [4].

1.2 Tezin Amacı

Günümüzde gelişen teknoloji ile paralel olarak üstün özelliklere sahip malzemelerin kullanımına olan ihtiyaç da artmaktadır. Sahip olduğumuz sınırlı kaynaklar göz önüne alındığında kullanılan malzemelerin olabildiğince uzun ömürlü olması ve aynı kaliteyi koruyabilmesi enerji tasarrufu ve maliyet açısından önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada özellikle ülkemizde bol miktarda bulunan minerallerin özelliklerinden faydalanılarak gelişmiş özelliklere sahip boyaların elde edilmesi amaçlanmıştır. Dünya bor minerallerinin büyük bir kısmı içlerinde Türkiye'nin de bulunduğu altı ülkede toplanmış olmasına rağmen, boratların alev geciktirici olarak kullanımı da mevcuttur. Çinko borat ve bor oksitin alev geciktirici, flor esaslı surfaktanın malzemeyi hidrofobiklik yönünde geliştirici ve pomzanın korozyon önleyici olarak ilave edildiği çalışmanın, sağladığı özelliklerle çeşitli metal sektörlerinde kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir.

1.3 Hipotez

Bu çalışmada literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak, boyanın gerek alev geciktiricilik, korozyona dayanım gerekse hidrofobisite özellikleri açısından geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Çalışmanın metal endüstrisi hedef alınarak gerçekleştirilmiş olması da çalışmayı benzerlerinden ayıran bir diğer özelliğidir. Sanayiden temin edilen solvent bazlı metalik boya içerisine çeşitli doğal mineral katkıları ve flor esaslı surfaktan ilave edilmiştir. Minitab programı kullanılarak Taguchi Optimizasyon methoduyla yapılan analiz sayesinde, optimum özelliklere sahip boya karışımları belirlenmiş ve zamandan, enerjiden, iş gücünden tasarruf sağlanmıştır. Alüminyum ve demir plakalara uygulanan optimum özellikteki boya karışımları TSE ve DIN standarlarına göre çeşitli testlere tabi tutulduğunda; yangına dayanım, korozyon

direnci ve hidrofobisite yönünde gelişme gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, çalışmanın metal sektöründe kullanılacak boya çalışmalarına ışık tutacağı ön görülmektedir.

BÖLÜM 2

BOR

2.1 Borun Tarihçesi

Bor ve borun türevleri yıllardır kullanılmaktadır. Bor mineralleri, dört bin yıl önce ilk kez Tibet'te kullanılmıştır. Mısırlıların mumyalama işleminde, Babiller'in eşyaların ergitilmesinde, Eski Yunan ve Romalıların da arena temizliğinde bordan faydalandığı saptanmıştır [5].

Marco Polo'nun 13.yy da bor madenini Tibet'ten Avrupa'ya getirmesiyle Modern Bor Endüstrisi'ne adım atılmıştır. 1771 yılında İtalya'nın Tuscani bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit bulunmuş, 1830 yılında ise İtalya'da borik asit üretimi başlamıştır. Endüstriyellik açısından ilk boraks madenciliği 1852 yılında Şili'de başlamıştır. Nevada, California, Caliko Moutain ve Kramer bölgesindeki yatakların bulunması ve işletilmesiyle ABD dünyada bor gereksinimini karşılayan birinci ülke olmuştur [5].

Türkiye'deki bor madenlerinin Doğu Roma İmparatorluğu'na dayandığı tahmin edilmektedir. Balıkesir ili Susurluk ilçesinin Sultançayırı bölgesinde ilk bor minerali yataklarına rastlanmıştır. Ülkemizde 1861 yılında çıkarılan Maadin Nizamnamesi gereğince ilk işletme 1865 yılında Fransız bir şirkete imtiyaz verilmesiyle kurulmuştur. 1887'de İngiliz şirketi bu bölgeye yerleşmiş ve 1958'e kadar işletme imtiyazını kullanarak faaliyetlerini sürdürmüştür. 624 yabancı şirkete 1927 yılına kadar imtiyaz sağlanmış, 1944'te ise yabancı şirketlerin çoğu millileştirilerek yabancı sermayeye yeni imtiyazlar sağlanmamıştır [6].

Yerli kuruluşlarımızdan olan MTA ve Etibank 1935 yılında 2804 ve 2805 Sayılı Kanunlarla arama ruhsatlarını almışlar ve 2. Dünya Savaşı sonrası arama çalışmalarını yaygınlaştırmışlardır [6].

1950'de Bigadiç'te ve 1952'de Mustafa Kemal Paşa Bölgesi'nde kolemanit yataklarına rastlanırken; 1956'da MTA, Emet-Kütahya bölgesinde araştırma yaptığı esnada Hisarcık ve Hamamköy etrafında kolemanit yatakları bulmuştur. 1958 yılında ise bulunan yatakların işletmesi Etibank'a verilmiştir [6].

Balıkesir Bölgesinde Boraks yataklarına sahip olan İngiliz Şirketi, Boraks cevherlerinin arttığını görünce Kırka-Sodyum tuzu yataklarını, 1965'den sonra özel madencilerin elinden devralmış ve bu yatakları Türk Boraks adı altında işletmiştir. Kanuni noksanlıkların olmasıyla Türk Boraks'ın imtiyazı düşmüş ve 1968 yılından itibaren bu yerlerin işletme imtiyazları Etibank'a verilmiştir. 1969 yılında proje çalışmalarına, 1970 yılında da tesislerin kurulmasına başlanmıştır [6].

Önceleri yabancı şirketlerin işlettiği bor madenleri, 1968 yılında imtiyazların devlete devredilmesi ile başta Etibank olmak üzere küçük ölçekli yerli şirketler tarafından işletilmeye başlanmıştır. 1978'de alınan bor madenlerini devletçe işletme kararından sonra madenciliğin tüm işlemlerini Etibank (bugünkü Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü) yerine getirmeye başlamıştır [6].

Devletleştirme kararından bugüne kadar geçen süre içinde madencilik ve sonrasında rafine bor ürünleri üretiminde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bor rezervlerimizin 1978 yılında 600 milyon ton olduğu bilinirken, yapılan arama çalışmaları ile bugün 3 milyar ton rezerve sahip olduğumuz bilinmektedir. Bor rezerv çalışmaları halen Eti Maden/MTA iş birliği ile sürdürülmektedir. Üretim kapasitesi her geçen gün artmakta ve Dünya bor pazarında Türkiye olarak etkinliğimizin giderek artmasıyla pazar payımız ABD'nin de önüne geçmektedir [6].

2.2 Bor Elementinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Borun periyodik tablodaki simgesi B ile gösterilir. Atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81 olan metalle ametal arası yarı iletken özellik gösteren bir elementtir. Bor tabiatta serbest halde bulunmaz. Doğada çok çeşitli bor mineralinin yer aldığı bilinmektedir [5].

Çeşitli metal veya ametal elementlerle oluşturduğu bileşiklerin farklı özellikler göstermesi endüstride birçok bor bileşiğinin kullanılmasını sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak farklı olarak saf bor elektriği iletir. Kristalize bor görünüm ve optik özellikleri açısından elmasla benzerlik gösterir ve elmas kadar serttir. Borun saf elementi ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager J.L.Gay-Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz Kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir [5]. Bor elementinin kimyasal özellikleri Çizelge 2.1' de, fiziksel özellikleri ise Çizelge 2.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Bor Elementinin Kimyasal Özellikleri [5]

KİMYASAL ÖZELLİKLER			
Elektrokimyasal Eşdeğer	0,1344g/amp-hr		
Elektronegativite (Pauling)	2,04		
Füzyon Isısı	50,2kJ/mol		
İyonizasyon potansiyeli	Birinci: 8,298	İkinci: 25,154	Üçüncü: 37,93
Valans elektron potansiyeli (-eV)	190		

Çizelge 2.2 Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri [5]

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	
Atomik Kütlesi	10,811
Kaynama Noktası	4275K- 4002°C- 7236°F
Termal Genleşme Katsayısı	0,0000083cm/cm/°C (0°C)
Kondüktivite	Elektriksel: 1,0E $^{-12}$ 10^{6}/cm
	Termal: 0,274 W/cmK
Yoğunluk	2,34g/cc @ 300K
Görünüş	Sarı-Kahverengi ametal kristal
Elastik Modülü	Bulk: 320/GPa
Atomizasyon Entalpisi	573,2 kJ/mol @ 25°C
Füzyon Entalpisi	22,18 kJ/mol
Buharlaşma Entalpisi	480 kJ/mol
Sertlik	Mohs: 9,3
	Vickers: 49000 MN m-2
Buharlaşma Isısı	489,7kJ/mol
Ergime Noktası	2573K- 2300°C- 4172°F
Molar Hacmı	4,68 cm3/mole
Fiziksel Durumu	(20°C & 1atm): Katı
Spesifik Isısı	1,02J/gK

2.3 Bor Mineralleri

Bor doğada saf halde bulunmamaktadır. Elementlerle yaptığı bileşikler halinde görülmektedir. Bor mineralleri buharlaşmanın şiddetli olduğu yerlerdeki sulardan kimyasal çökelme yoluyla oluşan Evaporitler sınıfına koyulurlar. Mineraller yapılarındaki Kalsiyum, Sodyum ve Magnezyum elementlerine göre sınıflandırılırlar. Sodyum kökenli olanları Tinkal, Kalsiyum kökenli olanları Kolemanit, Sodyum-Kalsiyum kökenli olanları ise Üleksit olarak isimlendirilir. Doğada bor içeren çok fazla mineral olsa da ekonomik öneme sahip olan mineraller şu şekildedir [7]:

2.3.1 Boraks (Tinkal) ($Na_2B_4O_7 .10H_2O$)

Genellikle doğada renksiz ve saydam olarak bulunur. İçindeki bazı maddelerden dolayı pembe, sarımsı ve gri renklerde de görülebilir. Özgül ağırlığı 1,7 gr/cm^3, sertliği 2- 2,5, B_2O_3 (Bor oksit) içeriği % 36,6 olan boraksın kristal sistemi Monoklinik yapıdadır. Çoğunlukla Borik asit elde etmede kullanılır. Buharlaşmanın yüksek olduğu kurak-yarı kurak yerlerdeki tuzlu göllerde oluşur. Boraks suyunu kaybedip kolaylıkla Tinkalkonit'e dönüşebilir. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarında üretilmektedir [7].

2.3.2 Kernit (Razorit) ($Na_2B_4O_7 .4H_2O$)

Doğada saydam, renksiz, uzunlamasına iğneye benzer şekilde küme kristaller halinde bulunur. Özgül ağırlığı 1,95 gr/cm^3, sertliği 3 olan kernitin B_2O_3 (Bor oksit) içeriği % 51'dir. Soğuk suda az çözünür. Eskişehir-Kırka yöresinde Sodyum–Borat kütlesinin alt seviyelerinde yer alır. Türkiye dışında Arjantin ve ABD 'de de bulunmaktadır [7].

2.3.3 Üleksit ($NaCaB_5O_9 .8H_2O$)

Doğada sütun, yumrular, lifsi ve masif şeklinde bulunur. Saf olanı beyaz renkte olur, fakat ipek parlaklığında olanlarına da rastlanır. Genellikle hidroboraksit, probertit ve kolemanit ile birlikte oluşan üleksitin sertliği 2,5, kristal sistemi ise trikliniktir. Üleksit, agregatlar halinde iken sertliği 1'e kadar azaltılabilir. B_2O_3 (Bor oksit) içeriği % 43 olan üleksit, ülkemizde Bigadiç, Kırka ve Emet yörelerinde bulunurken dünyada ise Arjantin'de bulunur [7].

2.3.4 Probertit ($NaCaB_5O_9 .5H_2O$)

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olur. Işınsal ve lifsi şekilli kristaller halinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm-5 cm arasındadır. Türkiye'de Emet ve Kestelek yataklarında görülen probertitin, B_2O_3 (Bor oksit) içeriği % 49,6 'dır [7].

2.3.5 Kolemanit ($Ca_2B_6O_{11} .5H_2O$)

En yaygın olan bor bileşiğidir. Suda yavaş, Hidroklorik asitte hızlıca çözündüğü bilinmektedir. Özgül ağırlığı 2,42, Sertliği 4-4,5, B_2O_3 (Bor oksit) içeriği % 50,8 olan Kolemanit monoklinik sistemde kristalleşmektedir. Oluşumunda termal kaynakların etkisi fazladır. Türkiye'de Bigadiç, Emet ve Kestelek'de, dünyada ise Şili, Kazakistan, Arjantin ve ABD'de bulunmaktadır [7].

2.3.6 Pandermit (Priseit) ($Ca_4B_{10}O_{19} .7H_2O$)

Beyaz renkli, B_2O_3 (Bor oksit) içeriği %49,8 olan, 3-3,5 arasında sertlik değerine sahip bir mineraldir. Sıcak su kaynaklarına yakın yerlerde oluşmuştur, genellikle Kil ve Jips'le beraber bulunur. Türkiye'de Bigadiç ve Sultançayırı yataklarında görülmektedir [7].

2.3.7 Hidroborasit ($CaMgB_6O_{11}.6H_2O$)

Işınsal ve iğne şekline benzer kristaller halinde bulunur. Lifsi bir dokusu vardır. %50,5 B_2O_3 içerir. Genelde beyaz renkte olur fakat arsenik içeriğine göre sarı ve kırmızımsı renklerde de görülebilir. Probertit, Üleksit ve Kolemanit ile birlikte bulunur. Türkiye'de en çok Doğanlar, İğdeköy, Kestelek ve Emet'de bulunmaktadır [7].

2.4 Bor Ürünleri

Endüstride kullanılan bor ürünleri; üretim aşamaları, prosesleri ve kullanım alanlarına göre ham bor ürünleri, rafine bor ürünleri ve uç ürünler olarak 3 gruba ayrılmıştır.

2.4.1 Ham Bor Ürünleri

Dünyada üretilen bor cevherlerinin neredeyse tamamı bir zenginleştirme işleminden geçirilerek ya parça ya da öğütülmüş konsantre şeklinde pazarlanır ve kullanılır. Bu tür

ürünler **ham bor** olarak tanımlanır [8]. Üleksit (Kalsiyum-Sodyum Borat Cevheri), Kolemanit (Kalsiyum Borat Cevheri), Tinkal (Sodyum Borat Cevheri) ham bor ürünlerine örnek olarak verilebilir [6].

Ham bor ürünleri genelde rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, cam elyafı (fiberglas), borosilikat cam, nükleer uygulamalar ve metalürjide kullanılabilmektedir. Özellikle, borlu çelik yapımında kolemanit tercih edilirken, çelik üretiminde de fluorit yerine üleksit ve kolemanit tercih edilmeye başlanmıştır. Türkiye tinkal, üleksit ve kolemanit konsantreleri üreterek dünyaya satışını gerçekleştirmektedir. Dünyadaki üleksit ve kolemanit konsantresi talebinin neredeyse tamamını Türkiye karşılamaktadır [8].

2.4.2 Rafine Bor Ürünleri

Rafine bor ürünlerinin genellikle cam ve cam elyafı, sabun ve deterjan, seramik, yangın geciktirici gereçler, tarım, nükleer uygulamalar, metalürji, ilaç ve kozmetik, elektronik ve bilgisayar gibi sanayi dallarında kullanıldığı görülmektedir [8]. Rafine bor ürünlerine boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, susuz boraks, borik asit, susuz borik asit, sodyum perborat örnek olarak verilebilir [6]. Rafine bor ürünleri en çok tüketilen bor ürünüdür.

2.4.3 Uç Ürünler

Uç ürünler, ham ve rafine ürünlerden üretilirler ve üretimlerinde ileri teknoloji gerektiren yöntemler kullanılır. Uç ürün sayısı, ham ve rafine bor ürünlerine kıyasla daha fazladır. Elementel bor, bor karbür, bor nitrür, çinko borat ve potasyum borat uç ürünlere örnek olarak verilebilir. Günümüzde aydınlatma amaçlı ve askeri faaliyetler sırasında elementel bor kullanılmaktadır. Bor karbürün uç ürünler arasında en çok kullanılan ürün olduğu söylenebilir. Yüksek sıcaklığa dayanımı ve en çok nötron absorblama yeteneği sayesinde nükleer reaktörlerde ve askeri araçların zırhlanmasında kullanılabilmektedir [8].

2.5 Bor Rezervleri

Dünyadaki en önemli bor yatakları Türkiye, Rusya ve ABD'de bulunmakta ve dünya ticari bor rezervleri 4 bölgede toplanmaktadır. Bunlar; ABD Kaliforniya Eyaletinin güneyinde yer alan "Mojave Çölü", Güney Amerika'da yer alan "And Kemeri", Türkiye'nin de yer aldığı "Güney-Orta Asya Orojenik Kemeri" ve Doğu Rusya'dır [6]. 2014 yılı verilerine göre Dünya Bor Rezervleri Dağılımı Çizelge 2.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Dünya Bor Rezervlerinin Dağılımı (2014) [6]

Ülke	**Toplam Rezerv (Bin ton B_2O_3)**	**Toplam Rezerv (%B_2O_3)**
Türkiye	953.000	72.8
Rusya	100.000	7.6
A.B.D	80.000	6.1
Çin	47.000	3.6
Şili	41.000	3.1
Sırbistan	24.000	1.8
Peru	22.000	1.7
Bolivya	19.000	1.5
Kazakistan	15.000	1.1
Arjantin	9.000	0.7
TOPLAM	1.310.300	100.0

Türkiye'de Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya'da bor yatakları bulunmaktadır. Türkiye'de rezerv açısından en çok bulunan bor cevherleri ise;

tinkal ($Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$) ve kolemanit ($2CaO.3B_2O_3.5H_2O$)' tir. Türkiye'de önemli tinkal yatakları Kırka'da, kolemanit yatakları da Emet ve Bigadiç'te bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, Bigadiç'te az miktarda üleksit rezervi bulunup Kestelek'te bazen üleksit yan ürün olarak elde edilmektedir. 2015 yılı verilerine göre rezerv miktarlarının mineral bazında dağılımı Çizelge 2.4'te verilmiştir [6].

Çizelge 2.4 Türkiye Bor Rezervlerinin Dağılımı (Mineral Bazında-2015) [6]

Cevher Cinsi	**Toplam(TON)**
Emet (Kolemanit-Üleksit)	1.815.291.000
Kırka(Tinkal)	832.676.000
Bigadiç (Kolemanit-Üleksit)	631.865.000
Kestelek (Kolemanit)	5.555.000
Toplam	3.285.087.000

2.6 Bor Kullanım Alanları

2.6.1 Cam ve Seramik Sanayi

2.6.1.1 Cam Sanayi

Bor minerallerinin en fazla kullanıldığı alan cam sanayidir. Bor, camın yüzey sertliğini ve dayanıklılığını arttırmaktadır. Bor oksit genellikle; borosilikat cam, tekstil tipi ve izolasyon tipi cam elyaflarında kullanılmaktadır [6].

Bor; özel fırın kaplarında, laboratuvar malzemelerinde, LCD ekranlarda, tekstil ve izolasyon tipi cam elyaflarında, arabaların far ve sinyal camlarında, sıvı kristal göstergelerinde ve CRT cam ürünlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca bazı borlu özel camlar; elektronik endüstrisinde, uzay sanayiinde ve nükleer reaktörlerde kullanılarak bor ürünleri için yeni araştırma fırsatları oluşturmaktadır [6].

2.6.1.2 Seramik Sanayi

Bor genellikle seramik sanayiinde sırlarda kullanılır. Seramik sırlarındaki bor oksit ağırlıkça %8-24 oranları arasında değişmektedir. Sırlarda bor oksit, cam ve malzeme arasındaki ısısal uyumu sağlar ve sırrın ısısal genleşme katsayısını düzenler. Sır'a bor eklemek mekanik gücü ve çizilme direncini arttır. Ayrıca kimyasalların ve suyun etkilerine karşı direnci arttır. Bor, %3-24 oranında kolemanit şeklinde sırlara katılarak seramiği çizilmeye karşı dayanıklı hale getirir [6].

2.6.2 Temizleme ve Beyazlatma Sanayii

Mikrop öldürücü ve su yumuşatıcı etkisinden dolayı sabun ve deterjanlara %10 Boraks dekahidrat katılmaktadır. Ayrıca toz deterjanların beyazlatıcı özelliğini arttırmak için %10-20 oranında sodyum perborat katılmaktadır [6].

2.6.3 Alev Geciktiriciler

Yangının başlaması ve ilerlemesine engel teşkil eden ve alev geciktirici özellik sağlayan katkı maddeleri can ve mal güvenliğinin korunmasını sağlamanın yanı sıra çevrenin korunmasına da yardımcı olmaktadır [9]. Ahşap, selülozik malzeme, PVC gibi çeşitli ürünlerde alev geciktirici olarak boratlar kullanılmaktadır. Yanan maddenin üzeri oksijenle teması kapatacak şekilde bor ile kaplanır ve yanmayı bastırır. Çinko borat plastik malzemelerde kullanılırken; Borik asit, Boraks pentahidrat gibi boratlar selülozik malzemelerde kullanılır [6].

Çinko borat, Baryum metaborat ve bor fosfatlar PVC'de yanmayı önleyici olarak kullanılan bor bileşikleridir. PVC'ye alev geciktirici olarak Çinko borat katıldığı zaman, yandığında ortaya çıkan HCl uçucu olmayan çinko ve bor bileşikleriyle reaksiyona girer ve zararlı gazların açığa çıkmasını önler [6].

2.6.4 Tarım

Bor, bitki gelişiminde önemli bir yer kaplar. Bitki hücresinde bölünmeyi, gelişimi, şeker geçişini, fotosentez metabolizmasını düzenler. Sebzelerde; büyümeyi ve kaliteyi iyileştirir. Meyvelerde; meyve kalitesini artırır, meyve ağacında çiçek açma ve meyve

kapasitesini artırır. Bitkilere verilen bor miktarı önemlidir. Bu sebeple toprak analizi yapmadan bitkiye bor verilmemeli ve uygulamalarda dikkatli davranılmalıdır [6].

2.6.5 Metalurji

Bor mineralleri ile üretilen ara ve uç ürünler önemli miktarda ekonomik katma değere sahiptir. Makine elemanlarının sürtünme ile çalıştıkları bölgelerde yüzey sertleştirmede kullanılan bor mineralleri aşınma ve korozyon direncini artırmakta ve makine ömrünü uzatmaktadır [10]. Bor nitrür yüzey kaplamada daha çok tercih edilir çünkü sürtünme katsayısını düşürücü etkisi vardır. Bor ilavesi çeliğin sertlik ve mukavemetini artırır. Bor mineralleri elektro kaplama uygulamalarında temizleyici ve tampon olarak da kullanılır [6].

2.6.5.1 Bor Fiberleri

Hava ve uzay araçlarının üretiminde kullanılan ilk kompozit malzeme bor fiberlerin kompozitleridir. Bor fiberlerinin dezavantajı maliyetinin yüksek olmasıdır [6].

2.6.5.2 Uzay ve Havacılık

Havacılık sektöründe bor kullanımı, kompozit malzeme kullanımının yaygınlaşmasıyla artış göstermiştir. Borun tutuşma sıcaklığının düşük olması, çevre dostu olması ulaşım araçlarında kullanılmasında avantajdır. Bor kimyasalları füze yakıtı olarak kullanılabilmektedir ve borhidrürlerin uçaklarda yakıt olarak kullanılması üzerinde çalışılmaktadır [6].

2.6.6 Enerji

Sodyum borhidrür yanıcı ve patlayıcı olmamaması, çevre dostu olması gibi özellikleri nedeniyle hidrojenin depolanmasında daha çok tercih edilir. Sodyum borhidrür, hidrojenin yakıt olarak kullanımının artmasıyla değer kazanacaktır. Hidrojen depolamadaki avantajının yanında yakıt pillerinde de yakıt olarak kullanılabilmektedir [6].

2.6.6.1 Nükleer Uygulamalar

Nükleer atıkların depolanmasında kolemanitten (bor cevheri) yararlanılmasının yanı sıra atom reaktörlerinde borlu çelikler, bor karbürler ve titan bor alaşımları kullanılmaktadır [6].

2.6.7 Sağlık

İnsan vücudu boru sentezleyemediği için az miktarda olsa da dışarıdan alınması gereken bir mineraldir. Vücutta kalsiyum, magnezyum, fosfor dengesini ayarlayıp sağlıklı kemiklerin ve kasların oluşumuna yardım eder. Ayrıca beyin fonksiyonu gelişimine de katkı sağlar. Kemik erimesi tedavisinde, alerjik hastalıklarda, menopozda sıkça kullanılmaktadır [6].

2.6.8 Çimento

Bor minerallerinden kolemanit çimento üretiminde kullanılmaktadır. Kolemanit klinker pişirme sıcaklığını düşürür ve çimento özelliklerini iyileştirir. Borlu çimento, portland çimentosu ile karşılaştırıldığında borlu çimento mukavemet, su ve gaz geçirgenliği, hidratasyon ısısı gibi parametrelerde daha iyi özellik gösterir. Borlu çimento atmosfere salınan karbondioksit miktarını da azaltmaktadır [6].

2.6.9 Kimya Sanayii

Kimya sanayiinde, çeşitli boyalarda, elektrolitik işlemlerde, korozyon önleyicilerin üretiminde bordan yararlanılmaktadır [8].

BÖLÜM 3

KOROZYON

3.1 Korozyonun Tanımı

Genel olarak korozyon, malzemelerin çevresel etkiler sebebiyle bozunmasıdır [11]. Korozyon, malzemenin bulunduğu ortamda tepkimeye girip bozunmasıyla amacına hizmet edemez hale gelmesine denir. Bozunma; malzemede fiziksel, kimyasal, mekanik veya elektriksel özelliklerde değişme olarak görülür. Korozyon bu bozunma olayı ve bozunma sonucu açığa çıkan zarar olarak da tanımlanabilir [12].

Endüstrinin her bölümünde korozyona rastlanabilir. Tanklar, depolar, direkler, korkuluklar, gemiler ve birçok makine korozyona uğrayabilir [13].

3.2 Korozyonun Önemi

Çelik üretiminin 18.yy da artmasıyla korozyonun önemi belirginleşmiştir. Dünyada ham çelik üretimi günümüze kadar artan bir ivmeyle devam etmektedir. Diğer demir dışı metaller ve metal alaşımlarının üretimleri de aynı şekilde artmıştır. Böylelikle korozyon insanlık için önemli sorunlar arasına girmiştir. Korozyonun sebep olduğu ürün kaybı ve çevreye olumsuz etkileri, yaralanmalar, ölümler (dolaylı korozyon kaybı) en az doğrudan korozyon kaybı kadar maddi kayıplara neden olur. Korozyonla uğranılan kayıplar; malzeme, sermaye, enerji, emek ve bilgi kaybı olarak gösterilebilir. Korozyonun en büyük zararı ise canlıların yaralanmalarına ve ölümlerine neden olmasıdır [12].

Korozyon hayatımızın her noktasında karşı karşıya kalabileceğimiz bir kavramdır. Bu sebeple oldukça önemli bir doğal olay konumundadır. Ekonomik açıdan olduğu kadar insan sağlığı açısından da önemlidir. Korozyon ürünlerinin besinlerin ve ilaçların içerisine karışması sağlık açısından kötü sonuçlar oluşturabilir [14].

3.3 Korozyonun Oluşumu

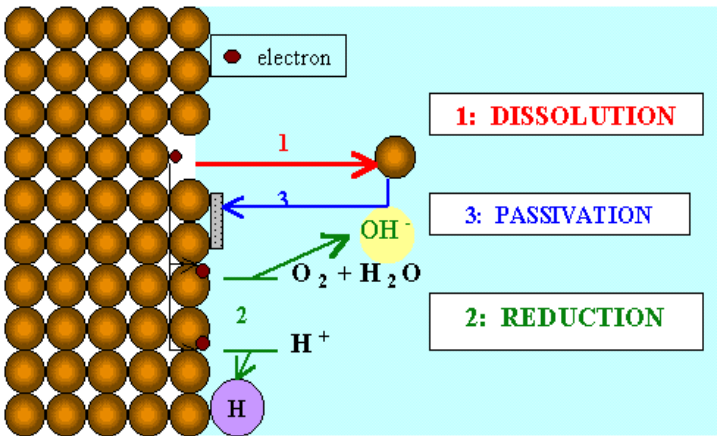
Korozyon kimyasal ve elektrokimyasal olaylarla gerçekleşmektedir. Bu olay doğal bir olaydır ve anodik ve katodik bölgelerde kendiliğinden gerçekleşir. Anotta yükseltgenme reaksiyonu ile metal, metal iyonu haline geçer. Açığa çıkan elektron metal üzerinde kalır. Korozyonun devam edebilmesi için açıkta kalan elektronların katoda geçmesi gerekir. Eğer anottaki elektronlar taşınmıyorsa, anot reaksiyonu bir süre sonra dengeye gelerek durur. Eğer, elektron taşınırsa korozyon devam eder [14].

Korozyon esnasında katodik (elektron alan-indirgenme) reaksiyonlar, anodik (elektron veren-yükseltgenme) reaksiyonlar ile bir arada oluşur [11].

Anodik Reaksiyon: Metalik iletkenden iyonik iletkene pozitif yük transferi olan elektron reaksiyonudur. Anodik reaksiyon oksitlenme reaksiyonudur.

Katodik Reaksiyon: Metalden elektrolite negatif yük transferinin olduğu elektrot reaksiyonudur. Katodik reaksiyon indirgenme reaksiyonudur.

Elektrot Reaksiyonu: Elektrolit ve metal ara yüzeyinde yük transferine neden olan kimyasal reaksiyondur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Korozyon Reaksiyonunun Oluşumu [11]

3.4 Korozyona Etki Eden ve Korozyon Hızını Etkileyen Faktörler

Ortamın Etkisi: Metallerin korozyona uğrama hızına en büyük etki bulunduğu ortamdır. Ortamdaki nem miktarı, asitlik–baziklik durumu, havanın, oksijeninin veya suyun ortam tarafından geçirilebilme yeteneği, kaçak akımlar ve çeşitli bakteriler korozyonu başlatıcı ve hızlandırıcı etkenlerdir.

Sıcaklığın Etkisi: Ortam sıcaklığının artması iyon hareketini artırdığından korozyon hızını da artırmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla oksijen konsantrasyonu düşer; fakat bu etki iyon hareketinin artmasından oluşan reaksiyonların yanında oldukça zayıf kalmaktadır.

Malzeme Seçiminin Etkisi: Korozyona etki eden etmenlerden bir diğeri de potansiyel farkı bulunan metallerin birlikte kullanılmasıdır. Bu durumun korozyonu başlatıcı ve hızlandırıcı bir etkisi vardır. Örnek olarak çelik sacdan yapılan panoların üzerine yerleştirilen paslanmaz çelik cıvata ve contalar bulundukları yerde galvanik korozyona neden olur. Bu gibi durumlarda conta ve cıvatalar, yüzeye plastik ile izole edilmelidir.

Taneler Arası Özellik Farkları: Metallerin tane boyutları arasındaki farklar ve iki tane arasındaki farklı konsantrasyonlar sonucunda iki tanenin sınırı, korozyonun başlaması için uygun bir ortam oluşturur [11].

3.5 Korozyona Karşı Alınacak Önlemler

Korozyon önlenmesi zor bir olaydır ancak yavaşlatılabilir. Tasarım, malzeme, ortam ve ara yüzeyler ile ilgili değişkenleri göz önüne alarak korozyonu önleyebiliriz. Bu durumlar değerlendirilip korozyonun sebebi bulunmalı ve ortadan kaldıracak ekonomik bir yöntem seçilmelidir [15].

3.5.1 Korozyon Ortamında Alınan Önlemler

Korozyon hızını ortamda değişiklik yaparak azaltabiliriz. Korozyon ortamında alınan önlemler, frenleyici kullanımı ve ortam saldırganının etkisi başlıkları altında incelenebilir [15].

3.5.1.1 Frenleyici Kullanımı

Frenleyiciler atmosferik veya sulu ortama eklendiklerinde, metalin bulunduğu ortam ile reaksiyona girmesine engel olurlar. Anodik ve katodik frenleyiciler bulunmaktadır. Sulu ortamlarda metal yüzeylerine etki ederek anodik reaksiyonu zorlaştıranlar anodik frenleyici; katot reaksiyonlarını zorlaştıranlar katodik frenleyicidir. Ayrıca hem anodik hem de katodik reaksiyonları zorlaştıran çift etkili frenleyiciler de bulunur [15].

3.5.1.2 Ortam Saldırganlarının Etkisi

Malzemenin bulunduğu ortam büyük önem taşımaktadır. Korozyon oluşumunu; konsantrasyon, sıcaklık, pH, korozif ortam akışkanının hızı gibi parametreler etkiler [15].

3.5.2 Malzemede Alınan Önlemler

Malzemede alınan önlemlerde en çok önem verilen yöntem, yüzey kaplama işlemleridir. Yapılan kaplamanın uzun ömürlü olması için yüzey temizliğinin iyi yapılmış olması gerekir ve bunun için de yapılan kaplamanın ömrünü uzatmada yüzey hazırlama işlemleri önem arz eder [15].

3.5.2.1 Yüzey Hazırlama

Metal yüzeyindeki yağ, toz, kir, oksit ve pas tabakalarının elimine edilmesi yüzey temizliğinin amacını oluşturur. Kaplama ya da boyaların uzun süre koruyucu olması için yüzey temizliğine ihtiyaç vardır. Yüzey temizliğinde uygulanacak yöntem, yapılacak boya ve kaplamaya göre değişir.

Yüzey kirletici maddeler, uygulanan kaplama ve kaplanacak yüzey arasında bir tabaka oluşturur ve kaplamanın kısa sürede bozulmasına sebep olur. Atmosferde beklemiş metal yüzeylerinde yağlar ve gresler, toz, toprak ve katı partiküller, pas ve metal oksit filmi gibi kirlenmelere rastlanır [15].

3.5.2.2 Yüzey Temizleme Yöntemleri

Kirlenmenin cinsi, derecesi, metalin kullanılma amacı ve ekonomik şartlar göz önünde bulundurularak yüzey temizleme yöntemlerinden biri seçilir.

Alevle temizleme yöntemi

Yüksek sıcaklıkta olan alev hızlıca yüzeyde gezdirilerek, yüzeyde bulunan organik bileşikler (eski boya kalıntıları gibi) temizlenebilir. Çok ince elemanlar alevle temizlenmemelidir; çünkü bu esas malzemeye zarar verir. Düşük sıcaklıkta eriyen malzemelerin bulunduğu kaynak, perçin gibi ek yerleri fazla ısıtılmamalıdır. Temizlik yapılması gerektiği şekilde yapıldıktan sonra temizlenmiş bölge astarlanmalıdır [15].

Mekanik yöntemle temizleme

Mekanik yöntemle temizlik işlemleri; basit el aletleri ile temizleme, elektrikli el aletleri ile temizleme ve kum püskürtme ile temizleme olmak üzere sıralanabilir.

Basit el aletleri ile temizleme tel fırça, zımpara gibi aletler ile metal yüzeyinin temizlenmesidir. Yüzeyde kalan tozlar temizleme işleminden sonra bir fırçayla süpürülür veya basınçlı hava verilerek giderilir. Elektrikli el aletleri ile temizleme, kum püskürtme işleminin yapılamadığı zamanlar yapılır. Bu yöntemde döner tel fırça, zımpara, aşındırıcı disk (taş) kullanılır. Kum püskürtme ile temizleme (kumlama) yöntemi metal yüzeyindeki kir, cüruf, pas gibi yabancı maddelerin giderilmesini sağlar ve boya için uygun pürüzlülük (25-75 µm) oluşturur. Uygulamadan hemen sonra astarlama yapılmalıdır [15].

Kimyasal yüzey temizleme yöntemleri

Yağ ve gresleri kimyasal yüzey temizleme yöntemiyle temizlemek mümkündür. Kimyasal yüzey temizleme yöntemi ile bütün kirler temizlenebilmektedir. Kullanılan malzemeye göre üç ayrı şekilde uygulanabilir.

Solvent ile yüzey temizleme yönteminde; solvent olarak alkol-eter karışımları, petrol damıtma ürünleri ve diğer organik çözücüler kullanılmaktadır. Solvent kirlenmesinin

sorun oluşturmaması için yüzey temizleme işlemi bittikten hemen sonra mutlaka durulama yapılmalıdır.

Alkali ile yüzey temizleme yöntemi; solvent ile yapılan temizlemeye göre daha az tehlikeli, daha ucuz ve verimlidir. Alkali temizleyiciler, su içinde çözünmüş olarak ve yüksek sıcaklıklarda kullanılırlar. Yüzeyde bulunan yağları sabunlaştırarak aktif bileşenler ile kirlilikleri yüzeyden uzaklaştırırlar. Sodyum karbonat, trisodyum fosfat, sodyum meta silikat, sodyum hidroksit, sodyum onosilikat gibi maddeler alkali temizleyici olarak kullanılır. Bu yöntemin en büyük sakıncası, temizleme sonucunda elde edilen yüzeyin alkali özellikte olmasıdır. Boya uygulanacak yüzeylerin alkali karakterde olması istenmediğinden, metal yüzeyin alkali temizleme yöntemlerinden sonra asitli su ile çalkalanması gerekmektedir.

Asit ile yüzey temizleme (Pickling) yöntemi de üçüncü yöntem olarak daldırma ve püskürtme şeklinde uygulanır. Kullanılacak asit konsantrasyonu önemlidir ve metal yüzeyinde bulunan pasın derecesine göre belirlenir. Asit çözeltileri içine daldırılarak yapılan temizleme işlemleri pratiktir ve uygulama alanı bu yüzden geniştir. Bu yöntemde malzemeler öncelikle sıcak asit çözeltisi içine daldırılır. Sonra su ile yıkanır ve ardından sıcak kromik asit çözeltisi içinden geçirilir, yıkanır ve kurutulur. Asit ile yüzey temizleme işleminden geçirilmiş olan malzemeler, sıcaklığı 25-80^{o}C arasındaki su banyosuna daldırılır. Asit çözeltisinin konsantrasyonu hacimsel olarak % 20 ile % 50 arasındadır. Banyo sıcaklığı ve asit konsantrasyonu metal yüzeylerin 10 dakikada temizlenmesini sağlayacak şekilde ayarlanır. Yüzeylerinde bulunan pas tabakası ve oksit filminin giderilmesi amacıyla, metallerin asit çözeltisi içerisine daldırılması işlemine pikling adı verilir. Bu işlemde en çok tercih edilen asit; kaynama noktasının yüksekliği ve hızlı temizleme özelliğinden dolayı sülfürik asittir [15].

3.5.2.3 Yüzey Temizliği ve Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzeyi temizlenmiş malzemenin kalite değerlendirmesinde yüzey temizliği ve pürüzlülüğü göz önüne alınır. Yüzey temizliği; yağ, toz, kir, pas gibi tüm kirlerin yüzeyden uzaklaştırılması şeklinde tanımlanırken yüzey temizlik derecesi ise, bu kirlerin yüzeyden temizlenme oranı olarak tanımlanır. Bu oran; görsel olarak karşılaştırma yöntemi ile belirlenmektedir [15].

3.5.2.4 Metalik Kaplama Yöntemleri

Metallerin yüzeyinin korozyona daha dayanıklı başka bir metal ile kaplanmasıdır. Yüzeyi kaplayacak olan metalin uygulanış şekline göre çeşitlendirilebilir.

Püskürtme yöntemiyle metalik kaplama

Metalin, toz veya tel şeklinde oksi-asetilen tabancalarında ergitilerek yüzeye püskürtülme işlemidir. Kaplama metali düşük ergime sıcaklığına sahip olmalıdır. Bu yöntem ile yapılan metalik kaplamalarda gözenek oluşma ihtimali olduğundan, oluşan bu gözeneklerin boya tabakasıyla kapatılması gerekmektedir. Büyük metalik yapıları kaplamada daha çok bu yöntem kullanılır [15].

Elektrolitik kaplama (Elektrolizle kaplama) yöntemi

Kaplama metali anot, yüzeyi kaplanacak metal katot olarak elektrolit banyosuna daldırılır ve uygun bir elektrot yardımı ile doğru akım kaynağına bağlanır. Elektrolit banyosu, kaplama metalinin bir tuzunun çözeltisinden oluşur. Anottaki metal iyonlarının indirgenmesi ve yüzeyi kaplanmak istenen katoddaki malzemenin üzerine yapışması ile elektrolitik kaplama gerçekleşmiş olur [15].

Daldırma yöntemiyle metalik kaplama

Ana malzeme, kaplama metalinin ergimiş çözeltisine daldırılır. Çinko, kalay, kurşun ve alüminyum, daldırma ile kaplamada kullanılan başlıca metallere örnek verilebilir. Kaplama metali düşük ergime sıcaklığına sahip olmalıdır. Genellikle kalın kaplamalar elde etmek için kullanılır. Kaplanacak yüzeyde homojen bir dağılım gerekli değilse ve kaplamanın uygulanacağı parça karmaşık bir yapıda ise tercih edilen bir yöntemdir [15].

3.5.2.5 İnorganik kaplamalar

İnorganik kaplamaları fosfat kaplama, kromat kaplama ve anodik işlemler şeklinde gruplayabiliriz. Metaller banyolara daldırılarak ortam ile reaksiyona girer ve yüzeyde tuzlardan oluşan bir tabaka meydana gelir. Fosfatlama bu işleme örnek verilebilir. Sonra pasifleme işlemi olan kromatlama yapılır. Fosfatlama çelik parçalara uygulanabilirken, kromatlama yalnızca Zn, Cd ve Al gibi hafif metallere uygulanır.

Fosfatlama, boyanacak yüzeyin boyaya hazırlanması için de kullanılır. Anodik işlemler, mekanik aşınmalara dayanıklı kalın oksit tabakalar elde etmek için de kullanılan bir yöntemdir. Uygun bileşimli bir banyo içinde metal anot olarak bağlanır. Elektrolit olarak Kromik asit, Okzalik Asit, Sülfürik asit çözeltileri kullanılır [15].

3.5.2.6 Organik kaplamalar (Boyalar)

Organik kaplama denilince akla gelen en önemli malzeme boyadır. Metalik yüzeylerin korunmasında yaygın bir şekilde kullanılmasının sebebi uygulama kolaylığı ve düşük maliyetidir. Boyalar su ve oksijenin metal yüzeyine temasını engeller, sıvı halde yüzeye uygulanır ve sonra sertleşirler. Atmosfere maruz kalacak ise iki kat şeklinde uygulanır. İlk tabaka astardır ve kimyasal reaksiyonlarla metal yüzeyleri korozyona karşı korur. İkinci tabaka ise su ve oksijen geçişini engeller. Korozyondan korunmak için kullanılan boya cinsine yapının bulunduğu ortamın korozif özelliklerine bakılarak karar verilir. Boyanın ömrü yapının ömrüne bakılarak belirlenmelidir. Boyalar korozyondan koruma işlemini gerçekleştirebilmek için; frenleyici etki gösterme, geçirgen olmama veya katodik koruma sağlama gibi özelliklerden en az birini barındırmalıdır. Fırça tatbikatı, daldırma, püskürtme ve elektrostatik yöntemler olmak üzere çeşitli yöntemlerle uygulanırlar.

Bu yöntemlerden püskürtme ve elektrostatik boyama yöntemleri ele alınmıştır [15].

Püskürtme yöntemiyle boyama

Yaygın olarak püskürtme yöntemi ile boyama yöntemi kullanılır; çünkü bu yöntem homojen kaplama kalınlığı ve esneklik sağlar. Aynı zamanda elle ya da otomatik olarak uygulanabilir. Püskürtülen boya miktarı makine ile ayarlanır. Boyanın içine şeffaf epoksi tiner karıştırılarak boya kalınlığı inceltilir. Boyanın kalınlığı, boya kuruduktan sonra, boya kalınlık ölçüm cihazı ile ölçülüp eğer yeterli kalınlık sağlanmadıysa istenilen kalınlık için bir kat daha boya yapılır [15].

Elektrostatik boyama yöntemi

Metale eşit bir kaplama kalınlığı, mükemmel tutuculuk, düzgün bir yüzey ve etkili bir korozyon dayanımı sağlar. Ayrıca, boyada damlama ve sarkma oluşmaması, güvenli oluşu ve istenilen düzeyde film tabakası elde edildiği için kullanımı yaygındır [15].

BÖLÜM 4

BOYA

4.1 Boya Tanımı

Boya, sıvı haldeki bir bağlayıcı madde ile asılı halde bulunan pigmentlerden oluşur. Genellikle bir substratı renklendirmek için kullanılan renkli organik bir bileşiktir. Örten bir katman oluşturacak şekilde genellikle katı yüzeye uygulanan koruyucu ve dekoratif kaplama malzemesidir. Dolayısıyla yıkama, sürtme gibi dış kuvvetlere karşı direnç gösterebilmektedir. Pigment diye adlandırılan renkli toz ile bağlayıcı diye adlandırılan reçinenin uygulandığı yüzey üzerinde parlak, yarı parlak, mat veya şeffaf film oluşturan bir karışımdır [16,17].

Boyalar, pigment veya pigment karışımının bağlayıcının bir kısmına ilave edilerek karıştırılmasıyla uygun bir dispersiyon ve ezilme sağlandıktan sonra; yapılacak renk ve viskozite ayarı için bağlayıcının kalan kısmına ilave maddeler ve çözücüler eklenmesi, elde edilen karışımın süzülmesi ve ambalajlanmasıyla oluşur [18].

4.2 Boyanın Ana Bileşenleri

Boya; bağlayıcılar, pigmentler, dolgu maddeleri ve çözücülerden oluşur.

4.2.1 Bağlayıcılar

Bağlayıcılar yüksek molekül ağırlığı olan uzun zincirli polimerlerdir. Bir yandan renk verici maddeler ile boya içinde bulunan diğer maddeleri bir arada tutarken, bir yandan da boyanın yüzeye yapışmasına ve bağlanmasına yardımcı olurlar. Bağlayıcının yapısı

boyanın tüm özelliklerini etkiler; çünkü boya bağlayıcı içine katılan maddelerle elde edilir [19].

Boyanın dış etkenlere karşı direnci, kullanılan bağlayıcının camsı geçiş sıcaklığına bağlıdır. Eğer yüksek dayanımlı boya elde edilmek istenirse polimerin camsı geçiş sıcaklığı yüksek olmalıdır. Bağlayıcı polimerin esnekliği ve zincir yapısı boyanın yüzeye yapışmasına etki eder. Polimer ne kadar düz zincirli olursa yüzeye yapışması da o kadar iyi olur [19].

Su bazlı boya sanayiinde en çok kullanılan reçineler; akrilik reçine, vinil reçine ve bunların kopolimerleridir. Vinil reçinelerle karşılaştırıldığında, akrilik reçineler daha iyi yapışma özelliğine sahip olduğundan boya yapımında daha fazla kullanılmaktadır.

Bağlayıcıların istenilen özelliğe kavuşması için farklı özellikteki monomerlerden yararlanılır. İstenilen esneklikte boyalar, yüksek camsı geçiş sıcaklığına sahip monomerler ile düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip monomerlerin kopolimerleştirilmesi ile elde edilir [19].

4.2.2 Pigmentler

Pigmentler, boyaya renk veren maddelerdir. Pigment molekülünün kimyasal yapısında olan renk verici gruplar ve yardımcı renk grupları pigmentlerin renk özelliklerini belirler. Ayrıca, aynı kimyasal moleküllerden oluşan renk pigmentlerinin temel tanecik büyüklüğü de pigment özelliğine etki eder [18].

Pigmentler yapılarına göre üç ayrı şekilde sıralanır:

İnorganik pigmentler: Isıya dayanıklılıkları yüksektir. Örtücülerdir, fakat renk seçenekleri kısıtlıdır. Örnek olarak; Titanyum dioksit (TiO_2) ve Çinko oksit (ZnO) verilebilir.

Organik pigmentler: Yüksek parlaklığa ve ışığa dayanıma sahip olmakla birlikte dış dayanımı ve örtücülüğü de kuvvetlidir. Pahalı olması dezavantajıdır. Azo bileşikler örnek olarak verilebilir.

Metalik pigmentler: Boyaya matlık, dolgu gücü ve maliyette avantaj sağlar. İri taneli toz malzemelerdir. Örnek olarak talk, barit, kalsit verilebilir [18].

4.2.3 Dolgu Maddeleri

Bulundukları ortamda çözünmeyen taneciklerden oluşan, boyanın teknik özelliklerini iyileştiren katı maddelerdir. Dolgu maddeleri boya maliyetini düşürmek için kullanılır. Çökmeyi önlemesi, akma eğilimini azaltması, boya filminin ömrünü uzatması (sürtünme, aşınma, korozyon, ışık vb. durumlar karşısında), katlar arası yapışmayı sağlaması ve yüzeyde matlaşmayı sağlaması boyaya kazandırdığı özelliklerden bazılarıdır. Dolgu maddeleri, renk ve örtücülük özellikleri ile renk pigmentlerinden ayrılır [18].

4.2.4 Çözücüler

Boyaların akışkanlıklarının ayarlanmasına ihtiyaç duyulduğundan bağlayıcıları inceltebilecek özellikte sıvılar kullanılır. Çoğu organik kaplamada inceltme amacıyla su kullanılmaktadır. Boyada çözücü olarak su kullanılmasının avantajı kokusuz ve çevreye zararsız olmasıdır.

Boya endüstrisinde çözücülerin kullanılma amacı; boya viskozitelerini uygulamalara uygun hale getirmektir. Çözücüler genellikle uçucu organik sıvılardır ve uygulama sonrası yüzeyi terk ederler. Alifatikler, ketonlar ve alkoller olarak sınıflandırılabilir. Polivinil alkol, Benzil alkol, İzobütanol önemli çözücüler arasında gösterilir.

4.2.5 Katkı Maddeleri

Boya formülasyonunda %1 oranında bulunmasına rağmen boyanın üretiminde, depolanmasında ve uygulanmasında önemli etkilere sahiptir. Üretim ve depolama esnasında boyada kullanılan katkı maddeleri, bağlayıcı ve renk verenlerin yüzey geriliminde etkin olarak; çökmeyi, akmayı ve köpük oluşumunu engeller. Yüzey ıslatıcılar ve yardımcı dağıtıcılar (dispersants) kullanılarak dağılım kapasitesi artırılır. Uygulama esnasında ise; yayılmayı artırıcılar, film oluşturucular, kurutucular kullanılarak daha düzgün bir film tabakası oluşturulur. Yapışmayı artırıcılar vasıtasıyla da boyanın uygulandığı yüzeye daha iyi yapışması sağlanır [19].

4.3 Boya Çeşitlerinin Sınıflandırılması

Boyalar karakteristiklerine göre üç grupta sınıflandırılır.

4.3.1 Çözünürlüklerine Göre Sınıflandırma

Çözünürlüklerine göre boyaları incelersek suda çözünen ve suda çözünmeyen boyalar olarak ikiye ayrılır. Suda çözünen boyalar; anyonik, katyonik, zwitter iyon karakterli boyalar olarak üç grupta incelenebilir. Suda çözünmeyen boyalar da organik çözücülerde çözünen, substratta çözünen, geçici çözünürlüğü olan, polikondenzasyon, elyaf içinde oluşturulan boyalar olarak gruplandırılır [20].

4.3.2 Kimyasal Yapılarına Göre Sınıflandırma

Boyalar kimyasal yapılarına göre; nitro ve nitroso, arilmetin, aza (18) annulen, molekül boyalar, polimetin, kükürt boyalar ve azo boyalar olmak üzere yedi farklı grupta incelenebilir. Azo boyalar organik boyaların en önemli sınıfını oluşturmakla birlikte; monoazo, diazo, triazo ve poliazo çeşitleri ile şu anda var olan en geniş kimyasal boya grubu olduğu da söylenebilir. Küpe boyalar ve kükürt boyalar haricinde tüm boyaların yapısında azo grubu vardır [20].

4.3.3 Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma

Boyalar boyama özelliklerine göre; bazik, asidik, direkt, mordan, metal-kompleks, reaktif, inkişaf, dispersiyon, küpe, pigment boyalar şeklinde sınıflandırılmaktadır [20].

Metal iyonlarının kompleks teşkili ile belirli gruplara sahip azo boyar maddeler, metal kompleks boyalarını oluşturmaktadır. Kompleks oluşumunda azo grubu rol oynar ve Ni, Co, Cr ve Cu iyonları metal katyonu olarak kullanılır. Metal kompleks boyar maddeler, 1:1 ve 1:2' lik olmak üzere ikiye ayrılır. Bakır kompleksleri, pamuk ve deri boyacılığında kullanılırken; krom kompleksleri daha çok yün boyacılığında kullanılmaktadır. Yıkama ve ışık haslıkları yüksektir [21].

4.4 Boya Testleri

Boya testlerinde güvenilir ve tekrar edilebilir sonuçlar elde etmek için test sonuçlarının karşılaştırılabilir olması gerekir. Bu nedenle ASTM, DIN, ISO ve TSE'de test koşulları ile ilgili geniş tanımlamalar yapılır.

4.4.1 Yaş Boya Üzerinde Yapılan Test ve Kontroller

4.4.1.1 Gözle İnceleme

Ambalajda bulunan boyanın üzerinde kaymak tabakasının var olup olmadığı; eğer varsa tabakanın kalınlığı ve sertliği belirlenmelidir. Kaymaklaşma görülüyor ve çok kalın değil ise; bu tabaka bozulmadan alınmalı ve boya süzüldükten sonra kullanılmalıdır. (Kaymaklaşma)

Boya kıvamı ve jel varlığı kontrol edilir. Jelleşme ile akışkan olmayanı kontrol esnasında ayırt etmek gerekir. Jelleşme olan boya karıştırılarak akıcı hale getirilemez; fakat jelimsi görünümü olan tiksotropik boyalara karıştırma ile akıcı özellik kazandırılabilir. (Jel Oluşumu)

Boyaların içerisinde bulunan farklı özelliklerdeki maddelerin fazlar halinde birbirinden ayrılıp ayrılmadığı kontrol edilir. (Faz Ayrışması)

Spatula ile boyada çökme olup olmadığı kontrol edilerek, çökme varsa çökmenin niteliği (sert veya yumuşak) belirtilir. Çökme yapan boya, karıştırılıp homojenize edilmeden kullanılmamalıdır. Karıştırma sırasında çökmenin niteliği; kolay karıştırılabilir, zor karıştırılabilir veya karıştırılamaz şeklinde belirtilmelidir. (Çökme)

Aplikatör ya da tabanca gibi uygulama aparatı ile yapılan uygulamalarda yüzeyde gözlenen harici taneciklere göre boyada yabancı madde olup olmadığı ve süzme yapılıp yapılmayacağı tespit edilir [22]. (Yabancı Maddeler)

4.4.1.2 Viskozite

Boyanın viskozitesi; yayılma, sarkma, fırça veya tabanca ile uygulanabilirlik özelliklerini etkiler. Gelişen boya sektöründe viskoziteyi ve viskoziteye bağlı özellikleri ölçmek için cihazlar geliştirilmiştir. Boya ve astar denildiği zaman, akışkan ürünler için DINCUP

(DIN4), FORD CUP (FORD4) viskozimetreleri; akışkan olmayan ürünler için BROOKFIELD viskozimetreleri kullanılır. Viskozite ölçümü sırasında sıcaklık kontrolü çok önemlidir. [22].

Test Yöntemi (DIN CUP 4 veya FORD CUP 4 ile Viskozite Ölçümü)

Viskozite ölçme cihazı temiz olmalıdır ve arka arkaya ölçümler yapılıyor ise deliğin temizliğine dikkat edilmelidir. Su banyosunda boyanın sıcaklığı 20 ± 0.5^0C' ye (veya üretici ile kullanıcının anlaştığı sıcaklık değerine) getirilir. İçerisinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde iyice karıştırılan boya, tam yatay olarak sehpası üzerinde bulunan DIN CUP içine deliği parmakla kapatılarak tamamen doluncaya kadar doldurulur. Kap içerisine hava kabarcığı girmemeli, eğer girmişse çıkışı için biraz beklenmelidir. Parmak delikten çekildiği anda çalıştırılan kronometre, devamlı ve kesintisiz boya akışı bitip boya damlamaya başladığı anda durdurulur. Akış sırasında veya ölçüm yapıldıktan hemen sonra boya sıcaklığı tekrar kontrol edilir. En az iki ölçüm yapılarak kabın boşalması için geçen süre saniye olarak tespit edilir.

Sonuç

Ölçümden elde edilen sonuç, ölçümün yapıldığı sıcaklık ve viskozimetrenin tipi belirtilerek verilir [22].

4.4.1.3 Yoğunluk

Boyanın formülasyonu ve ambalajlanması (ambalaj büyüklüğü ve tipinin seçimi) sırasında yoğunluğu önemlidir.

Test Yöntemi

Yoğunluk çoğunlukla 100 ml hacminde özel olarak yapılmış yoğunluk kabında (piknometre) ölçülür. Yoğunluk kabı darası alındıktan sonra, çok az miktarda taşacak şekilde boya ile doldurulur ve kapağı kapatılıp taşan kısmı temizlenir. Yeniden tartılır ve iki tartım arasındaki fark, 100 ml boyanın ağırlığı olup, hesaplanan değer kabın iç hacmine (100 ml) bölünerek yoğunluk bulunur. Ölçümler yapılırken boya sıcaklığı her zamanki gibi 20^oC olmalı ve kullanılan terazi en az 0.01 gr hassasiyetinde olmalıdır.

Sonuç

Boyanın yoğunluğu gr/cm^3 veya gr/ml cinsinden ölçümün yapıldığı sıcaklık belirtilerek verilir. Örneğin; 20^{o}C'de 1.16 gr/cm^3 şeklinde verilir [22].

4.4.1.4 Katı Madde Miktarı

Test Yöntemi

Çapı 50 mm, kenar yüksekliği 5 mm olan alüminyum kapaklar temizlenir ve darası alınır. Bu kapaklara 1-2 gr kadar boya numunesi tartılıp konulduktan sonra spatula ile yüzeye iyice yayılır. Boya tartılan kapak hava sirkülasyonu olan bir fırında, 105^{0}C'de 3 saat bekletilir. Süre bittiğinde desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılır.

Kapak darası : a gr.

Kapak + yaş boya : b gr. (fırına koymadan önce)

Kapak + kuru boya : c gr. (fırından çıktıktan sonra)

b – a : Kapağa alınan yaş boya miktarı

c – a : Kapakta kalan katı kuru boya miktarı

% katı madde = $\frac{c-a}{b-a}$ x 100

Sonuç

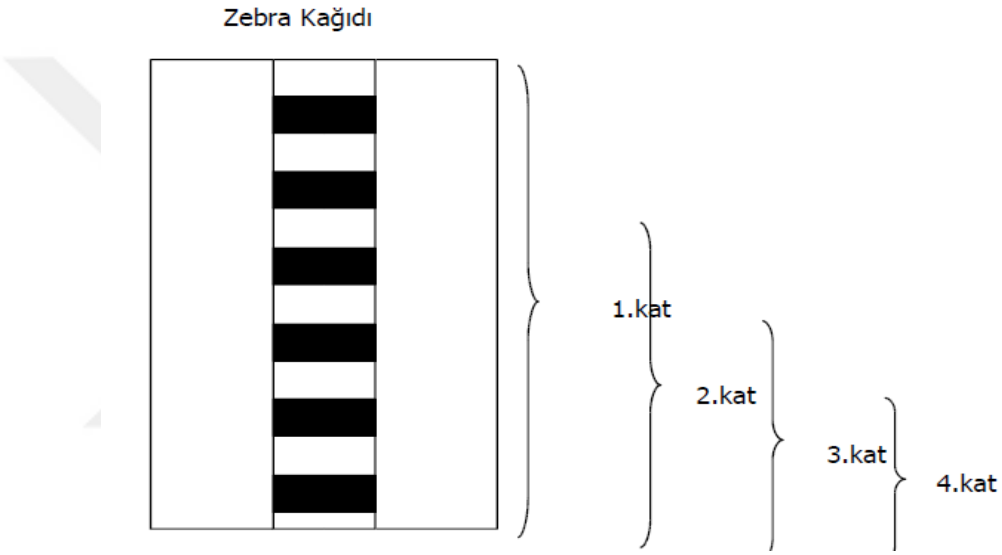
Her boya numunesi için en az üç kapakta katı madde miktarı bulunur ve ortalama değer hesaplanarak miktar, ağırlıkça % şeklinde ifade edilir. Katı madde miktarları arasındaki fark % 5' ten fazla bulunur ise deney tekrar edilir [22].

4.4.1.5 Örtme Gücü

Boyaların örtücülüğü, uygulandığı yüzeyi tamamen kapatması olarak tanımlanır. Bir litre boya ile kapatılan alan m^2 olarak m^2/lt şeklinde ifade edilir. Boyanın bu özelliği içindeki pigmentlerden kaynaklanır.

Test Yöntemi (Zebra Kâğıdı ile)

Test plakasının (225 x 365 mm) ortasına gelecek şekilde 6 cm genişliğinde Zebra Kağıdı kenarlarından şeffaf yapışkan bant ile yapıştırılıp plakanın tamamına bir kat boya uygulandıktan sonra her defasında şekildeki gibi 3-4 cm aşağıdan başlamak üzere 2., 3.,4.,... katlar uygulanır (Şekil 4.1). Böylelikle panel boyunca artan kalınlıklarda boya filmi elde edilir. Tam kuruma işlemi gerçekleştirildikten sonra, zebra kâğıdı üzerinde beyaz ve siyah şeritlerin fark edilmediği noktalar işaretlenir ve bu noktaların her iki yanındaki film kalınlığı ölçülür. Ölçülen ortalama değer, kuru film örtücülüğü olarak mikron cinsinden ifade edilir [22].

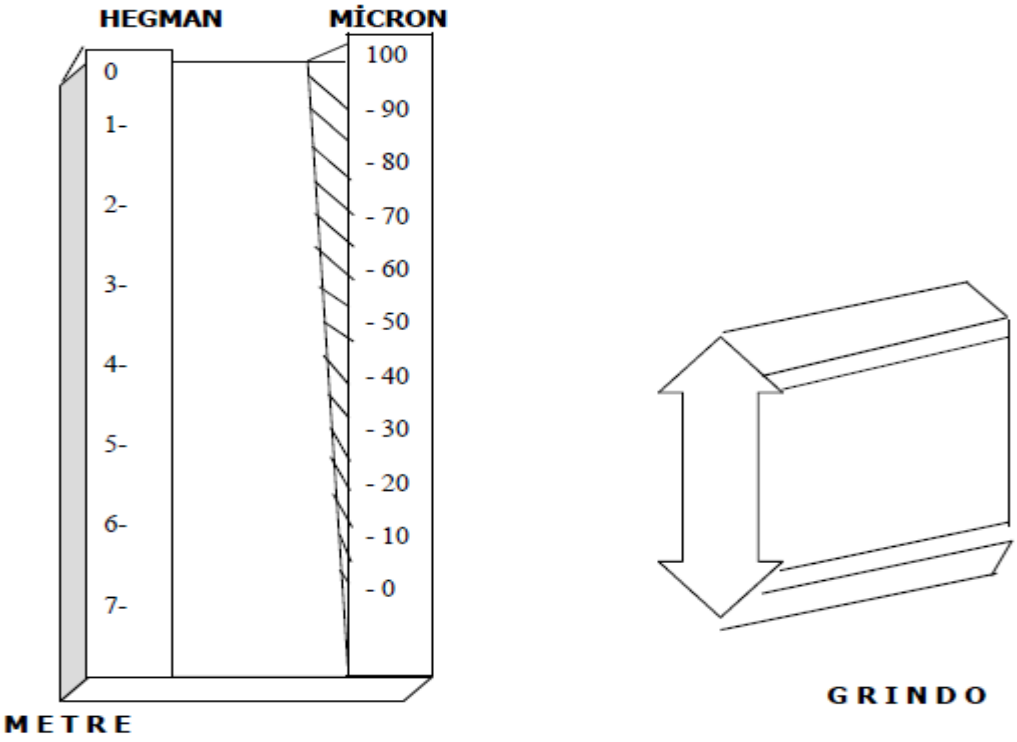


Şekil 4.1 Zebra Kâğıdı ile Boyanın Örtme Gücü Testi [22]

4.4.1.6 Ezilme İnceliği

Test Yöntemi

Ezilme inceliğinin tespiti için en yaygın kullanılan araç “HEGMAN GRİNDOMETRE”' olmakla birlikte, bu amaçla kullanılan tüm cihazların çalışma prensibi aynıdır. Bu cihaz, 20 x 5 cm boyutlarında çelik bir bloktur. Üzerinde dikdörtgen şeklinde bir oyuk açılmıştır ve oyuğun derinliği blok uzunluğunca “0” dan “100” mikrona veya “50” mikrona kadar değişir (Şekil 4.2).

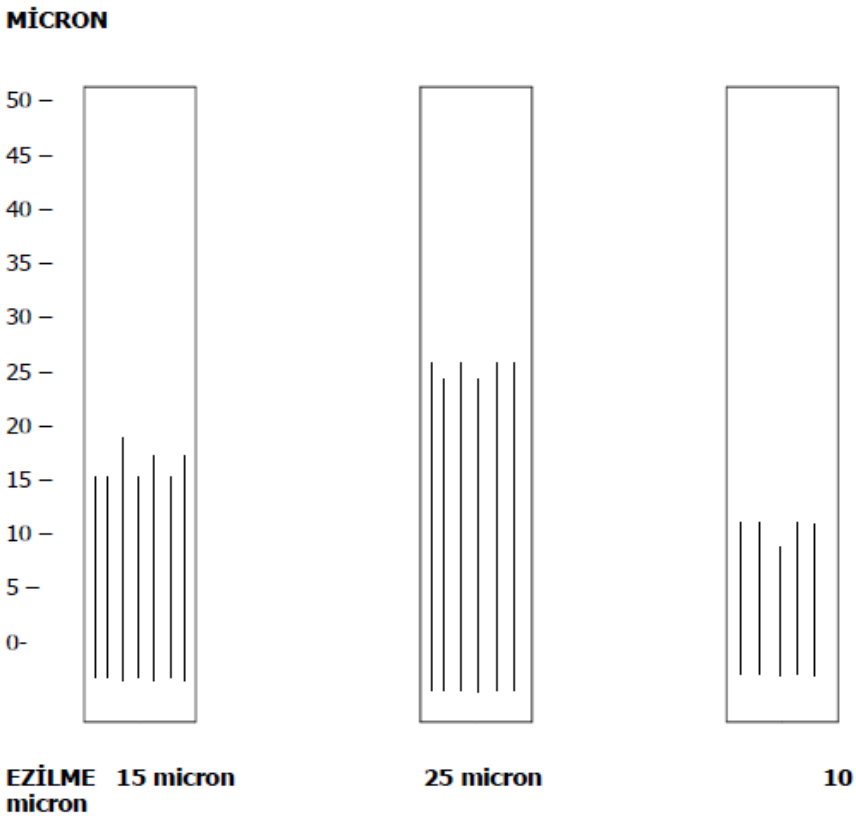


Şekil 4.2 Hegman Grindometresi [22]

Yatay bir masaya kaymayacak şekilde yerleştirilen çelik bloğun üzerindeki oyuğun derin kenarına 1-2 ml boya koyulur ve çekme bıçağı dik veya dikeye yakın bir şekilde tutularak sabit hızla çekilip boya oyuk üzerine yayılır. Beklemeden çelik blok ele alınır, göz hizasına getirilir ve farklı açılardan incelenir. Ezilme inceliğini sayısal bir değer ile ifade etmek gerekmiyorsa rutin kontrol daha kolay yapılabilir. Örnek boya, kabul edilmiş bir standarda göre cam panel üzerine bir aplikatör yardımıyla çekilir. Örnek boyanın ezilme inceliği, yaş halde ve kuruduktan sonra boya filmi incelenerek standarda göre iyi, kötü veya aynı olduğu belirlenir [22].

Sonuç

Bloktaki pigment taneciklerinin görüldüğü nokta ve o noktada okunan tane iriliği ezilme derecesi olarak saptanır. Ezilme derecesi, 15-25 mikron şeklinde ifade edilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Ezilme İnceliği Test Sonucu [22]

4.4.1.7 Akma-Sarkma Limitinin Belirlenmesi

Bu yöntem her tür boyanın akma – sarkma limitini belirlemek için kullanılabilir.

Gerekli Araçlar:

- Test Plakası (350mmx450mm)

- Yapışkan Bant

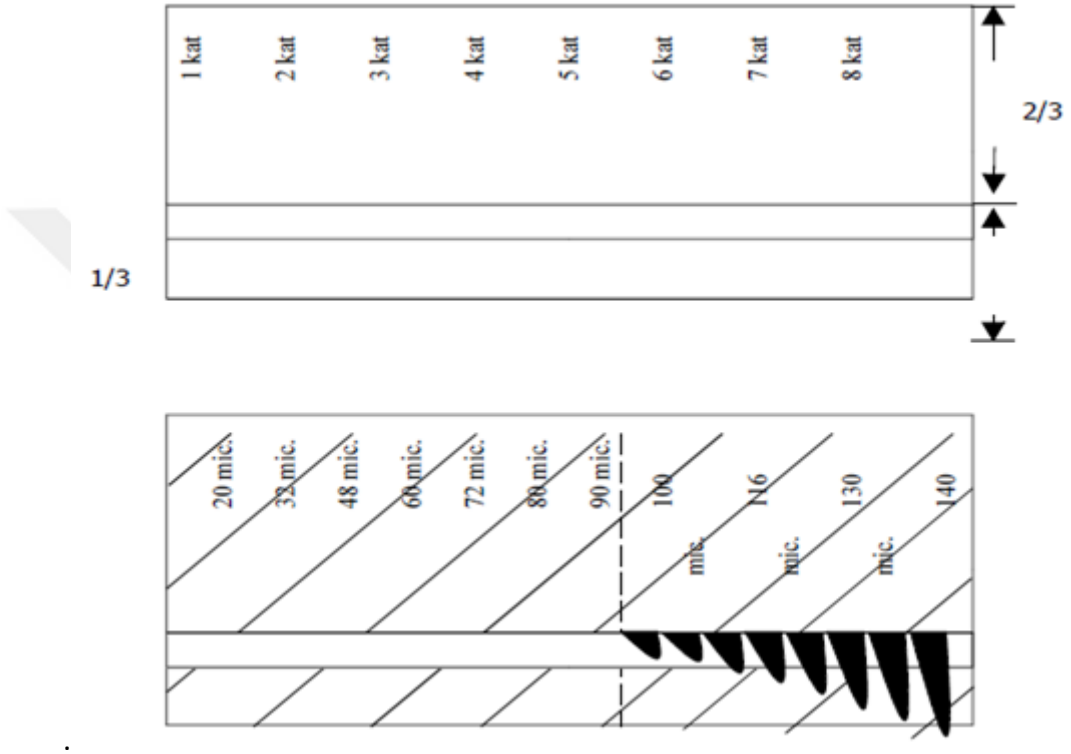
Test Yöntemi:

Test plakasına yapışkan bant yapıştırılır. Test plakasının tümüne 1 kat boya uygulanır. (Dikey olarak) Her defasında 3-4 cm sağdan başlayacak şekilde test plakası üzerine 2,3,4,5....katlar uygulanır. Uygulama yapılırken katlar arasında 1–2 dakika beklenir ve uygulama bittikten 1 dakika sonra yapışkan bant çıkartılır. Test plakası dikey olarak kurumaya bırakılır. Tam kuruma işlemi gerçekleştikten sonra, plaka üzerindeki film kalınlıkları ince filmden kalın filme doğru ölçülür. Boyanın akma-sarkmaya başladığı

nokta mikron cinsinden tespit edilir. Boyanın sarkma limiti, sarkmanın tespit edildiği ilk noktadaki kuru film kalınlığı olarak ifade edilir.

Sonuç:

Yaş boya filminin sarktığı kuru film kalınlığı ölçülerek belirlenir. Şekil 4.4 'te sarkmanın tespit edildiği ilk noktada ölçülen 90 mikron boya kalınlığı sarkma limitine örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Kuru Film Sarkma Limitine Örnek Gösterilmesi (90 mikron) [22]

4.4.2 Kuru Boya Üzerinde Yapılan Test ve Kontroller

Boyalar panellere uygulandıktan sonra kimyasal ve fiziksel değişiklikler geçirerek kururlar. Boyanın kendinden beklenilen fiziksel ve kimyasal özelliklerini tam olarak kazanabilmesi için kuruma süresinin ve bu süre içinde boya filminin bulunduğu ortam ve koşulların (nem, sıcaklık) etkisi çok büyüktür. Aksi belirtilmediği sürece, hava kurumalı boyalar uygulamadan 3-7 gün sonra, fırın kurumalı boyalar ise fırın çıkışından 24 saat sonra test edilmeli, boyalı paneller testten önce son 24 saati sıcaklığı ve nemi sabit tutulan bir klima odasında (20^0C / nem % 55 ± 5) muhafaza edilmelidir. Testlerde aşağıda belirtilen yöntem ile hazırlanmış paneller kullanılmalıdır.

Test Panellerinin Hazırlanması (TS 4320, ASTM-D609)

Boyaların performansını belirlemede, sayısı fazla olan ve objektif olarak değerlendirilmesi zor olan değişkenlerin kontrolü de zordur. Bunun için boya testlerinde kullanılan panellerin çok özenli seçilmesi ve hazırlanması gerekir. Testler için;

- Çelik paneller,

- Teneke paneller,

- Alüminyum paneller,

- Cam paneller,

- Galvaniz, Hafif metaller veya Kâğıt paneller kullanılabilir.

Çelik Paneller

Boya testlerinde kullanılan paneller passız, yüzeyi düzgün, soğuk çekilmiş çelikten olmalıdır. Çelik atmosferik çevreden etkilendiğinden hazırlanan paneller kullanıma kadar geçen depolama/bekleme süresince pasa karşı koruyucu bir madde ile korunmalıdır. Bunun için mineral yağları veya hiçbir katı içermeyen hidrokarbon çözücüler kullanılabilir. Test yaparken boya uygulanmadan önce paneller ya trikloretilen buharında ya da % 50 nafta ve % 50 ksilen karışımı çözeltiyle bir fırça veya bezle yüzeydeki her türlü yağ, kir ve tozdan arınacak şekilde temizlenmelidir. Çözücü ile temizlenmeyen kirler zımpara kâğıdı ile alınmalı, havada veya fırında kurutulan paneller daha sonra lif bırakmayan bir bezle kurulanıp silinmelidir. Paneller bu şekilde hazırlandıktan sonra test yapmak için boyanabilir. Temizlik işleminden sonra boya uygulanıncaya kadar eğer uzun bir süre geçecekse paneller su geçirmez kağıtlara sarılarak muhafaza edilmelidir. Boya uygulaması sırasında temizlenmiş panel yüzeylerine parmakla dokunmamak için paneller kenarından tutularak taşınmalıdır. Bazı durumlarda panellere boya uygulanmadan önce “Conversion Coating” adı da verilen fosfatlama işlemi yapılır. Fosfatlamadan önce bahsedilen şekilde yüzey temizliği uygulanır ve işlem sonrasında fosfat filminin tahrip olmaması için gerekli önlemler alınır.

Teneke Paneller

Teneke panellerde de çelik paneller için uygulanan prosesler geçerlidir. Fakat aşındırma yapmak gerekirse daha ince bir zımpara kullanılmalıdır.

Alüminyum Paneller

Boya uygulanacak alüminyum yüzeyler, her zaman özel bir işlem gerektirdiğinden karşılıklı kabul edilen bir yöntem ile temizlenmelidir. Bu işlem, genellikle belirli bir derişimdeki fosforik, sülfürik veya kromik asit banyosundan sonra, plakaları soğuk ve sıcak suyla iyice durulamaktır.

Cam Paneller

Temiz bir çözücü yardımıyla yıkanıp silinmesi yeterlidir.

Galvaniz, Hafif Metal veya Kâğıt Paneller

Temizlenmeleri ve boyaya hazırlanmaları çok farklı yöntemlerle yapılabilir. Fakat bu konu karşılıklı olarak belirlenmeli ve paneller amaca uygun olmalıdır [22].

4.4.2.1 Kuruma Süresi (TS 4317, ASTM D-1640)

Fırın kurumalı boyalarda kuruma süresi hep belirlidir. Boyanan parça belirli sıcaklıkta, belirli bir süre bekletilmelidir. Hava kurumalı boyaların kuruması uzun bir sürece sahip olup, bu sürecin çeşitli aşamaları aynı anlamda olan veya anlamları birbirine yakın olan farklı terimlerle ifade edilebilir. Bu terimlerden yaygın olarak kullanılan bazıları aşağıda açıklanmıştır:

Toz kuruması : Yaş boya filmi üzerine belirli periyotlarla pamuk lifleri düşürülür ve hafifçe üflenir. Liflerin iz bırakmadan hafif üfleme ile boya yüzeyinden uzaklaştırıldığı ana kadar geçen süre toz kuruma süresi olarak adlandırılır. İşaret parmağını boya yüzeyine çok hafif sürterek veya toz dökülerek (150 mesh $CaCO_3$) de belirlenebilir.

Dokunma kuruması : Boya filmine parmakla çok hafif bastırıldığı zaman, film yüzeyinde bozulma gerçekleşmediği ve parmağa boya bulaşmadığı ana kadar geçen süredir.

Montaj kuruması : Kuvvet uygulandığında boya filmi bozulmuyorsa veya kalan iz film yüzeyi yumuşak bir bezle silindiğinde kayboluyorsa boya, montaj kurumasını tamamlamış demektir.

Tam kuruma : Boya filmine baş parmakla basılıp en fazla kuvvet uygulanarak baş parmak 90^0 çevrildiğinde film bozulmuyorsa tam kuruma olmuş demektir.

Rötuş edilebilirlik : Boyaların üzerine gerektiğinde tamir amacı ile ikinci kat boyanın uygulanabilmesi için gereken süre en az ve en çok olacak şekilde belirtilmelidir. Bu süreler, boyaya ikinci kat uygulandığında kırışma, yapışma direncinin düşmesi, kabarma gibi bozukluklar görülerek belirlenir.

Zımparalanma süresi : Astarlar için önem gösterir ve ne kadar zaman sonra zımpara yapılabileceğini belirtir [22].

4.4.2.2 Renk Kontrolü (DIN6174)

Rengi tarif etmek için, standart olacak bir renk plakası veya kolaylıkla ulaşılabilecek standartlaştırılmış bir renk kataloğu ve renk numarası olmalıdır. (RAL 1015 gibi) Standart olarak belirlenen renk plakası, olabildiğince gerçek kullanım koşullarına uygun olarak hazırlanır. Diğer plakaların referans plaka ile renk farkı, görsel kontrol ve spektrofotometre ile ölçülen Delta E değeri ile belirlenir [23].

4.4.2.3 Parlaklık (TSEN 1871)

Parlaklık ölçümü fotoelektrik cihazlarla yapılır. Bu cihazlar bir ışık kaynağı ile yansıyan ışının şiddetini ölçen bir detektörden oluşur. Cihaz; ışık kaynağından çıkan ışınları, parlaklığın ölçüleceği yüzeye farklı açılardan düşürebilecek niteliktedir. Boya ve astardan bahsedildiğinde 20^o, 60^o, 85^o'lik açılarla ışık plaka üzerine düşürülebilir. Genellikle son kat boyaların parlaklığı 20^o veya 60^o' de ölçülür. Parlaklık boyanın pigment/bağlayıcı oranına, içindeki dolgu maddelerinin miktarına ve boya üretiminde ezilme aşamasının yeterli derecede yapılmasına bağlıdır. Solvent bazlı boyalar için TSEN 1871 2003 yılı standardı kullanılır. Parlaklık, özellikle dekoratif amaçlı kullanılan boyalarda mutlaka kontrol edilmesi gereken, son derece önemli bir özelliktir [22].

4.4.2.4 Sertlik

Kuru boya filminin sertliği, boya film kalınlığının dışarıdan gelen fiziksel ve atmosferik şartlara karşı olan direncidir. Boyanın sertliği yaygın olarak Pendulum (sarkaç) veya kalem sertliği şeklinde ölçülmektedir. Sarkaç yöntemiyle yapılan sertlik testleri, genellikle Kohing-Albert Pendulum veya Persoz Pendulum Sarkacı ile yapılır.

Test Yöntemi

Boya filmi üzerine küre şeklinde iki ayakla oturan sarkaç, belirli bir mesafeden salınıma bırakılır. Salınımın kısmen sönmesi için geçen süre veya salınım sayısı belirlenir. Salınımın sönmesi; sürtünmeye, plakanın cinsine ve küre şeklindeki ayakların boya filmi üzerinde yaptığı çökmeye bağlıdır. Diğer değişkenler sabit tutulduğunda küresel ayakların boya filmine yaptığı deformasyon (çökme) sertlik ölçüsü olarak alınabilir. Yumuşak bir boya filminde gerçekleşecek deformasyon daha fazla olacağından salınımlar da daha çabuk sönecektir.

Sonuç

Sonuçlarda görülen değerlerle birlikte film kalınlığı, yüzeyin cinsi ve ölçümde kullanılan aracın türü belirtilir [22].

4.4.2.5 Yapışma Testi (TS 4313, ASTM 3359, DIN 53151)

Boyanın uygulandığı yüzeyle birlikte tutulduğu durumdur. Yüzeylerin birlikte tutulmasını kimyasal ve/veya fiziksel kuvvetler sağlar. Boyalarda yapışmanın ölçülmesi, yapışmayı sağlayan tüm güçlerin toplamının ölçülmesi esasına dayanır. Ölçü boya filmini kaldırmak için gerekli olan kuvvettir. Kuru boya filminin yüzeyden kalkması çeşitli şekillerde olduğu için yapışmanın ölçülmesinde boyanın kaldırılmasında farklı yöntemler uygulanır.

Test Yöntemi

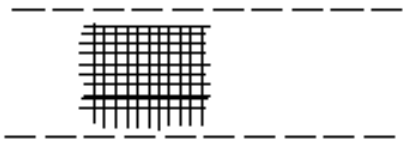
Yapışma testi iki şekilde yapılır:

a) Çapraz Çizgi Yöntemi: Yapışma özelliği tamamen güçlü olmayan (selülozik boya, astarlar, endüstriyel boyalar gibi) olan boya filmleri için kullanılır. Boya filmi üzerine 45^{o} açılı, 1.5-2 cm uzunluğunda iki çapraz çizgi çizilir (Şekil 4.5). Yan kenarları 135^{o}'lik

açıların karşısına gelecek şekilde çizgi üzerine yapışkan bant yapıştırılır. Bant ve panel arasında hava kabarcığı kalmamasına özen gösterilir. Yapışkan bandın serbest bırakılan ucundan, bant ani bir hareketle yüzeye dik olarak çekilir.

Şekil 4.5 Çapraz Çizgi Yöntemi ile Yapışma Testi [22]

b) Tarama Yöntemi (Kareleme) : En genel yöntem bu yöntemdir. Boya filmi üzerinde kuru film kalınlığı 60 mikrondan küçük ise 1 mm, 60-120 mikron ise 2 mm ve 120 mikrondan büyük ise 3 mm ara ile birbirini dik olarak kesen 11 yatay, 11 düşey çizgi çizilir (Şekil 4.6). Bunun sonucunda 1 cm^{2}' lik alan 100 eşit parçaya bölünür. Yapışkan bant, çapraz çizgi yönteminde tarif edildiği gibi uygulanarak değerlendirme yapılır.



Şekil 4.6 Kareleme Yöntemi ile Yapışma Testi [22]

Sonuçlar, banda yapışarak boşalan karelerin toplam alana oranı ile % cinsinden ifade edilebilir; fakat bu şekilde değerlendirme yapılması pratik olmadığından değerlendirmeler şu ifadelerle yapılır:

a) Mükemmel veya 0 (Gt-0); Tarama ile meydana getirilen karelerin hiçbiri dökülmemiş ve çiziklerin kenarları tamamen muntazam olan boyalarda kullanılan ifadedir.

b) Çok iyi veya 1 (Gt-1); Çiziklerin kesim noktalarında çok az miktarda boya dökülmüş ve boyası dökülmüş alan toplam alanın % 5'ini geçmiyor ise kullanılan ifadedir.

c) İyi veya 2 (Gt-2); Kesim yerleri ve yatay ve düşey çizikler boyunca boya filminin dökülmüş olduğu, birkaç karenin kısmen boşalmış olduğu boyalar için kullanılan ifadedir. Boyasız kalan alan toplan alanın % 15'ini geçmez.

d) Orta veya 3 (Gt-3); Kesim yerlerinden ve çizikler boyunca boya filmi dökülmüş, birkaç kare tamamen veya kısmen boşalmış boyalar için kullanılan ifadedir. Boyasız alan toplam alanın % 35 'ini geçmez.

e) Kötü veya 4 (Gt-4); Boya filmi çizikler boyunca geniş bantlar halinde dökülmüş, birçok kare kısmen veya tamamen boşalmış ise kullanılan ifadedir. Boyasız kalan alan toplam alanın % 65'ini geçmez. Sonuçlar verilirken; film kalınlığı, astar olup olmaması, boyanın tatbik edildiği yüzeyin cinsi ve kuruma şartları da belirtilmelidir [22].

4.4.2.6 Elastikiyet Testi

Boya ve benzeri malzemelerde elastikiyet, boya filminin bir değişiklik göstermeden bükülmesi ve uzayabilmesidir. Boyanın kuru film elastikiyet özelliğine ağır testlerle bakılır. Bu yöntemle boyanın sonradan uğrayabileceği deformasyonlara karşı direnci önceden belirlenmiş olur. Konik bükme, silindirik bükme ve derin çekme cihazlarının biri veya hepsi kullanılarak elastikiyet ölçülür.

Test Yöntemi

Konik bükme testi sanayi boyalarında kullanılan en yaygın elastikiyet testidir. Panel, 15 saniye içinde konik bir mandrel etrafında 180^{O} bükülür. Boya filminde çatlamaların uzadığı mesafe, koninin küçük tabanından itibaren ölçülerek mm cinsinden ifade edilir veya hesapla filmin uzama yüzdesi bulunur.

Sonuç

Ölçülen aralık milimetre cinsinden konik bükmenin ifadesidir. x mm'ye kadar kılcal çatlama veya y mm'ye kadar yüzeyden kopma veya komple ayrılma/Kuru Film Kalınlığı: µ / Test plakasının cinsi olarak belirtilir [22].

4.4.2.7 Darbe Direnci Testi (ASTM-D 2794, AWWA C 210/78, DIN 53154)

Kuru boya filminin, üzerine uygulanan ani kuvvetlere karşı oluşturduğu dirence darbe direnci denir. Bu test, boyalar için yapılmış özel darbe cihazları ile yapılır.

Test Yöntemi

Ucu yarı küresel bir ağırlık, yatay şekildeki boyalı panel üzerine dik olacak şekilde belirli bir mesafeden bırakılır. Yükseklik artırıldıkça boya ve metal yüzeyindeki kinetik enerji de artar. Bu test sonucunda, boyanın yapışkanlığı ve form değişimine bakılır [23].

4.4.3 Performans Testleri (Direnç Özellikleri)

Boyaların en son testi gerçek kullanım koşullarındaki performansının belirlenmesidir. Bu testler oldukça pahalı olduğundan ve uygulanması uzun zaman aldığından dolayı testlerin daha kısa sürede sonuçlandırılması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler; nem odası testi, tuzlu su sisi testi, yaşlandırma ve çözeltilere karşı dayanıklılık testleridir. Gerçek kullanım koşullarında alınan sonuçlar bu test sonuçları ile her zaman paralellik göstermese de alternatif iki boya sisteminin dayanıklılık açısından karşılaştırılmasını sağlar.

4.4.3.1 Nem Odası Testi (Nem Direnci) (ASTM D- 1 653)

Su, bütün yapı malzemelerini tahrip eder. Koruyucu boyalarla suyun bu malzemeler üzerindeki etkisi kontrol edilerek azaltılabilir. Boya filminin su veya su buharına karşı direnci nem odasında test edilir. Test, ASTM D-16532'e göre yapılır. ASTM D-7142’ ye göre raporlanır.

Test Yöntemi

Plakaların yan kenarları ve çıplak arka yüzeyleri dayanıklı boya ile kaplanarak, içinde %90 yapay nem ve 38 ^{o}C sıcaklık yaratılmış kabine konulur. Plakalar 48 saatte bir kontrol edilir. Boya filminin yüzeyinde yoğunlaşan su buharının film içerisinde yol alıp boya filmini tahrip etmesiyle kabarcık oluşur. Bu kabarcık sıklığı, ASTM D-714’e göre tespit edilerek sonuç; nem direnci olarak kaydedilir.

Sonuç

ASTM D-714 standardının belirttiği kabarcık sayısı ve büyüklüğüne göre sonuç ''az'', ''orta'' veya ''yoğun'' olarak belirtilir [22].

4.4.3.2 Tuzlu Su Sisi Testi (Salt Sprey) (ASTM B 117, DIN EN ISO 9227)

Boya sistemlerinin paslanma direncini ölçmek üzere geliştirilmiş bir testtir. ASTM B 117' ye göre yapılan test; ASTM D 714, ASTM D 610 ve ASTM D 1654' e göre raporlanır.

Test Yöntemi

Test plakalarının boya ile kaplanması nem odası yöntemiyle aynıdır. Plakalar, özel olarak yapılmış sprey kabini içerisine yerleştirilir ve % 5 derişimde Sodyum klorür çözeltisi sis halinde plakaların üzerine püskürtülür. Kabin sıcaklığı 35 $\pm 2^{o}$C' dir. Boyalı plakalar, 48 saatte bir kontrol edilir.

Sonuç

Bu özellikler genellikle, çizikten itibaren pasın ilerlemesi (ASTM D 1654), panel yüzeyinde paslanma (ASTM D 610), boya filminde kabarcıklanma (ASTM D 714), çatlama, pullanma, matlaşma, parlaklık kaybı gözlemleri ile değerlendirilir [22].

4.4.3.3 Yaşlandırma Testi (ASTM D 822, ASTM D 2244)

Yaşlandırma cihazı ile yapılan bir testtir. Farklı atmosferik koşulları simüle eder. Hızlandırılmış özelliği sayesinde yıllara varan sonuçlar için kısa zaman içerisinde fikir verir. Elde edilen sonuçlar; öngörülen yılların sonuçlarını tam olarak vermemekle birlikte, sadece kanıtlanmış ürünlerle karşılaştırmak ve bir ürün grubu içindeki dayanım farklılıklarını tespit edebilmek adına ürün performansını ortaya koyar.

Test Yöntemi

Bir kabin içerisinde UV ışık kaynağı ile güneş ışınları ve özellikle boyaları en çok tahrip eden UV ışınları panel üzerine düşürülür. Aynı zamanda pek çok memelerden su püskürtülerek yağmurlama yapılır. Geliştirilmiş çoğu modelde değişik uygulamalar (asit püskürtmeleri gibi) yapılabilmektedir.

Sonuç

Belirlenen saatler, 100 saat, 500 saat, 1000 saat, 2000 saat sonunda test edilen plakalar değerlendirilir. Renk değişimi ASTM D 2244' e göre raporlanır. Blister oluşumu ve yapışma kaybı ASTM D 822' ye göre raporlanır [22].

4.4.3.4 Çözeltilere Karşı Dayanıklılık Testi (DIN 53778)

Boyalar sürekli kimyasal maddelerle temas halinde bulunmaktadır. Bu nedenle, temasta bulunacağı kimyasal maddelere ve çözeltilere karşı direnci bakımından test edilir. Test, 23 ± 2^0C ortam sıcaklığında gerçekleştirilir.

Test Yöntemi

İzopropil alkol batırılmış pamuklarla 500 kez boyalı yüzeylere vuruş yapılmalıdır. Bu test, ispirto, benzin, üzüm sirkesi ve sulandırılmış toz deterjanlı pamuğu 15 saniye boyalı plaka yüzeyine sürtme şeklinde de gerçekleştirilebilir.

Sonuç

Boyalı yüzeyler tüm çözeltilere karşı dayanıklı olmalı, yüzeyde yumuşama ve renk değişimi olmamalıdır [23].

4.4.3.5 QUV Testi (ASTM G53, DIN 53587 ve DIN 53321)

Test Yöntemi

UV ışınlarına maruz kaldığında boyalı yüzeylerin renk değişikliğini belirlemek için kullanılır. Test edilen paneller cihaza yerleştirilir ve paneller gün aşırı kontrol edilir. Kontrollerde test yapılmayan yüzey ile karşılaştırma yapılır. Gözle kontrol ve cihaz ile ölçüm yapılır. $\Delta E>1$ olduğu durumda test sonlandırılır veya özel testler için ΔE sınırı belirlenir.

Sonuç

Cihazda bulunan lambanın gücüne göre test saatine karşılık gelen dayandığı süre (yıl) diyagram şeklinde oluşturulur. Elde edilen sonuçlar ürünün normal yaşlanma performansını % 100 doğrulukta göstermez. Fakat çıkan sonuç dayanıklılığı kanıtlanmış ürünlerle karşılaştırılabilir ve bir ürün grubu içinde ürün performansı belirlenebilir [22].

BÖLÜM 5

LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Alıcılar vd. (2015) tarafından ''Bor Katkılı Stiren Akrilik Boyaların Alev Geciktirme, Duman Bastırma ve Antibakteriyel Etkinlikleri'' üzerine yapılan çalışmada, su bazlı stiren akrilik boyaya; kütlece % 1, % 2 ve % 3 oranlarında sodyum tetraborat, kalsiyum ve potasyum metaborat, susuz ve sulu çinko borat gibi bor bileşikleri ilave edilmiştir. Katkılı boyaların boyama özellikleri, duman bastırma, alev geciktirme ve iki bakteriye karşı (E.coli ve S.aureus) antibakteriyel etkinlikleri belirlenmiştir. Boratlarla kıyaslamak amacıyla amonyum polifosfat katkısıyla deneyler tekrarlanmıştır. Yapılan deneyler ve analizler sonucunda, sodyum tetraboratın duman bastırıcı ve alev geciktirici olarak boyalarda kullanılabileceği, çinko boratın ise alev geciktirici özelliğinin yanısıra S.aureus bakterisine karşı etkin bir reaktif olabileceği gözlemlenmiştir. Sodyum tetraborat ilavesiyle boya viskozitesinde meydana gelen azalmanın kalınlaştırıcı kullanılarak giderilebileceği öne sürülmüştür. Çinko borat ve sodyum tetra borat katkılarının sağladıkları avantajların yanısıra, boyanın viskozite, parlaklık, renk şiddeti gibi diğer özelliklerini de olumsuz etkilemedikleri gözlemlenmiştir. Diğer borlu bileşikler (kalsiyum ve potasyum metaborat) duman bastırma ve alev geciktirme özelliklerine kısmen sahip olmalarına rağmen kullanılan bakterilere direnç gösterememişlerdir [3].

Binici vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada betonarme yapılar içerisindeki inşaat demirini korozyona karşı korumak için bazaltik pomza, kolemanit, barit ve öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu gibi yeni kaplama malzemeleri ileri sürülmüştür. Mineral katkılar içeren betonlarda, çeliğin korozyonu üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Demir donatılar, daha önce farklı bazaltik pomza, kolemanit, barit ve öğütülmüş yüksek

fırın cürufu karışımları kullanılarak elde edilen malzemelerle kaplanmıştır. Donatılara gömülü numuneler korozyona uğramak üzere bırakılmış ve çeşitli korozyon testleri gerçekleştirilerek oluşan korozyon oranları belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bilgilere dayanarak, mineral katkılar içeren betonlara gömülü ön kaplamalı çelik yapıların aşındırıcı ortamlarda korozyonu geciktirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye, çimento endüstrisinde yaygın olarak "pomza" diye adlandırılan zengin bir doğal puzzolan kaynağına sahiptir. Bazaltik pomzanın yüksek gözenekliliği bir avantajdır, çünkü hem ekonomiktir hem de kolay ezilmeye izin verir. Daha önceki bir çalışmada, pomza katmanı ile takviye korozyonu arasında yakın bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak sentetik antikorozyon kaplama malzemeleri için optimum karışım oranları belirlenmiştir [24].

Yapılan başka bir çalışmada, pomza katkılı boyalarla kaplanan betonların durabilitesi üzerinedir. 15x15x15 cm boyutlu standart numuneler, pomza katkılı boya ile kaplanarak deniz suyu içerisinde iki yıl bekletilmiştir. İki yılın sonunda betonlardaki korozyon oranları ile birlikte aşınma kayıpları ve korozyona dayanımları ölçülmüştür. Pomza katkılı boyalarla kaplanan betonlarda kaplamanın tabaka sayısı ile bağlantılı olarak, donatı korozyonu ve betonların basınç kaybında iyileşmeler görülmüştür. Ayrıca, donatı korozyonunun kontrol örnekle kıyaslandığında oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Pomzalar Nevşehir, Kayseri, Osmaniye ve Van'dan temin edilmiştir. Osmaniye bazaltik pomzası ile üretilen boyalar diğer bölgelerdeki pomzalara göre daha iyi korozyon direnci göstermiş ve en düşük kütle kaybını vermiştir. Bu çalışma ile pomzalı boyaların korozyon direncini iyileştireceği sonucuna ulaşılmıştır [4].

Adamsons (2000) yapmış olduğu bir derlemede otomotiv kaplama sistemlerinin profillerini ve kimyasal yüzey karakterizasyonunu detaylı olarak araştırmıştır. Çeşitli sistem bileşenleri (örneğin, clearcoat, taban kaplama, astar ve çelik alt katmanlı elektrokot veya plastik alt tabaka ile yapışma arttırıcı), yeterli ömür performansına sahip sistemler oluşturmak için dayanıklı, uyumlu ve birbirleriyle entegre olmalıdır. Çalışma, bu sistemlerin yüzey/yüzey yakınlığı ve derinlik profili incelemesinde uygulanan çeşitli ölçüm teknolojilerine odaklanmaktadır. Analitik araçların her biri uygulamalar açısından kaplanmıştır ve bir yüzey kaplama malzemesi olarak boyanın kullanımında, RAMAN, UV ve IR gibi karakterizasyon metodlarıyla kaplama kalitesi ve

dayanıklılığı incelenmiştir. Bu çalışma, araştırmacılara araçların kendi karakterizasyon ihtiyaçlarını ele almaya yönelik uygulamaları hakkında fikir verecektir [25].

Nemr vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada boya içeren bazik çözeltide birlikte çalışan halojenür katkıların alüminyum korozyonuna etkisi incelenmiştir. Oda sıcaklığında 0,1 M Sodyum Hidroksit çözeltisi içerisinde dört direkt boyanın (Direkt Siyah 22, Direkt Red 23, Direkt Sarı 12 ve Direct Siyah 101), iki asit boyanın (Metil Turuncu ve Metil Kırmızısı) ve bir reaktif boyanın (Reaktif Siyah 5) inhibitör etkisi incelenmiştir. Korozyon inhibisyonu verimliliği; boya konsantrasyonu ile birlikte artarken, 0,1 M KI mevcudiyetinde 2,5 mM Direkt Yellow 12 (DY12) için maksimum % 77 değerinde bir değer elde edilmiştir. Korozyon inhibisyonu, fiziksel adsorpsiyon mekanizması yoluyla boyanın Al yüzeyine adsorpsiyonuna bağlıdır. Çalışılan 7 boya üzerinde kuantum kimyasal hesaplamalar yapılarak moleküler yapıları ve korozyon inhibisyonu etkinlikleri arasındaki ilişki belirlenmiştir [26].

Yapılan başka bir çalışmada, katı faz reaksiyonu ile sentezlenen magnezyum borat uygun bir bağlayıcı aracılığı ile boya içeriğine ilave edilmiştir. Magnezyum Borat, Magnezyum Oksit ve Bor Oksitin sinterleme reaksiyonları sonucunda meydana gelmiştir. $Mg_2(B_2O_5)$ ve MgB_4O_7 formülasyonları ile boya yapısına katılan Magnezyum boratlar, çinko levhalar üzerine uygulandığında yüksek sıcaklığa dayanımı artırdığı görülmüştür. Ayrıca Limit Oksijen değeri de magnezyum boratın ilave edildiği boyaya alev geciktirici özellik kazandırdığı bilgisini doğrulamaktadır [27].

Giúdice ve Benitez (2001) tarafından klor içeren kaplamalarda çinko boratın alev geciktirici etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada, kaplamalarda antimon trioksit yerine $2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$ ve $2ZnO.3B_2O_3.7,5H_2O$ formüllü çinkoboratlar kullanılmıştır. $2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$ (2:3:3,5) çinko boratı TGA'da yüksek termal kararlılık göstermiştir. Yaklaşık %85,5 kütle fraksiyonu ile en yüksek kütle kaybını 800^oC' de sergilemiştir. Buna karşılık $2ZnO.3B_2O_3.7,5H_2O$ (2:3:7,5) çinko boratın ilk bozunma aralığı (2:3:3,5) den daha düşüktür. Limit oksijen indeksi ile bağlantılı olarak malzemelerin alev geciktirici özellik gösterdiği doğrulanmıştır. Sonuç olarak çinko borat 2:3:3,5 bileşiği çinko borat 2:3:7,5 bileşiğinden daha iyi performans sergilemiştir. Yüksek sıcaklıklarda serbest

bırakılan hidrat su molekülü sayısı, büyük bir miktar ısıyı absorbe edebildiğinden, bu ısı alev direncini yükseltmiş ve ısı artmasını geciktirmiştir [28].

Çinko borat ve diğer bor bileşiklerinin alev geciktirici özelliğini kanıtlar nitelikte farklı alanlarda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Garba (1998) tarafından yapılan çalışmada bazı tropikal odunlar üzerinde alev geciktirici formülasyon olarak çinko borat etkisi incelenmiştir. Çinko borat aşılanan tropikal odunlarda aşılama etkisinin sonuçları incelenirken termal karakteristikler de göz önüne alınmıştır. Bu muamele sonucunda alev yayılma hızı, parlaklık sonrası süresi ve alev sıcaklığı şiddetle azaltılmıştır. Kalıntı ve sınırlı oksijen indeksinde ise artış kaydedilmiştir. Çinko boratın, HCl ile asitleşmesinin, dehidrasyon, yoğunlaştırılmış faz ve buhar fazı mekanizmalarını içeren karmaşık bir işlemde, alev geciktirici formülasyonu olarak işlev gördüğü gözlemlenmiştir [29].

Bor bileşiklerinin alev geciktirici olarak kullanılabilirliğini gösteren başka bir çalışma ise tekstil sektöründe Gemci ve Gülşen (2010) tarafından yapılmıştır. Polyester esaslı kumaşın boyama suyu içerisine boraks dekahidrat ve borik asit kimyasalları farklı oranlarda ilave edilmiştir. Elde edilen numunelere yıkama ve ışığa karşı renk dayanımı testleri, renk ölçümü ve yanma testleri uygulanmıştır. Tutuşma sürelerine göre kıyaslama yapıldığında, tutuşmaya en dayanımlı olanın 30 g/l borik asit ile katkılandırılmış numuneler olduğu belirlenirken; en az renk farkı ise 20 g/l borik asit içeren numunelerde gözlemlenmiştir. Yıkama ve ışığa karşı direnç değerlerine bakıldığında referans numune ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Buradan yola çıkarak borlu bileşiklerin kumaşlarda renk direncini etkilemediği söylenebilir [30].

Yapılan bir diğer çalışmada, Borik Asit ve saf Çinko Oksit kullanılarak sentezlenen Çinko Borat elektrik kablolarında alev geciktirici özellik sağlaması amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen çinko borat formülasyonu ticari çinko borat ile aynıdır ve $2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$ şeklinde gösterilebilir. Elektrik kablolarında kullanılan PVC izolasyon malzemesine kristal yapısı ticari çinko borat ile aynı olan ve çalışmada sentezlenen çinko borattan % 2 ve % 3 oranlarında ilave edilmiştir. İlave edilen çinko borat katkılarının alev alma sıcaklıklarını 235^oC'ye kadar yükseltebildiği görülmüştür [31].

Yıldız vd (2009) tarafından yapılan çalışmada poliüretanın alev geciktirici özelliğini artırmak amacıyla yeni poliüretan-çinko borat kompozitleri hazırlanmıştır. İndüksiyon

zamanı testleri ile gözlemlenen ve gerçek hava koşulları odasının testleriyle desteklenen sonuçlara göre çinkoboratın polimerin oksidatif stabilitesi üzerinde çok önemli etkileri olduğu keşfedilmiş ve çinko boratla doldurulmuş poliüretanın daha iyi bir performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Önemli ölçüde alev geciktirme özelliği sağladığı kanıtlanan çinkoborat katkılı ürünü karakterize etmek için mekanik testler, termogravimetrik analiz ve taramalı elektron mikroskobu çalışmaları yapılmıştır [32].

Bourbigot vd (1999) nin yapmış oldukları çalışmada, çinko boratlar, EVA-ATH ve EVA-$Mg(OH)_2$ alev geciktirici bileşiklerinde sinerjik ajanlar ve duman bastırıcı olarak kullanılmıştır. Polimerin ısıtılması esnasında alüminyum trihidroksitin (ATH), Al_2O_3'e bozunmasının, tutuşma zamanında bir artış ile sonuçlandığı kanıtlanmıştır. Polimerin yanması esnasında ATH'den Al_2O_3'ün oluşumu birincil olaydır. Çalışmada çinko boratların (FBZB ve FB415), EVA24-ATH ve EVA24-$Mg(OH)_2$ bileşiklerinde yararlı sinerjik ajanlar oldukları ve duman bastırıcı gibi davrandıkları ispatlanmıştır. Aynı zamanda çinko boratın yapısı değişmekte ve çinko borat; yanma hızını azaltan, camdan yapılmış bir koruyucu tabakanın geliştirilmesinde yardımcı olarak kullanılmaktadır [33].

Doğan vd (2009) tarafından yapılan çalışmada bor içeren materyallerin, melamin siyanürat (MC) içeren poliamid-6 kompozitlerin alevlenebilirliği ve termal bozunumu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bir poliamid-6 (PA-6) polimerinde melamin siyanüratın (MC) alev geciktiriciliğini iyileştirmek için çinko borat, borofosfat, bor ve silikon içeren matris olmak üzere bor içerikli üç farklı malzeme kullanılmıştır. Limit oksijen ihtiyacı (LOI), termogravimetrik analiz-Fourier transform infrared spektroskopisi (TGA-FTIR), diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yanma ve termal bozunma karakteristikleri araştırılmıştır. TGA-FTIR sonuçlarına göre, bor bileşiklerinin ilavesinin hem MC hem de PA-6'nın gaz halindeki ürün dağıtımını değiştirmediği görülmüştür. Ayrıca bor bileşikleri alev geciktiriciliği fiziksel yollarla etkilerken yüksek yüklemelerde sadece borofosfatın karşılaştırılabilir limit oksijen indeksi değerleri verdiği, düşük sıcaklıklarda ise bor bileşiklerinin melamin siyanüratın degredasyonunda alev geciktirmeyi olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılabilir [34].

Boyanın hidrofobisite özelliği üzerine yapılmış bir çalışmada, Alan (2011) tarafından kendi kendini temizleyen boyar maddelerin dokuma kumaşları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Boyarmaddeler TiO_2 nanoparçacıkları içerdiğinden dolayı güneş ışınlarına maruz kaldıklarında uygulandıkları yüzeyde meydana gelen redoks tepkimeleri organik kirlerin parçalanmasına neden olmaktadır. Çalışmada üç farklı tipte dokuma kumaşı kullanılmıştır. Vişne, mürekkep ve kahve lekeleri için kendi kendini temizleme özelliği değerlendirilirken, leke gideriminin en çok kahve ve vişne lekesinde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. UV koruyucu özellikte olduğu bilinen TiO_2 etkisiyle kumaşların boyama sonrası performans özellikleri değerlendirilmiştir [35].

BÖLÜM 6

DENEYSEL TASARIM

Genel olarak deney tasarımı kavramından bahsedilecek olursa, deney sonucunu etkileyen faktörlerin oluşturduğu etmenleri önceden belirlemek ve bu faktörlerin alacağı olası değerler ile deneyin gerçekleşme sürecini kurgulamaktır denilebilir. Deney sonuçlarının karşılaştırılmasında istatistiksel olarak en çok kullanılan yaklaşım; iki faktörün karşılaştırılmasıdır. İkiden fazla farklı yöntemin karşılaştırılmasında ise varyans analizi yani standart sapmaların karşılaştırılması yöntemi kullanılır. Eğer çok sayıda etmen ve bu etmenlerin birbirleriyle etkileşimi söz konusu ise böyle deneylerin önceden tasarlanması gereklidir. Bunun için de çeşitli deney tasarımı yöntemleri geliştirilmiştir [36].

İstatistiksel analizlerde ilk ve en önemli adımı deneysel tasarım oluşturur. Deneysel tasarımın kullanılma amacı; prosesi etkileyen faktörlerin belirlenmesi, tanımlanması ve prosesin deneysel modelinin geliştirilmesidir. Deneysel tasarım tekniği, minimum deney sayısı ile maksimum bilgiyi edinerek, araştırmacının prosesin davranışını belirlemesine yardımcı olur. Prosesin davranışında etkili olacağı düşünülen faktörler değiştirilerek, proses hakkında bilgi sağlanmasının yanısıra proseste yapılması gereken değişiklikler de belirlenebilir. Deneysel tasarımlardaki başlangıç noktası, sonraki çalışmalara temel oluşturacak verilerin önceki çalışmalardan sağlanmasıdır [37].

6.1 Taguchi Deneysel Tasarımı

Deneysel tasarıma dayalı olarak Genichi Taguchi tarafından Taguchi Metodu geliştirilmiştir. Ürün veya prosese, tasarım aşamasında kalitenin kazandırılması bu

teknikte temel felsefeyi oluşturur. Taguchi çok yanıtlı problemlerin üzerinde durmak yerine tek yanıtlı problemlerin optimizasyonunu sağlamaya çalışmıştır. Fakat ihtiyaçların ve bu alandaki çalışmaların artması ile birlikte çok yanıtlı problemler üzerinde çalışılma gereği görülmüştür [38].

Genichi Taguchi kendi adıyla anılan yaklaşımıyla deneylerin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesindeki verimliliği artırmıştır. Böylece deney öncesinde yapılan analiz ve değerlendirmelerle yapılması gereken deney sayısını düşürmüştür. Bu metod sadece deney tasarım yöntemi olmanın ilerisinde, yüksek kalitede sistem tasarımı için de yararlı bir tekniktir. Deney sayısındaki azalma, faktörler arasındaki etkileşimlerin belirli ölçüde göz ardı edilmesinden ortaya çıkar [39].

6.2 Taguchi Yönteminin Uygulama Adımları

Taguchi Deney Tasarımı tekniğine göre yapılan bir çalışmada izlenen adımlar aşağıdaki gibidir;

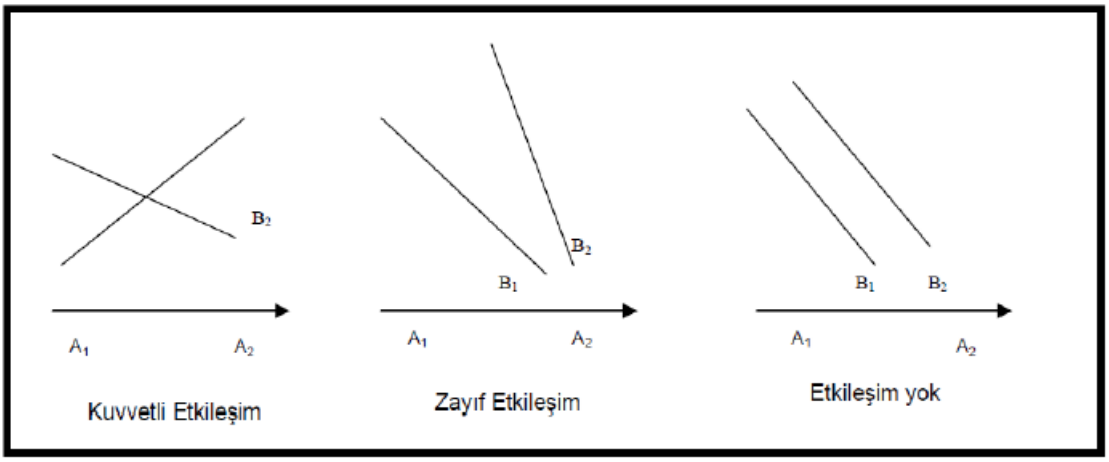
1. Değerlendirilecek faktör ve etkileşimlerin seçilmesi
2. Faktör düzeylerinin seçilmesi
3. Uygun ortogonal düzenin seçilmesi
4. Faktör veya etkileşimlerin kolonlara atanması
5. Testlerin yapılması
6. Sonuçların analiz edilmesi
7. Doğrulama deneylerinin yapılması [40].

6.2.1 Değerlendirilecek Faktör ve Etkileşimlerin Seçilmesi

Problemin çözümüyle ilgili amaç ortaya konulduktan sonra beyin fırtınası, süreç akış şeması ve sebep sonuç diyagramı gibi yöntemler kullanılarak değerlendirilecek faktörler seçilmektedir. Faktörleri; kontrol edilebilen ve gürültü faktörü olarak da ifade edilen kontrol edilemeyen faktörler olarak ayıran Taguchi yönteminde, kontrol edilebilen faktör sayısına göre tasarım belirlenmekte ve deneme yapılmaktadır [40].

6.2.2 Faktör Düzeylerinin Seçilmesi

Faktörlerin düzey sayısı belirlenmeden önce performans karakteristiğini etkileyen faktörler belirlenir. Faktörlerin seviyeleri iki, üç veya daha fazla olabilir. Faktör seviyeleri, serbestlik dereceleriyle ilgili bir fonksiyondur. Serbestlik derecesi, faktör seviyeleri baz alınarak hesaplanır. Deneyin büyüklüğünü belirlemek açısından serbestlik derecesi önemlidir. Bir faktörün serbestlik derecesi; seviyesinin bir eksiğidir. Aynı zamanda faktörlerin bireysel etkilerinin yanında faktörler arası oluşan etkileşimlerde belirlenir. Bu etkileşim etkilerine interaction effects adı verilmektedir. Böyle bir durumda etkileşim için serbestlik derecesi, etkileşen faktörlerin serbestlik derecesinin çarpımıdır. Toplam serbestlik derecesini ise her faktörün serbestlik derecesi toplamı verir. İki faktörün etkileşimli olması; bir faktörün (örneğin A) kalite değişkenine olan etkisi, diğer faktörün (örneğin B) hangi değerde olduğuna bağlıdır. Bu durum AXB olarak ifade edilir. Etkileşimli ve etkileşimli olmayan faktörlerin grafikleri Şekil 6.1'de gösterilmektedir [40].



Şekil 6.1 Etkileşimli ve Etkileşimli olmayan Faktörlerin Grafik Gösterimi [40]

6.2.3 Uygun Ortogonal Düzenin Seçilmesi

Taguchi, deneysel durumları açıklamak için ortogonal dizinleri oluşturmuştur. Ortogonal dizinin en önemli özelliği, birçok faktörün en az sayıda test edilmesi ve faktör seviyelerini eş zamanlı olarak değiştirme yapmaya imkân sağlamasıdır. Ortogonal dizinler problemlerin özelliklerine göre, 2 kademeli, 3 kademeli, 2 ve 3 kademeli olarak

belirlenmektedir. Ortogonal dizinler, tasarım matrisi olarak da adlandırılır. Genel gösterimi;

d: Toplam deney sayısı,

a: Faktörlerin düzey sayısı

k: Faktör sayısı

L: Ortogonal dizin

olmak üzere, $L_d(a)^k$ ya da L_d şeklindedir. Genel olarak kullanılan dizinler 2 seviyeliler için L_4, L_8, L_{16} ve L_{32}; 3 seviyeliler için ise L_9, L_{18} ve L_{27} dizinleri olmaktadır. Dizinlerin seçimi, düzey sayısı ve toplam serbestlik derecesine göre planlanmaktadır. Ortogonal dizin, ürün ortalaması ve varyansında etkili olan birçok faktörle aynı anda ve daha kısa sürede çalışmaya olanak vermektedir. L_9 tasarım matrisi örnek olarak Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 L_9 Tasarım Matrisi [40]

	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Ortogonal dizinler tam faktöriyel tasarımı gereği (2k veya 3k) çok sayıda yapılması gereken deneme sayılarını azaltmaktadır. Çizelge 6.1' de, tam faktöriyel tasarıma göre 3^4=81 adet deneme yapılması gerekirken, ortogonal dizinler kullanılarak deneme sayısı 9’ a düşürülmektedir. Ortogonal dizinin seçiminde öncelikle faktör grubunun toplam serbestlik derecesine bakılır. Faktör grubunun serbestlik derecesi, tüm faktör ve etkileşimlerin serbestlik derecelerinin toplamına eşittir. Toplam serbestlik derecesi

dizinlerden hangisine daha uygunsa tercih o yönde yapılır. Toplam serbestlik derecesine 1 eklendiğinde, deneme sayısına eşitse uygunluk sağlanmış demektir. Toplam serbestlik derecesi, deneme sayısından büyük veya eşit ise bir üst dizin uygundur anlamına gelir [40].

6.2.4 Faktör ve/veya Etkileşimlerin Kolonlara Atanması

Taguchi tarafından geliştirilen doğrusal grafikler ve üçgensel tablolar, faktör ve etkileşimlerin seçilen ortogonal düzene göre kolonlara atanmasında kullanılır. Faktörlerin atanacağı sütunları ve hangi sütunların faktörlerin etkileşimini kullanacağını, doğrusal grafikler gösterir. Üçgensel tablolar da faktörler arasındaki tüm etkileşimleri içerir [40].

6.2.5 Testlerin Yapılması

Testler, problemin belirlediği ortogonal dizinin satırlarının gösterdiği denemelerden oluşmaktadır. Deney boyunca hatayı minimize edebilmek ve gürültü faktörlerinin etkisini görebilmek, gözlem değerleri sayısının fazlalığına bağlıdır. Seçilen her bir deney tasarımı ne kadar çok test edilirse deneyin güvenilirliği o kadar artmaktadır [40].

6.2.6 Sonuçların Analiz Edilmesi

Kritik olan faktör ve etkileşimler olacak şekilde model oluşturulup analiz yapılmadan önce ürün performansına etkisi olan faktörler ve uygun düzeyleri belirlenir. Varyans analizi, faktör etkilerinin grafiksel gösterimi metodu, hesap tablosu metodu gibi metotlar kullanılarak elde edilen gözlem değerleri analiz edilir [40].

6.2.7 Doğrulama Deneylerinin Yapılması

Deney analiz sonucunda seçilen en uygun koşullar altında tekrarlanmaktadır. En iyi koşulları belirleyerek doğrulama deneyi yapılmaktadır. Deney sonucunda bulunan faktör-seviye kombinasyonu en iyi performans karakteristiği değerine ulaşırsa istenen gerçekleşmiş ve deney amacına ulaşmış olur [40].

BÖLÜM 7

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1 Kullanılan Malzemeler ve Kimyasallar

- Solvent Bazlı Boya (Duvar, Ahşap, Metal Boyası)
- Sentetik Tiner
- Clariant Nuva FSN Liquid Hidrofobiklik Sağlayıcı Malzeme
- Pomza (Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü)
- Çinko Borat (Eti Maden İşletmeleri, Balıkesir)
- Bor Oksit (B_2O_3) (Eti Maden İşletmeleri, Balıkesir)
- Demir plaka (10 cm x 10 cm) (Aynı miktarda korozyona sahip yüzeyli, YTÜ demir atölyesi)
- Alüminyum plaka (10 cm x 10 cm) (yüzeyine film yapıştırılmış ve daha önce kullanılmamış, YTÜ demir atölyesi)
- Zebra Kâğıdı (LENETA)
- İzopropil Alkol, %99,5 (ROTH)
- % 5'lik NaCl Çözeltisi (Saf Su + NaCl (Merck))

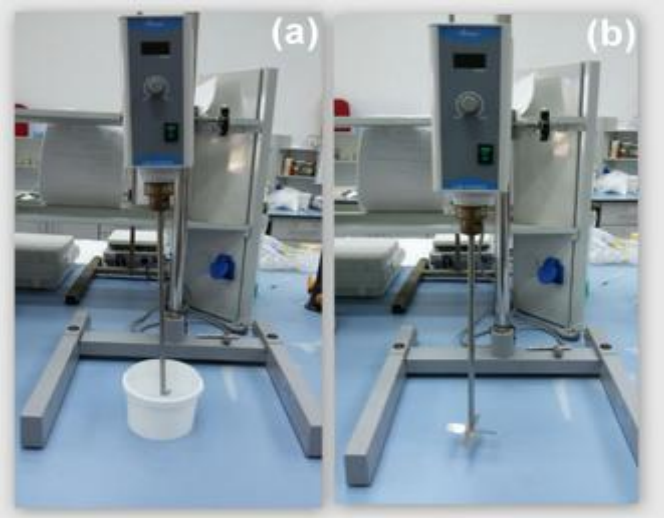
7.2 Deneylerde Kullanılan Cihazlar

- Mekanik Karıştırıcı (MTOPS Dijital MS-3020D)

- Viskozimetre (Lamy Rheology RM100)
- Aplikatör (TQC – Bird Film Applicators 4- Sided)
- Spektrofotometre (3 NH 45/0 NS800)
- Darbe Aleti (BYK-Chemia)
- Renk Ölçüm Cihazı (Datacolor 650)
- Tuzlu Su Sisi Sprey Kabini (Erichsen)
- UV Cihazı (Suntest CPS+)
- Kül fırını (Prometheus, PRO-7/PRG)
- TG/DTA Cihazı (SII Nanotechnology -SII6000 Exstar 6300)
- Temas Açısı Ölçüm Cihazı (KSV NIMA CAM 200)

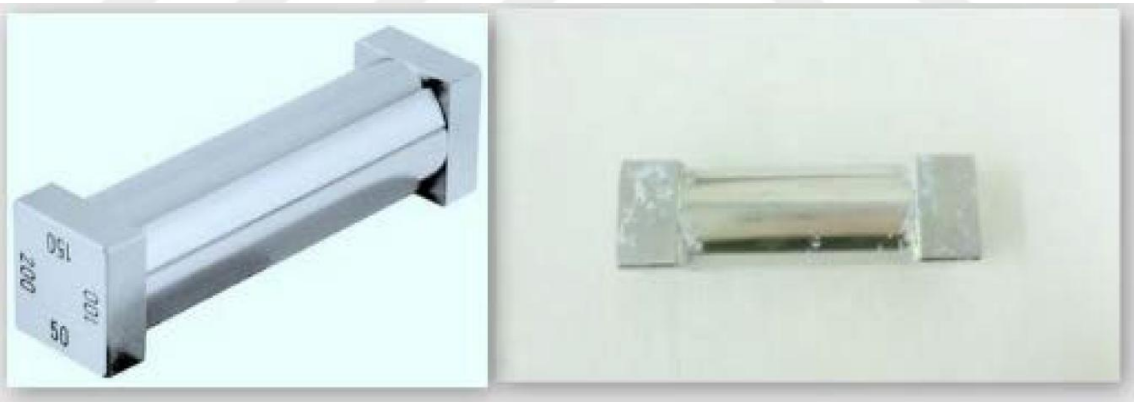
7.3 Deneyin Yapılışı

Bir miktar tinerle inceltilmiş 100 gram solvent bazlı boya içerisine kütlece % 0-6 (w/w) arasında farklı özelliklere sahip malzemeler ilave edilmiştir. Deney iki farklı setten oluşmaktadır ve her bir set 9 çeşit boya içermektedir. Setlerde, ilave edilecek katkı maddelerinin miktarları 3 parametre 3 seviye Taguchi Optimizasyon Metodu kullanılarak belirlenmiştir. Birinci set için; pomza, flor esaslı surfaktan bir malzeme olan Clariant Nuva FSN ve Çinko Borat katkıları solvent bazlı boya üzerine kütlece farklı yüzdelerde ilave edilirken, ikinci set için; diğer katkı maddelerinin aynı kalmasının yanısıra, solvent bazlı boya içerisine Çinko Borat yerine Bor Oksit ilavesi yapılmıştır. Elde edilen karışımlar 1000 rpm'de 3 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi ile karıştırma işleminin yapıldığı mekanik karıştırıcı Şekil 7.1'de gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Karıştırma İşlemi (a) ve Mekanik Karıştırıcı (b)

Bu işlem sonucunda her bir set için; Taguchi metodu baz alınarak farklı oranlardaki katkı maddelerine göre hazırlanmış 9 farklı içerikte boya karışımı elde edilmiştir. Elde edilen boyalar, çekme kalınlığı 150 µm olacak şekilde 10x10 $cm^{2,}$ lik özel hazırlanmış alüminyum ve demir plakalara aplikatör (Şekil 7.2) yardımı ile uygulanmış ve 24 saat kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 7.2 Aplikatör

Hazırlanan boya karışımları ve boyaların uygulandığı plakalar, örnek olması açısından Set-1 için Şekil 7.3'te gösterilmiştir.

Şekil 7.3 Set-1 Boya Karışımları ile Alüminyum ve Demir Plakalara Uygulanışının Gösterimi

Plakalar ve boya karışımları her iki set için de çeşitli testlere tabi tutulmuştur.

7.4 Uygulanan Testler

Plakalara uygulanmış boyaların yüzey özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan analizlerden önce, optimum özelliklere sahip boyaları belirleyebilmek için Taguchi Optimizasyon Metodu'nda çıktı olarak kullanılması amacıyla her iki setteki boya karışımları için yapılan viskozite ölçümü, Şekil 7.4' te gösterilen Lamy Rheology marka RM100 model viskozimetre ile yapılmıştır.

Şekil 7.4 Viskozimetre

Aplikatör yardımı ile boyaların uygulandığı metal yüzeyler ilk olarak kuruma testlerine tabi tutulmuş ve kuruma süresi belirlenmiştir. Bu süre fırın kurumalı boyalarda zaten biliniyor iken hava kurumalı boyalarda oldukça uzundur. Öncelikle yaş boya filmi üzerine belirli aralıklarla bırakılan pamuk lifleri ile toz kurumasına bakılmış, sonra sırasıyla film üzerine parmakla hafifçe bastırılarak dokunma kuruması ve başparmak ile boya filmine bastırılıp en fazla kuvvet uygulanarak parmak 90^{o} çevrildiğinde yüzeyde bozulma gerçekleşip gerçekleşmemesine göre tam kuruma kontrolü yapılmıştır. Tam kuruma kontrolünün uygulanışı Şekil 7.5' te gösterilmiştir.

Şekil 7.5 Tam Kuruma Kontrolünün Gösterimi

Alüminyum ve Demir plakalara uygulanan boyaların parlaklık değerleri, 3 NH marka NS800 model Spektrofotometre ile belirlenirken, aplikatör yardımıyla Zebra kağıdına uygulanan farklı içerikteki boya karışımlarının örtücülük değerleri de yine aynı spektrofotometre aracılığı ile okunmuştur. Plakalar ve parlaklık ölçümünün yapıldığı spektrofotometre Şekil 7.6' da gösterilmiştir.

Şekil 7.6 (a) Alüminyum ve Demir Plakalar, (b) Spektrofotometre

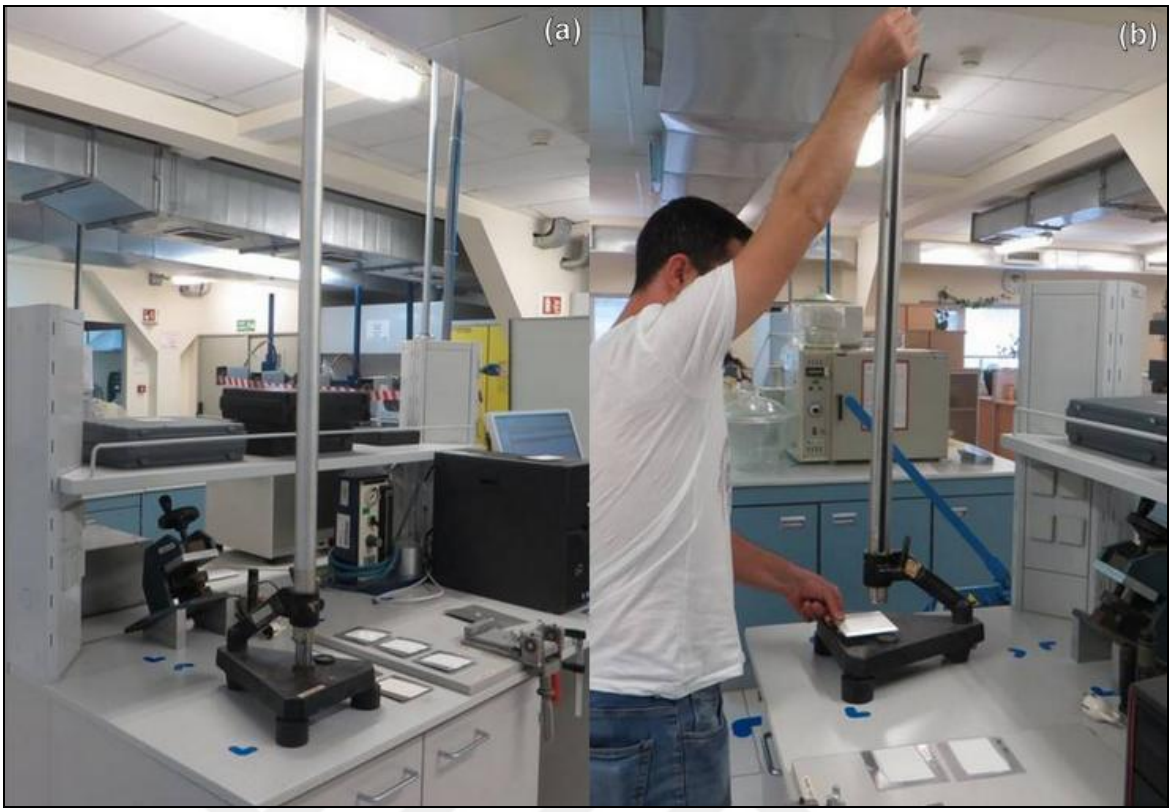
Boyanın uygulandığı yüzeyin örtme gücü ölçümünün yapıldığı Zebra kâğıdı ise Şekil 7.7' de gösterilmiştir.

Şekil 7.7 Örtme Gücü Analizinde Kullanılan Üzerine Boya Uygulanmış Zebra Kağıdı Örneği

Yapışma testi uygulaması için tarama yöntemi (kareleme) kullanılmıştır. Plakalara uygulanmış 150 µm kalınlığındaki kuru boya filmi üzerine kazıma bıçağı ile 3mm aralıklarla birbirini dik olarak kesen yatay ve düşey çizgiler çizilmiş; çizgilerin çizildiği yüzeyler üzerine yapışkan bant, bant ile plaka arasında hava kabarcığı kalmayacak şekilde yapıştırılmıştır. Bir ucu serbest bırakılan bant ani bir hareketle yüzeye dik olarak çekilmiş ve banda yapışan boya parçalarının olup olmamasına; varsa boşalan karelerin toplam alana oranına göre sonuçlar yüzde olarak belirlenmiştir. Bu test, referans boya ile her bir set için optimum özelliklere sahip boya karışımlarına uygulanmıştır. Şekil 7.8'de yapışma testinin referans boyaya uygulanışı örnek olması açısından gösterilmiştir.

Şekil 7.8 Yapışma Testinin Referans Boya Örneğine Uygulanışı

Darbe direnci testi, BYK-Chemia marka darbe aleti ile 90 cm yükseklikten 1 kg ağırlık plaka üzerine bırakılarak gerçekleştirilmiş ve darbe sonucunda boyalı yüzeyde çatlama gerçekleşip gerçekleşmediğine bakılmıştır. Darbe Aleti ve testin uygulanışı Şekil 7.9' da gösterilmiştir.



Şekil 7.9 (a) Darbe Aleti, (b) Darbe Direnci Testinin Uygulanışı

Çözeltilere karşı dayanıklılık testi, izopropil alkol batırılmış pamuklarla 500 kez boya uygulanmış yüzeye vuruş yapılması ile gerçekleştirilmiş ve bu işlem sonucunda boyada herhangi bir aşınma olup olmadığına bakılmıştır.

İlave katkı maddelerinin yangına dayanım üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla referans boya ve her iki setin optimumu olarak belirlenen boya plakaları Prometheus marka kül fırınında 25^{o}C' den 400^{o}C' ye kadar her 10^{o}C' de bir görsel kontroller yapılarak ısıtılmıştır. Böylece farklı sıcaklık değerlerinde boya yüzeylerinde meydana gelen değişimler gözlemlenebilirken, hangi sıcaklık değerinden sonra boyanın tamamen yanmış olduğu ve o sıcaklık değerlerinde optimum boyaların referans boyalara kıyasla görsel özelliklerinin nasıl olduğu belirlenmiştir. Analizin yapıldığı kül fırını Şekil 7.10' da gösterilmiştir.

Şekil 7.10 Kül Fırını

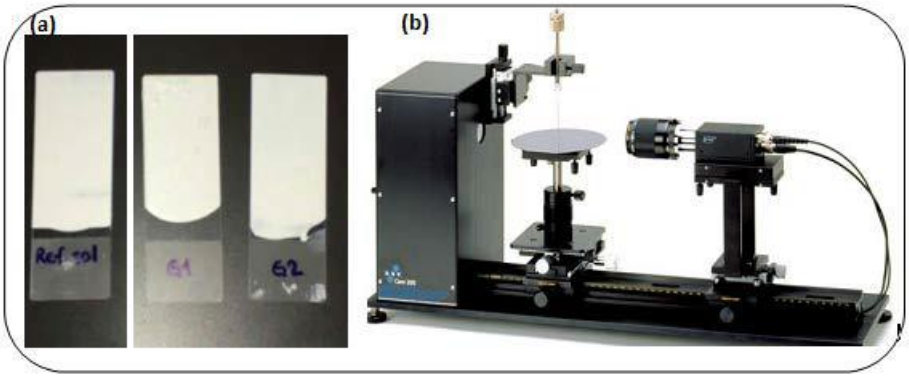
Referans ve optimum özelliklere sahip boyalarda alev geciktirici özelliğin daha hassas bir şekilde incelenebilmesi için toz haline getirilen boya numuneleri SII Nanotechnology marka SII6000 Exstar TG/ DTA 6300 model cihazda termogravimetrik analize tabi tutulmuş ve her bir numune kütlesinin sıcaklıkla nasıl değiştiği belirlenmiştir. Bu sayede numunelerin yangına dayanımı daha hassas bir şekilde kıyaslanmıştır. Analizin yapıldığı cihaz Şekil 7.11'de gösterilmiştir.

Şekil 7.11 TG/DTA Cihazı

Boyanın kendi kendini temizleme (hidrofobisite) özelliğinin incelenebilmesi için kuru boya filmi üzerine bir şırınga yardımıyla 0,1 ml hacmindeki su damlatılarak bir süre

bekletilmiştir. Plakalar yavaşça dik konuma getirilip suyun boya filmi üzerindeki akış hareketi incelenmiş ve yüzeyde bıraktığı ıslanabilirlik göz önüne alınarak her iki set için de plakalar üzerine uygunlanmış boyalar görsel olarak kıyaslanmıştır.

Referans ve Optimum özelliklere sahip boyalarda bu kıyaslamanın daha hassas yapılabilmesi için lamel üzerine aplikatör yardımıyla 150 µm kalınlıkta çekilmiş boyaların yüzey özellikleri KSV marka Temas Açısı Ölçüm Cihazı ile belirlenmiştir. Boyanın cam yüzeye uygulanışı ve ölçümün gerçekleştirildiği cihaz Şekil 7.12' de gösterilmiştir.



Şekil 7.12 (a) Lamel Üzerine Uygulanmış Boya, (b) Temas Açısı Ölçüm Cihazı

Referans boya numunesi baz alınarak Datacolor marka 650 model Spektrofotometre cihazı ile 360-700 nm dalga boyu aralığında D65/10 ölçüm geometrisinde renk ölçümü yapılmıştır. Alüminyum ve demir plakalara uygulanan optimum özellikteki boya karışımları için yapılan renk ölçümünde referans numune ile renk farkı matematiksel olarak Delta E değeri ile ifade edilmiştir. Analizin gerçekleştirildiği spektrofotometre Şekil 7.13' de gösterilmiştir.

Şekil 7.13 Datacolor 6500 Spektrofotometre

Metal yüzeyine uygulanan boya filmi üzerine sürekli olarak spreylenen tuzlu su (%5'lik Sodyum klorür) çözeltisine karşı korozyondan koruma direncini ölçmek amacıyla referans ve optimum özelliklere sahip boyalara Tuzlu Su Sisi Testi uygulanmıştır. Tuzlu suyun pH'ı 6,5-7,2 arasında kabul görürken, püskürtmek için kullanılan hava 0,7-1,4 bar arasında olmalıdır. Sprey Kabini içerisine yerleştirilen plakalar, 96 saat boyunca teste tabi tutulmuş ve bu esnada belirli aralıklarla boya film yüzeylerinin görsel olarak kontrolü yapılmıştır. Şekil 7.14' te tuzlu su sisi sprey kabini gösterilmiştir.

Şekil 7.14 Tuzlu Su Sisi Sprey Kabini

UV Işığa Dayanım Testi, referans ve optimum özellikteki boyaların uygulanmış olduğu alüminyum ve demir plakalar üzerine, kuru ortamda 550 W/m^2 'lik ışınlama gücü ile 250 saat boyunca uygulanmıştır. Bu test, Şekil 7.15' te gösterilmiş olan Suntest CPS Plus Cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Şekil 7.15 Suntest CPS Plus UV Işığa Dayanım Cihazı

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

8.1 Taguchi Metodu Sonuçları

Bu çalışmada Taguchi'nin çok sayıda deneysel durumu açıklamak için oluşturmuş olduğu farklı ortogonal dizinlerden L-9 ortogonal dizini kullanılmıştır. Bu dizininin kullanımına 3 parametrenin 3 farklı seviye için değerlendirilebileceği göz önüne alınarak karar verilmiştir. Normalde tam faktöriyel yaklaşımına göre her bir deney seti için, 3^3=27 adet boya içeriği hazırlanması gerekirken, ortogonal dizinler yardımı ile bu sayı 9'a düşürülmüştür. Deneysel analiz için kullanılan L-9 ortogonal dizini ve analizde çıktı olarak kullanılmış olan viskozite değerleri ile bazı testlerin sonuçları Çizelge 8.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.1 Taguchi L-9 Ortogonal Dizini, Set-1 ve Set-2 Viskozite Değerleri ve Bazı Testlerin Sonuçları

No	A	B	C	μ (cp) Set1	μ (cp) Set2	Ph	Adhezyon Testi	Hidrofobisite Testi
1	1	1	1	939,4	939,4	6	+	+
2	1	2	2	1240	1187	6	+	+
3	1	3	3	1525	1580	6	+	+
4	2	1	2	967,3	1142,9	6	+	+
5	2	2	3	1817	1324	6	+	+
6	2	3	1	1482	1434	6	+	+
7	3	1	3	868,3	877,1	6	+	+
8	3	2	1	1658	1635	6	+	+
9	3	3	2	1561	1766	6	+	+

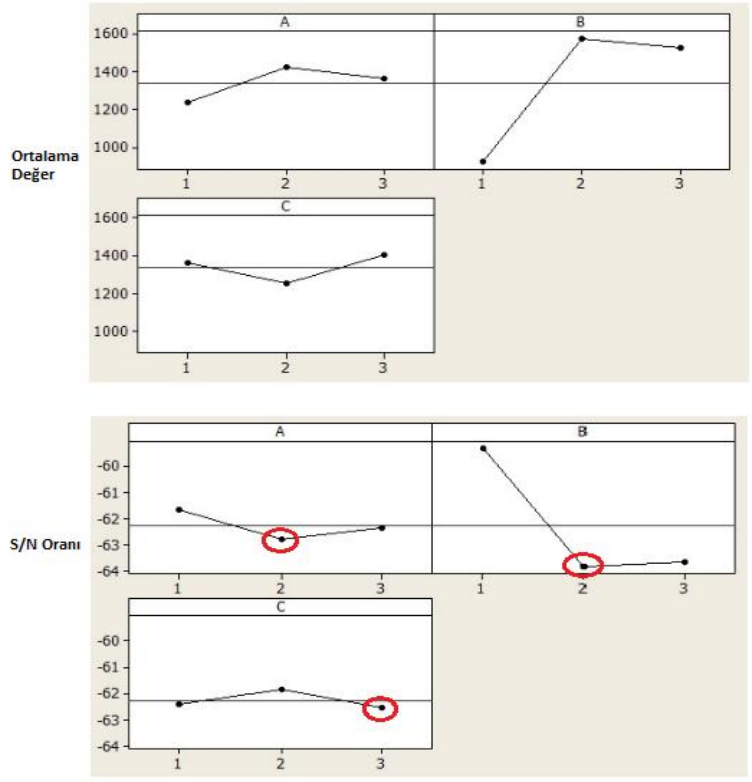
Çizelge 8.1' de A, B, C olarak ifade edilmiş olan parametreler Set-1 için sırasıyla Clariant Nuva FSN, Çinko Borat ve Pomza olarak belirlenmiştir. Set-2 için ise; Clariant Nuva FSN ve Pomza parametre olarak sabit tutulurken, B ile ifade edilen Çinko Borat yerine Bor

Oksit kullanılmıştır. Ortogonal dizinde 1, 2 ve 3 rakamları ile ifade edilen değerler deneysel parametrelerin seviyelerini göstermekte ve Çizelge 8.2' de ifade edildiği gibi, bu çalışmada kütlece % 0-6 aralığında değişmektedir.

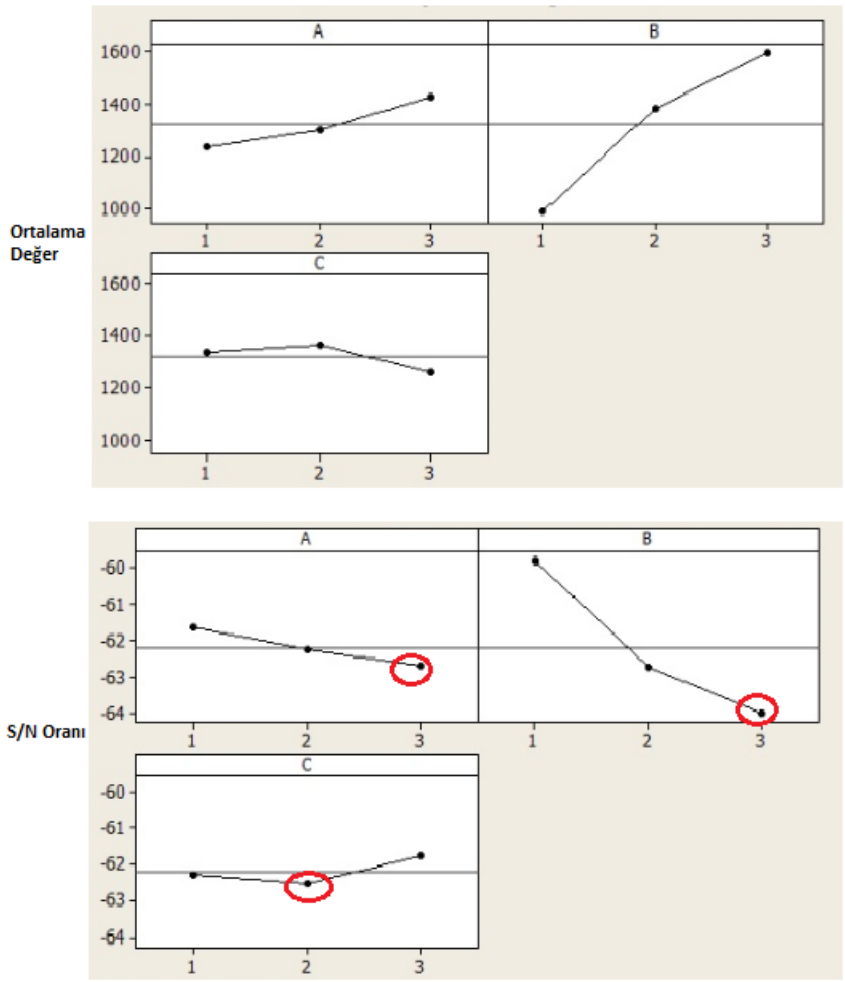
Çizelge 8.2 Deneysel Parametreler ve Optimizasyon Parametrelerinin Seviyesi

Parametreler	Seviye 1 (%)	Seviye 2 (%)	Seviye 3 (%)
A	0	3	6
B	0	3	6
C	0	3	6

Taguchi optimizasyon metodu kullanılarak Minitab programı ile yapılmış olan analizde, deney setlerindeki optimum özelliklere sahip boya karışımları belirlenirken viskozite ölçüm değerlerinden faydalanılmıştır. Boyaların yüzeye uygulanabilirliği ve akışkanlığı gözönüne alınarak “en küçük en iyi” karakteristiği kullanılmış ve Set-1 için Şekil 8.1; Set-2 için Şekil 8.2 'de gösterilen Ortalama değerler grafiği ve S/G analizi (sinyal/gürültü analizi) grafiği elde edilmiştir.



Şekil 8.1 Set-1 Ortalama Değerler ve Sinyal/Gürültü Analizi Grafiği



Şekil 8.2 Set-2 Ortalama Değerler ve Sinyal/Gürültü Analizi Grafiği

''En küçük en iyi'' karakteristiğine göre yapılan analizde her bir parametrenin hangi seviyede en küçük değere ulaştığına bakılmıştır. Buradan yola çıkarak birinci set için 2-2-3 seviyesindeki 5 numaralı boyanın; ikinci set için ise 3-3-2 seviyesindeki 9 numaralı boyanın optimum özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

8.2 Boya Testi Sonuçları

Referans Boya ve her iki deney seti için de farklı içeriğe sahip olan boya karışımları Alüminyum ve Demir plakalara uygulanmıştır. Taguchi optimizasyon metodu ile belirlenmiş olan optimum özelliklere sahip boya karışımları kuruma testi, parlaklık ve örtücülük analizi, yapışma testi, darbe direnci testi, çözeltilere karşı dayanıklılık testi, yanmazlık testi, TG/DTA Analizi, Hidrofobisite (Görsel ve Temas açısı ölçüm cihazı ile)

testi, renk ölçümü analizi, Tuzlu Su Sisi ve UV Dayanımı testlerine tabi tutularak referans boya ile kıyaslaması yapılmıştır.

8.2.1 Kuruma Testi

Baş parmak, boya filmine bastırılarak 90^{o} çevrildiğinde yüzeyde bozulma gerçekleşip gerçekleşmemesine göre tam kuruma kontrolü yapılmıştır. Buna göre metal yüzeylere tek kat uygulanan solvent bazlı boyalar için, yüzeyde herhangi bir bozulmanın gerçekleşmediği zamana bağlı olarak kuruma süresi 24 saat olarak tespit edilmiştir. Test; TS 4317 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

8.2.2 Parlaklık ve Örtücülük Analizi

3 NH marka NS800 model Spektrofotometre ile Alüminyum ve Demir plakalar üzerine uygulanmış olan solvent bazlı boyalar için TSEN 1871 2003 yılı standardına göre parlaklık ölçümü yapılmıştır. Spektrofotometre ile okunan Y koordinat değerlerinin 100'e bölünmesi ile yüzde parlaklık değerleri elde edilmiştir. Bu değerlerden Alüminyum ve Demir plaka üzerinden okunan Y değerlerine göre hesaplananlar Set-1 ve Set-2 için Çizelge 8.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 8.3 Set-1 ve Set-2 Parlaklık Değerleri (Alümimyum-Demir Plaka)

Al Plaka Parlaklık Değerleri		
No	Set-1	Set-2
1	0,8712	0,8712
2	0,8531	0,8855
3	0,8725	0,8795
4	0,8794	0,8703
5	0,8727	0,8809
6	0,8700	0,8361
7	0,8762	0,8474
8	0,8685	0,8759
9	0,8687	0,8694

Fe Plaka Parlaklık Değerleri		
No	Set-1	Set-2
1	0,8663	0,8663
2	0,8947	0,8669
3	0,7923	0,8695
4	0,8875	0,8844
5	0,8650	0,8587
6	0,8735	0,8906
7	0,8829	0,8573
8	0,8806	0,8852
9	0,8286	0,8697

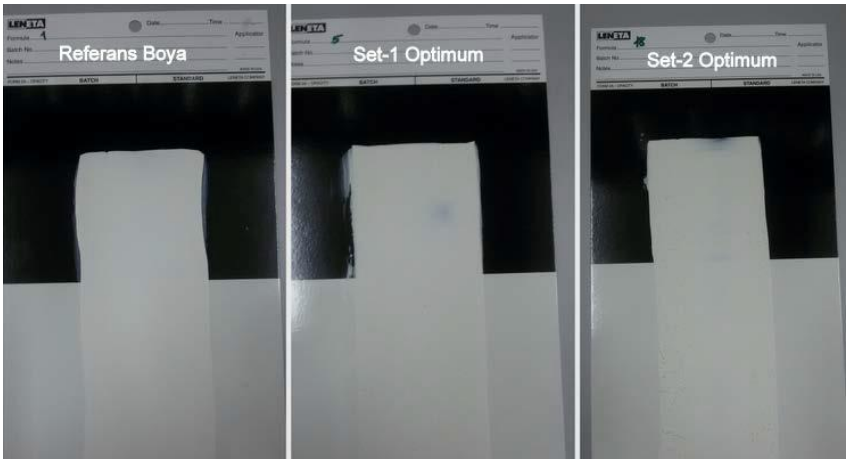
Değerlere bakıldığında, referans boyaya ilave edilen katkı maddelerinin yanısıra boyaların farklı plakalar üzerine uygulanmasının da parlaklık değerlerinde fazla bir değişikliğe neden olmadığı yorumu yapılabilir.

Zebra kâğıdı üzerine aplikatör yardımı ile 150 µm kalınlığında uygulanmış boyaların tam kuruma işlemi tamamlandıktan sonra, parlaklık ölçümlerinin yapıldığı 3 NH marka NS800 model, spektrofotometre aracılığı ile örtme gücü değerlerine bakılmıştır. Örtme gücü değerleri; boyanın uygulandığı zebra kağıdının beyaz kısmı üzerinden okunan Y koordinatı değerlerinin siyah kısmı üzerinden okunan Y koordinatı değerlerine oranlanması ile elde edilmiş, bu oran 100 ile çarpılarak hesaplanan örtme gücü değerleri Çizelge 8.4' te % cinsinden ifade edilmiştir.

Çizelge 8.4 Set-1 ve Set-2 için Örtme Gücü Değerleri (%)

% Örtme gücü		
No	**Set-1**	**Set-2**
1	98,06	98,06
2	99,44	100,00
3	99,42	100,00
4	99,76	100,00
5	97,10	99,75
6	99,70	100,00
7	100,00	100,00
8	98,95	99,29
9	99,55	98,55

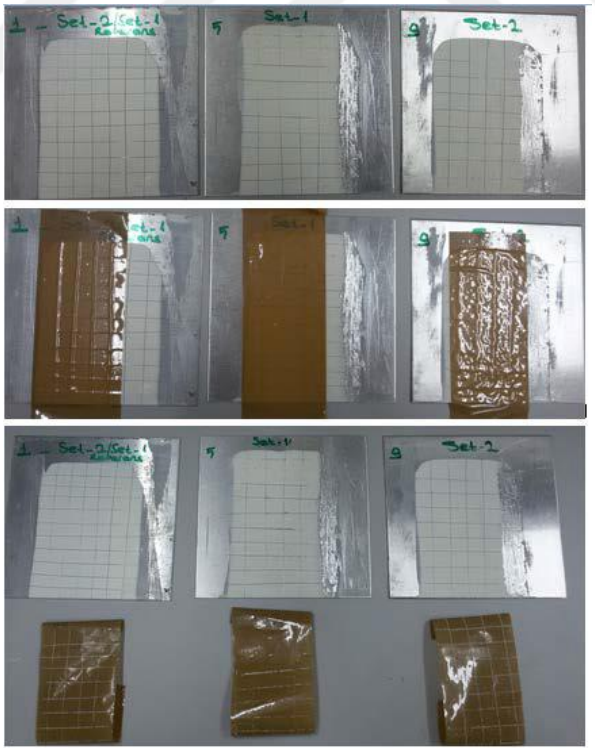
Elde edilen değerlerin, hazırlanmış olan tüm boya karışımları için solvent bazlı boyalar için belirlenen standarda uygun olarak % 90'ın üzerinde olduğu görülmüştür. Referans boya ile Set-1 ve Set-2 için optimumum özellikliklere sahip boyaların Zebra kâğıdı üzerine uygulanışı Şekil 8.3'de gösterilmiştir.



Şekil 8.3 Referans Boya ile Set-1 ve Set-2 için Optimum Özelliklere Sahip Boyaların Zebra Kâğıdı Üzerine Uygulanışının Gösterimi

8.2.3 Yapışma Testi

Alüminyum ve Demir plakalar üzerine uygulanmış 150 µm kalınlığındaki boya filmi üzerine kazıma bıçağı ile 3mm aralıklarla birbirini dik olarak kesen yatay ve düşey çizgiler çizilmiştir. Çizgilerin çizildiği yüzeyler üzerine, bant ile plaka arasında hava kabarcığı kalmayacak şekilde yapışkan bant yapıştırılmıştır. Bir ucu serbest bırakılan bant ani bir hareketle yüzeye dik olarak çekilmiştir. Referans boya ile her bir set için optimum özelliklere sahip boya karışımlarına uygulanan yapışma testi sonucunda, çiziklerin kenarları tamamen muntazamdır ve tarama ile meydana getirilmiş olan karelerin hiçbiri dökülmemiştir. Bu durum referans maddeye ilave edilen katkı maddelerinin boya yüzeyinde herhangi bir bozulmaya sebebiyet vermediğini ve yapışmaya karşı direncini düşürecek bir etki oluşturmadığını göstermektedir. Şekil 8.4'de Referans boya ile Set-1 ve Set-2 için optimum özelliklere sahip boyalara yapışma testinin uygulanışı gösterilmiştir. Test, TS 4313 standardına göre uygulanmıştır. Alüminyum plakalar üzerindeki kuru boya filmi için uygulanan test, demir plakalar üzerine uygulandığında da aynı sonucu verdiği görülmüştür.



Şekil 8.4 Referans boya ile Set-1 ve Set-2 için optimum özelliklere sahip boyalara yapışma testinin uygulanışı

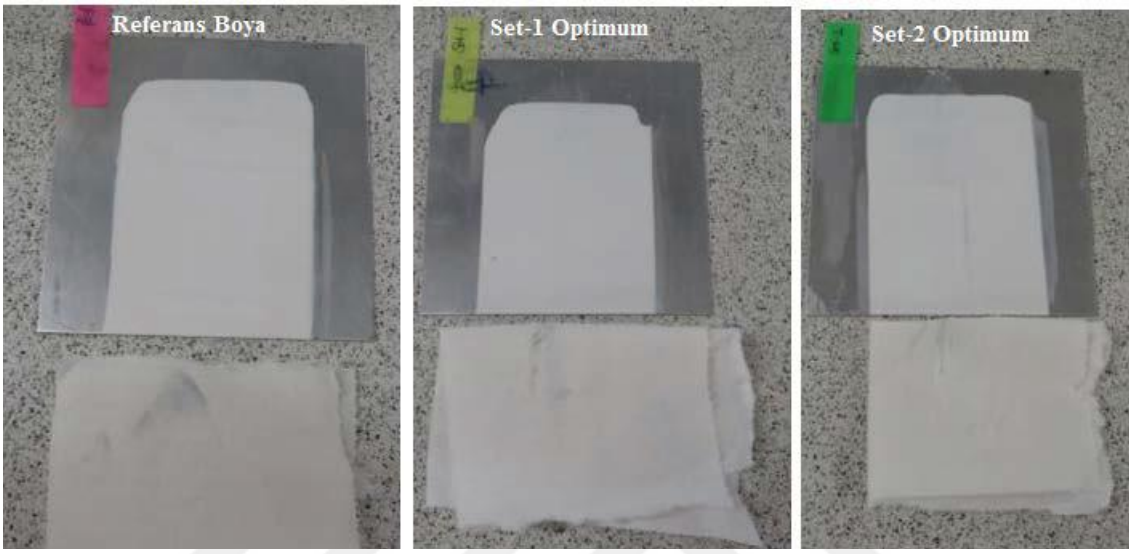
8.2.4 Darbe Direnci Testi

Darbe Direnci Testi, boyalı plakalar üzerine BYK-Chemia marka darbe aleti ile 90 cm yükseklikten 1 kg ağırlık bırakılarak gerçekleştirilmiştir. Aynı plaka üzerine, plakanın hem boyalı olan ön yüzeyinden hem de boyasız arka yüzeyinden iki kez darbe uygulanmıştır. Boyalı ön yüzeyden uygulanan ve içe göçme şeklinde oluşan kısımda boyada herhangi bir bozulma ve soyulma olmadığı gözlemlenirken, boyasız yüzeyden yani plakanın arka yüzeyinden uygulanan darbenin etkisiyle oluşan çıkıntı üzerinde boyanın hafif bir şekilde soyulduğu ve zamanla döküldüğü gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar alüminyum ve demir plaka üzerine uygulanmış olan boyanın ön yüzeyden çarpmalara karşı dirençli olduğunu gösterirken, otomotiv sektöründe kullanımının uygun olabileceği yorumu yapılabilir. Darbe direnci testi görsel sonuçları Şekil 8.5'te gösterilmiştir. Bu test, tüm boyalar için uygulanan DIN 53154 standardına göre B/S/H Kalite Kontrol Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Şekil 8.5 Alüminyum ve Demir Plakalar üzerine Uygulanmış Boyaların Darbe Direnci Test Sonuçları

8.2.5 Çözeltilere Karşı Dayanıklılık Testi

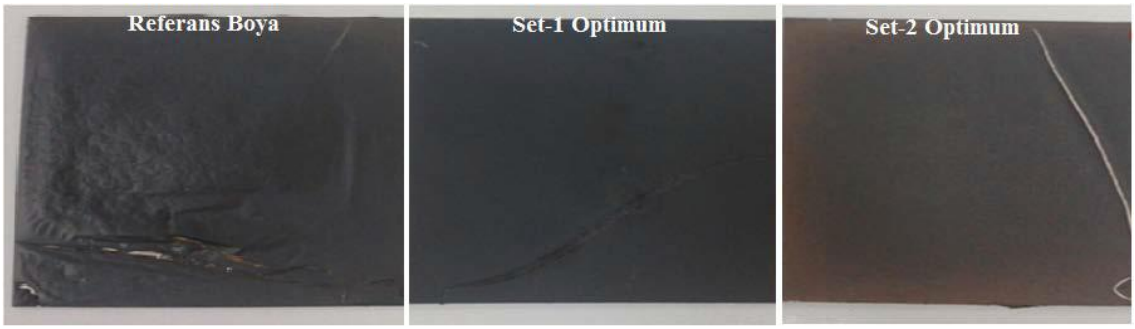
İzopropil alkol batırılmış pamuklarla 500 kez boyalı yüzeylere vuruş yapılması şeklinde uygulanmıştır. Yüzeyde herhangi bir aşınma ve renk değişimi gözlemlenmemiştir. Bu test DIN 53778 standardına göre uygulanmıştır. Referans ve optimum özelliklere sahip boyalar için test sonuçları, görsel olarak Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



Şekil 8.6 Referans ve Optimum Özelliklere Sahip Boyalar için Çözeltilere Karşı Dayanıklılık Testi Sonuçları

8.2.6 Yanmazlık Testi

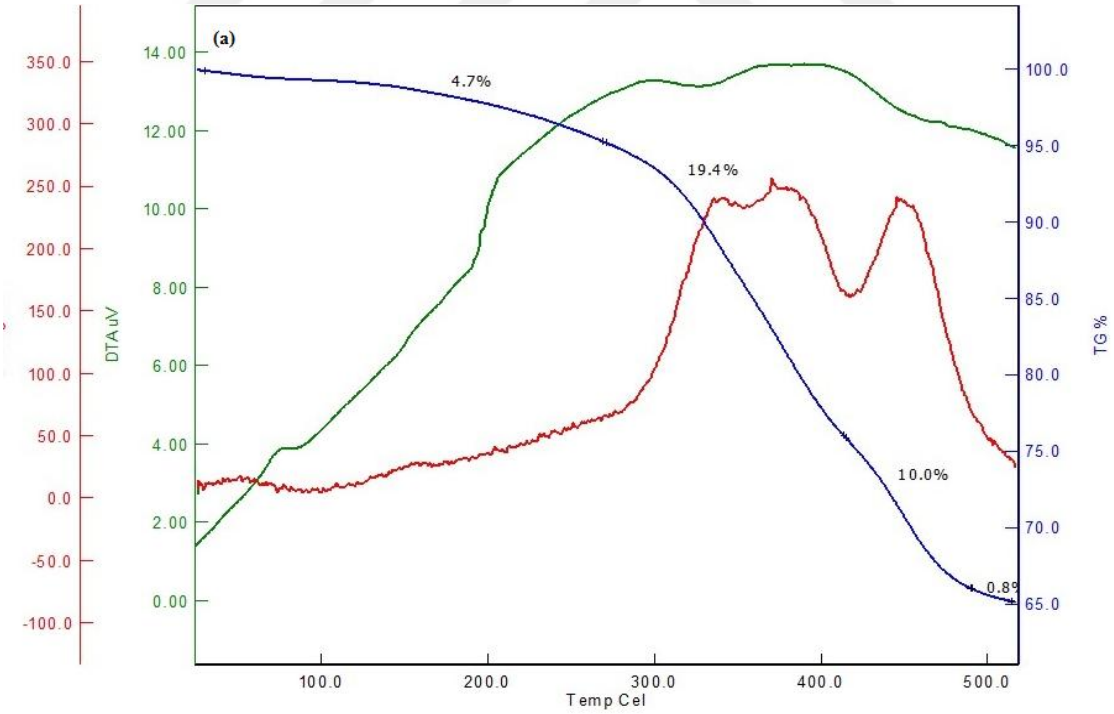
TG/DTA ile sıcaklık artışının kütle kaybı üzerindeki etkileri ayrıntılı incelenmeden önce referans ve optimum özelliklere sahip boyaların uygulanmış olduğu plakalar kül fırınına yerleştirilerek tutuşma sıcaklık aralığını belirlemek için ön denemeler yapılmıştır. Boya plakaları, kül fırınında 25^{o}C' den 400^{o}C' ye kadar her 10^{o}C' de bir görsel kontroller yapılarak ısıtılmıştır. 300-350 ^{o}C aralığında boya yüzeyinde kararma, kalkma, buruşma gibi etkiler gözlemlenmiştir. Kabarma, kalkma gibi etkiler referans boya üzerinde daha fazla gözlemlenirken, ilave edilen katkı maddeleri ile optimum özelliklere sahip boyalarda etkilerin bir miktar azaldığı söylenebilir. Şekil 8.7' de 300-350^{o}C sıcaklık aralığında plakalara uygulanmış boyaların son hali görsel olarak gösterilmiştir.

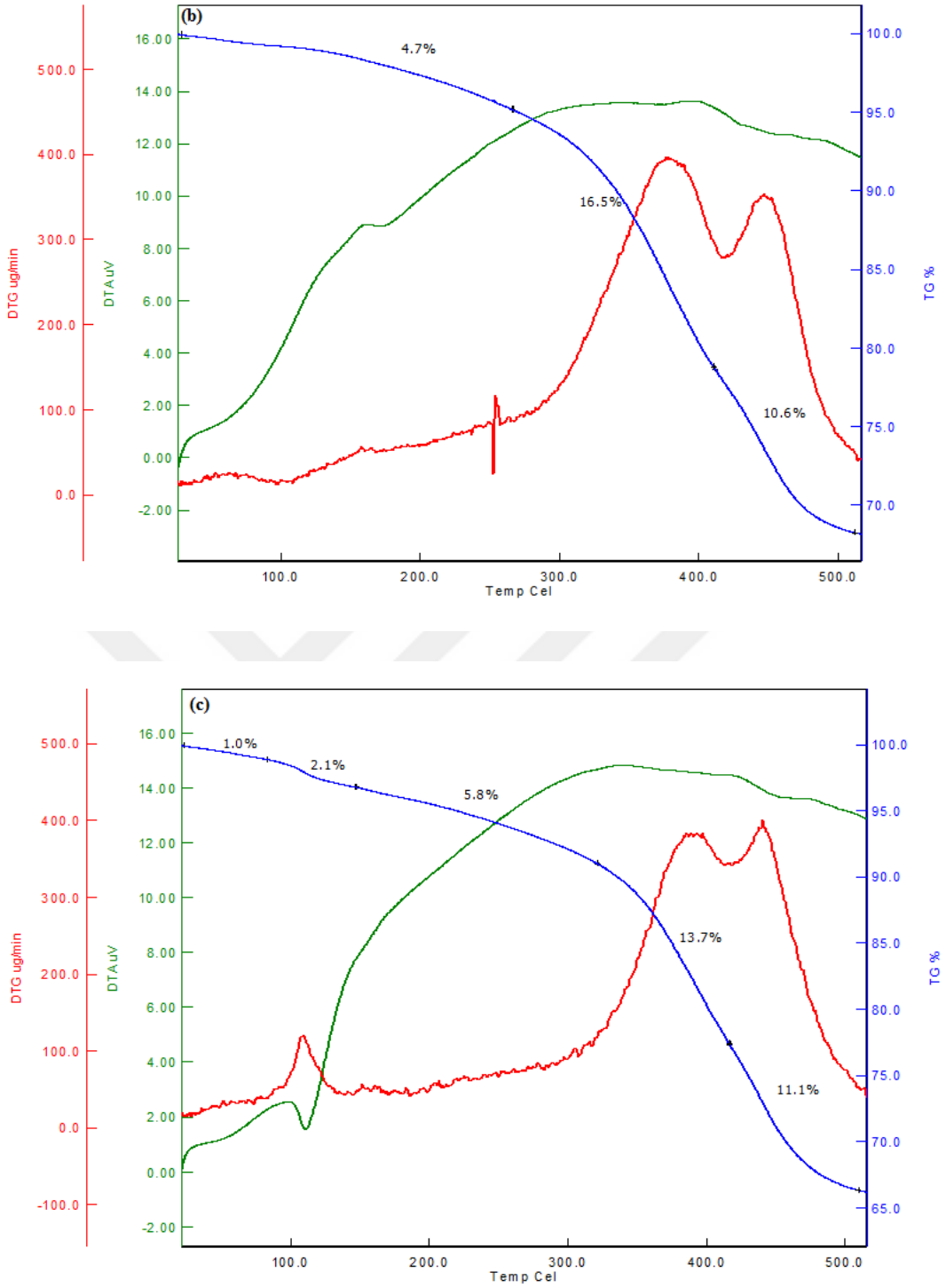


Şekil 8.7 Yanmazlık Test Sonuçları (300-350 ^{o}C aralığında)

8.2.7 TG/DTA Analizi

Sıcaklık artışının kütle kaybı üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı inceleyebilmek için; azot gazı geçirilen sistemde, 25 ^{o}C'den başlanarak 10 ^{o}C/dakika artış hızı ile 530 ^{o}C ' ye kadar boyaların kütlesel değişimine bakılmıştır. Referans boya ve herbir deney seti için optimum özelliklere sahip boya karışımlarının TG/DTA Analizi sonuçları Şekil 8.8' de gösterilmiştir.





Şekil 8.8 (a) Referans Boya, (b) Set-1 Optimum Boya, (c) Set-2 Optimum Boya için TG/DTA Analizi Sonuçları

Referans boyada (a), 260^{o}C 'ye kadar % 4,7, 260-450^{o}C arasında % 19,4, 450-490^{o}C arasında % 10, 500^{o}C' den sonra % 0,8 kütle kaybı görülmektedir. 260^{o}C 'ye kadar olan % 4,7'lik kütle kaybının boya ile karıştırılan solventin uçmasından kaynaklı olduğu

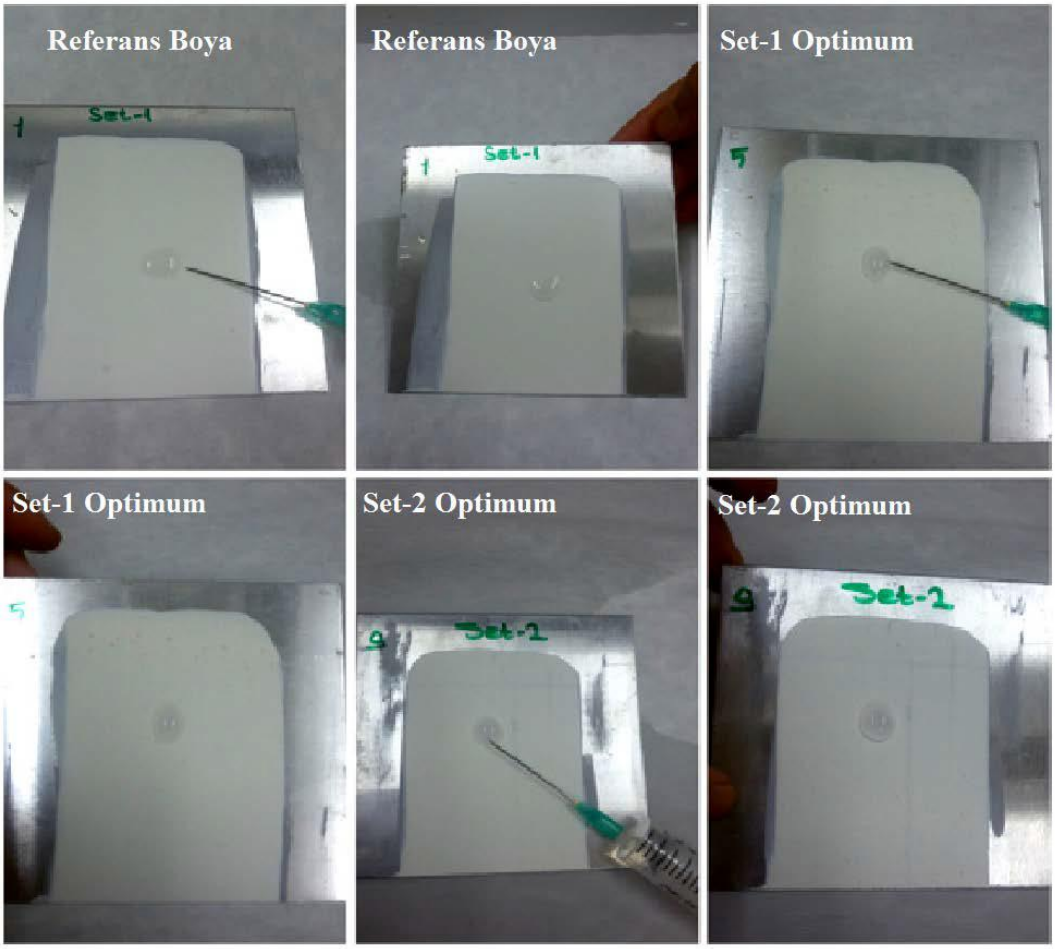
düşünülürken, esas yapısal bozunmanın büyük ölçüde kütle kaybının (% 19,4) gözlemlendiği 260-450^{o}C sıcaklık aralığında gerçekleştiği söylenebilir.

Set-1 Optimum özelliklere sahip boyada (b) 270^{o}C 'ye kadar % 4,7, 270-410^{o}C arasında % 16,5, 410^{o}C'den sonra % 10,6 kütle kaybı görülmektedir. Birinci set için 2-2-3 seviyesinde Clariant Nuva FSN, Çinko borat ve Pomza katkılarıyla hazırlanmış olan boya karışımı referans boya ile kıyaslandığında büyük ölçüde kütle kaybı (% 16,5) görülen kısmın daha yüksek sıcaklık değerinde (270 ^{o}C) başladığı söylenebilir.

Set-2 Optimum özelliklere sahip boyada (c) ise; 70^{o}C 'ye kadar % 1,0, 70-150^{o}C arasında % 2,1, 150-326^{o}C arasında % 5.8, 326-410 ^{o}C arasında % 13,7, 410^{o}C' den sonra ise % 11,1 kütle kaybı görülmektedir. İkinci set için 3-3-2 seviyesinde Clariant Nuva FSN, Bor Oksit ve Pomza katkılarıyla hazırlanmış olan boya karışımı; referans boya ve set-1 için optimum özelliklere sahip boya ile kıyaslandığında yapısal olarak bozunma sıcaklığının daha yüksek sıcaklık değerlerinde (326^{o}C) başladığı söylenebilir. Buna göre ilave edilen katkı maddelerinin boyaya alev geçiktirici özellik kazandırdığı şeklinde yorum yapılabilir.

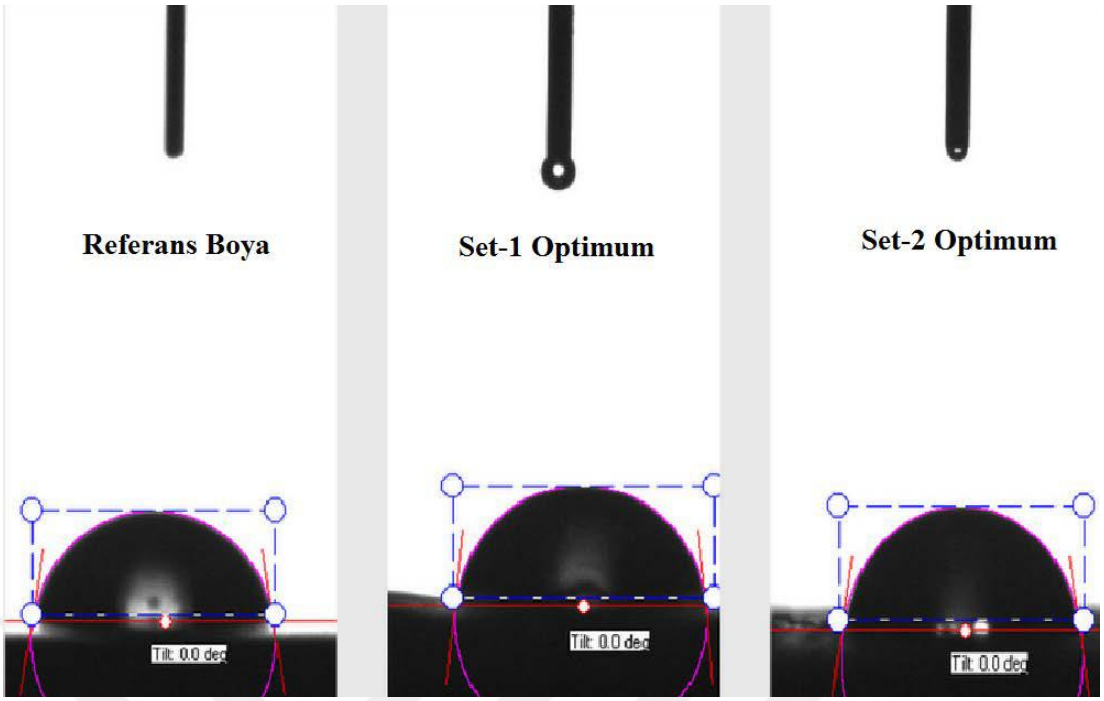
8.2.8 Hidrofobisite Testi

Boyanın hidrofobisite özelliğinin görsel olarak incelenebilmesi için alüminyum ve demir plakalara uygulanmış olan boya filmi üzerine bir şırınga yardımı ile su damlatılarak bir süre bekletilmiştir. Plakalar yavaşça dik konuma getirilerek suyun yüzey üzerindeki akış hareketi ve yüzeyde bıraktığı ıslanabilirlik incelenmiştir. Referans ve optimum özelliklere sahip boyalar için, kuru boya filmi üzerinde suyun akış hareketi Şekil 8.9'da gösterilmiştir.



Şekil 8.9 Referans Boya, Set-1 Optimum Boya ve Set -2 Optimum Boya için Görsel Hidrofobisite Testi

Görsel olarak bakıldığında boyaların hidrofobik özellik gösterdiği, her bir set için optimum özelliklere sahip boyaların yüzeyindeki ıslanabilirliğin referans boyaya göre azalmış olduğu söylenebilir. Bu kıyaslamanın daha hassas yapılabilmesi için su damlasının boya yüzeyi ile oluşturmuş olduğu açı, Temas Açısı Ölçüm Cihazı ile belirlenmiştir. Referans boya için ölçülen temas açısı ortalama 76,44^{o} iken; Set-1 için belirlenmiş optimum özelliklere sahip boya için ortalama 93,49^{o}, Set-2 için belirlenmiş optimum özelliklere sahip boya için ise ortalama 91,25^{o} 'dir. Elde edilen sonuçlara göre ilave edilen katkı maddeleri ile boyanın hidrofobiklik yönünde gelişme gösterdiği söylenebilir (Şekil 8.10).



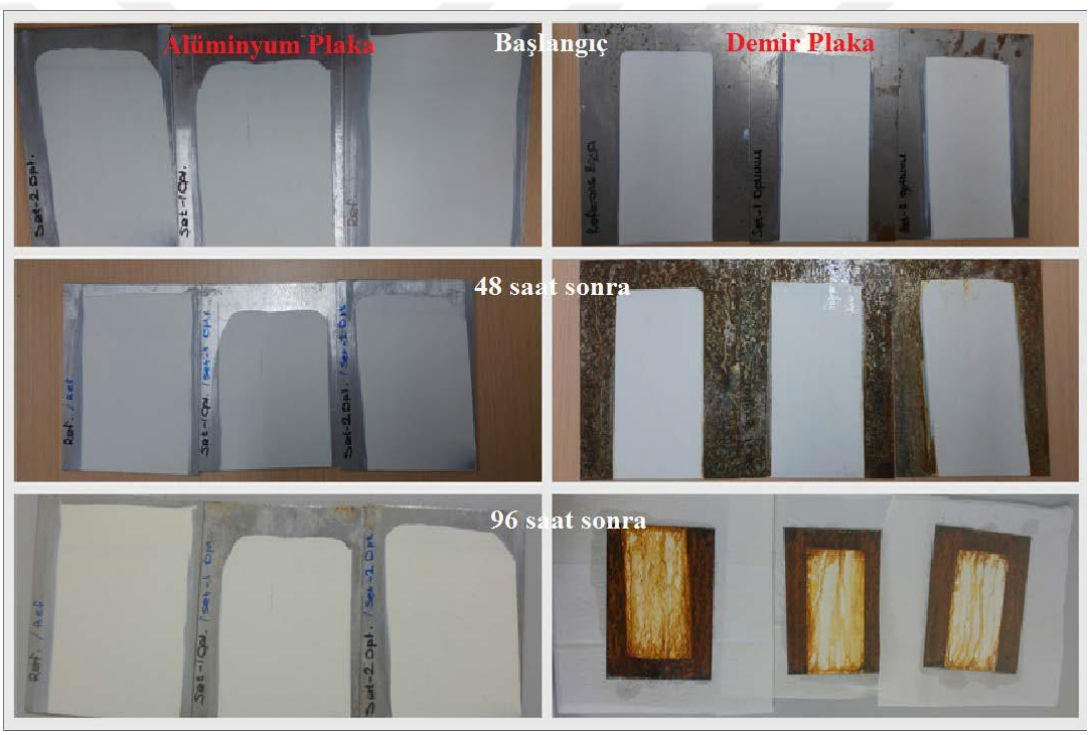
Şekil 8.10 Referans Boya, Set-1 Optimum Boya ve Set -2 Optimum Boya için Temas Açısı Cihazı Ölçüm Sonuçları

8.2.9 Renk Ölçümü

Referans boya numunesi baz alınarak Datacolor marka 650 model Spektrofotometre cihazı ile 360-700 nm dalga boyu aralığında D65/10 ölçüm geometrisinde renk ölçümü yapılmıştır. Optimum özelliklere sahip boya karışımı ile referans numune arasındaki renk farkı matematiksel olarak Delta E değeri ile ifade edilmiştir. Alüminyum plaka üzerinden ölçülen Delta E değerleri, Set-1 için 1,24, Set-2 için 1,60 olarak belirlenirken; demir plaka üzerinden ölçülen Delta E değerleri ise Set-1 için 1,14 , Set-2 için ise 1,88 olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda ilave edilen katkı maddeleri ile elde edilen boya karışımları için uygun bir Delta E aralığı belirlenmeye çalışılmıştır. Beyaz eşya sektörü için belirlenen standarda göre Delta E < 1,0 olmalıdır. Buradan yola çıkarak elde edilen boya karışımının hangi sektörde kullanımının daha uygun olabileceği yorumuna ulaşılabilir. Öte yandan, farklı yüzeylerde Delta E değerleri değişebildiğinden her bir yüzey için farklı Delta E değerleri veya farklı yüzeylere uygulanan bir boya tabakası için ortalama bir Delta E değeri belirlenebilir.

8.2.10 Tuzlu Su Sisi Testi

Tuzlu Su Sisi Testi, boyaların korozyondan korunma direncini ölçmek amacıyla uygulanmıştır. Demir ve Alüminyum plakalar, Erichsen marka sprey kabini içerisinde bulunan V şeklindeki panellerin üzerine; bir plaka diğer plakanın tuzlu su spreyine maruz kalmasını engellemeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Kabin sıcaklığı 35 ±2 ^{o}C, tuzlu su (%5'lik Sodyum klorür) çözeltisinin sıcaklığı ise 23±2^{o}C' dir. Plakalar, 96 saat boyunca 0,7- 1,4 bar hava basıncı ile püskürtülen %5'lik Sodyum Klorür çözeltisine maruz bırakılmış ve belirli aralıklarla boya filminin görsel olarak kontrolü yapılmıştır. Referans ve optimum özelliklere sahip boyaların başlangıçtaki durumları ile 48 saat ve 96 saat sonundaki durumları Şekil 8.11' de gösterilmiştir.



Şekil 8.11 Tuzlu Su Sisi Testi Sonuçları

Buna göre boya yüzeylerinde 48 saat sonunda herhangi bir etki gözlemlenmezken, 96 saat sonunda az miktarda kabarcık oluşumu görülmüştür. Demir plakaların boyanmayan kısımları korozyona uğramış, boyanın olduğu kısımların altından yüzeye korozyon çıkışı gözlemlenmemiştir. Bu durum boya karışımlarının korozyona karşı dirençli olduğunu kanıtlar niteliktedir. Boya yüzeyinde görülen izler korozyona uğramış kısımlardan boya yüzeyine pas akmasından kaynaklanmaktadır.

8.2.11 UV Dayanımı Testi

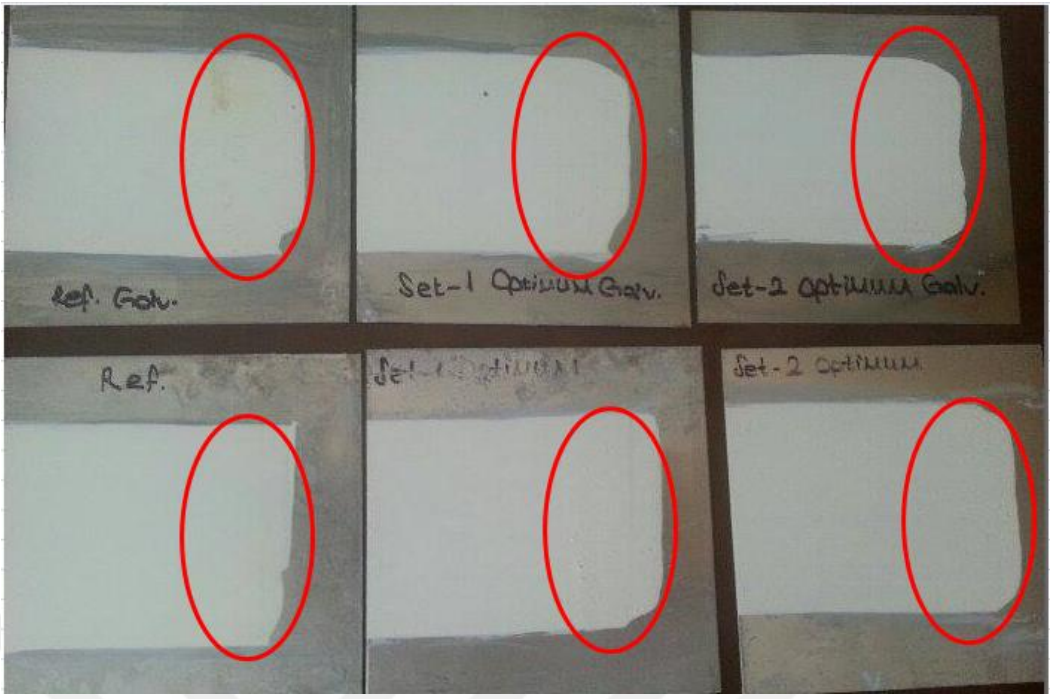
Referans ve optimum özellikteki boyaların uygulanmış olduğu alüminyum ve demir plakalar (galvaniz kaplı), kuru ortamda 250 saat boyunca 550 W/m^2 'lik ışınlama gücüne maruz bırakılmıştır. Datacolor marka 650 model Spektrofotometre ile test öncesi ve sonrasında plakalar üzerinden renk ölçümü yapılmış ve oluşan renk farkı her bir yüzey ve her bir boya için sayısal olarak Delta E değeri ile ifade edilmiştir. Çizelge 8.5' te Delta E değerleri özetlenmiştir.

Çizelge 8.5 Referans Boya, Set-1 Optimum Boya ve Set-2 Optimum Boya için UV Testi Öncesi ve Sonrasında Ölçülen Verilerle Hesaplanan ΔE değerleri

ΔE değerleri	Alüminyum Plaka	Demir Plaka
Referans	2,32	4,22
Set-1 Optimum	2,00	4,15
Set-2 Optimum	3,41	2,15

Bu değerlerden yola çıkarak referans boya ve birinci deney seti için optimum özelliklere sahip boyanın ΔE değerlerinin, ikinci deney seti için optimum özelliklere sahip boyaya göre birbirlerine daha yakın olduğunu söyleyenebilir. Buna göre de referans boya ve birinci setteki optimum özelliklere sahip boya içeriğinin UV ışınına karşı tepkilerinin birbirine daha yakın olduğu; ancak ikinci setteki boyaya ilave edilen katkı maddelerine ve miktarlarına bağlı olarak farklılaşmanın daha fazla olduğu yorumuna ulaşılabilir.

Sonuçlar görsel olarak değerlendirildiğinde 250 saat UV ışınında beklemesi sonucu matlaşması veya sararması beklenen boyaların renk formunu koruduğu, hatta Clariant Nuva içeriğinden dolayı UV ışınında sararmanın aksine, beyazlığının ve parlaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak elde edilen boya karışımının beyaz boya olarak otomotiv sektöründe kullanımının avantajlı olacağı sonucuna ulaşılabilir. Boya plakalarının test sonrası görünümleri Şekil 8.12' de gösterilmiştir.



Şekil 8.12 Boya Plakalarının UV Testi Sonrası Görünümleri

Şekil 8.12 'de kırmızı ile işaretlenmiş olan kısımlar plakanın UV ışınına maruz kalmayan bölgelerini göstermektedir. Görüldüğü üzere bu kısımların ışına maruz kalan bölgelere göre daha sarımtrak bir renge sahip olduğu söylenebilir.

BÖLÜM 9

SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda otomotiv, gemi inşaatı, uçak sanayii gibi metal endüstrilerinde; kendi kendini temizleyebilen, yüksek darbe dayanımlı, alev geciktirme, korozyona dayanıklılık gibi özellikleri sağlayabilen boyaların kullanımına olan talep hızla artmaktadır. Yapılan çalışmada, solvent bazlı metal boyasına değişik özelliklere sahip malzemeler katılarak boyanın özelliklerinin iyileştirilmesi ve üstün özelliklere sahip yeni nesil bir boya elde edilmesi amaçlanmıştır.

Bir takım ön denemelerden sonra boyayı hidrofobiklik yönünde geliştireceği tahmin edilen yüksek su ve yağ iticiliğine sahip, florokarbon bileşikleri dispersiyonu olarak da bilinen Clariant Nuva FSN, korozyon dayanımını artırmak amacıyla öğütülmüş pomza, alev geciktirici özellik sağlamak için ise Çinko Borat (birinci deney setinde) ve Bor Oksit (ikinci deney setinde) katkıları kullanılmıştır. 3 parametrenin 3 farklı seviye için değerlendirileceği göz önüne alınarak, Taguchi'nin çok sayıda deneysel durumu açıklamak için oluşturmuş olduğu farklı ortogonal dizinlerden L-9 ortogonal dizini tercih edilmiştir. Bu dizine uygun olarak hazırlanan boya karışımları için Minitab programı ile “en küçük en iyi” karakteristiği kullanılarak yapılan analiz sonucunda birinci set için 2-2-3 seviyesindeki 5 numaralı boyanın; ikinci set için ise 3-3-2 seviyesindeki 9 numaralı boyanın optimum özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Referans Boya ve farklı içeriğe sahip olan boya karışımları Alüminyum ve Demir plakalara uygulanmıştır. Her iki deney seti için de optimum özelliklere sahip boya karışımları çeşitli testlere tabi tutularak, referans boya ile kıyaslaması yapılmıştır.

Yapılan testler sonucunda; metal yüzeylere tek kat uygulanan solvent bazlı boyalar için tam kuruma süresi 24 saat olarak tespit edilmiştir. TSEN 1871 2003 yılı standardına göre, 3 NH marka NS800 model Spektrofotometre ile Alüminyum ve Demir plakalar üzerinden ölçülen parlaklık değerlerine bakıldığında; referans boyaya ilave edilen katkı maddelerinin yanısıra boyaların farklı plakalar üzerine uygulanmasının da parlaklık değerlerinde fazla bir değişikliğe neden olmadığı yorumuna ulaşılabilir. Zebra kâğıdı üzerine aplikatör yardımı ile 150 µm kalınlığında uygulanmış boyaların örtme gücü değerlerine bakıldığında ise hazırlanmış olan tüm boya karışımlarının solvent bazlı boyalar için belirlenen standarda uygun olarak % 90'ın üzerinde olduğu görülmüştür.

Yapışma testi uygulaması için tarama yöntemi (kareleme) kullanılmıştır. Referans boya ile her bir set için optimum özelliklere sahip boya karışımlarına uygulanan test sonucunda, çiziklerin kenarları tamamen muntazamdır ve tarama ile meydana getirilmiş olan karelerin hiçbiri dökülmemiştir. Bu durum referans maddeye ilave edilen katkı maddelerinin boya yüzeyinde herhangi bir bozulmaya sebebiyet vermediğini ve yapışmaya karşı direncini düşürecek bir etki oluşturmadığını, elde edilen boya karışımlarının yapışma testine karşı dirençli olduğunu göstermektedir.

Alüminyum ve demir plakaların üzerine 90 cm yükseklikten 1 kg ağırlık bırakılarak yapılan darbe direnci testi sonucunda ise boyanın ön yüzeyden çarpmalara karşı dirençli olduğu gözlemlenirken, otomotiv sektöründe kullanımının uygun olabileceği yorumu yapılabilir. Hazırlanan boya karışımlarının çözeltilere karşı dirençli olduğu ise izopropil alkol batırılmış pamuklarla boyalı yüzeylere 500 kez vuruş yapılması sonucunda yüzeyde herhangi bir aşınma ve renk değişimi gözlenmemesi ile kanıtlanmıştır.

TG/DTA Analizi ile sıcaklık artışının kütle kaybı üzerindeki etkileri ayrıntılı incelenmeden önce referans ve optimum özelliklere sahip boyaların uygulanmış olduğu plakalar kül fırınına yerleştirilerek 25^{o}C' den 400^{o}C' ye kadar ısıtıldığında 300-350^{o}C aralığında boya yüzeyinde kararma, kalkma, buruşma gibi etkiler gözlemlenmiştir. Bu etkiler, referans boya üzerinde daha fazla gözlemlenirken, ilave edilen katkı maddeleri ile optimum özelliklere sahip boyalarda etkilerin bir miktar azaldığı söylenebilir. TG/DTA Analizi sonucunda büyük kütle kayıplarının yani yapısal bozunmanın gerçekleştiği sıcaklık

değerlerine bakıldığında referans boyada bozunmanın başladığı sıcaklık 260^{o}C, birinci set için optimum özelliklere sahip boyada (Çinko Borat katkılı) 270^{o}C, ikinci set için optimum özelliklere sahip boyada (Bor oksit katkılı) ise 326^{o}C'dir. Buna göre Çinko borat ve Bor oksitin ilave edilen diğer katkı maddeleri ile birlikte, miktara da bağlı olarak boyaya alev geçiktirici özellik kazandırdığı şeklinde yorum yapılabilir.

Boyanın Hidrofobisite özelliği şırınga yardımı ile damlatılan suyun yüzeyde bıraktığı ıslanabilirliğe göre görsel olarak incelenebilirken temas açısı ölçüm cihazı ile de damlacığın kuru boya filmi ile oluşturmuş olduğu açı ölçülmüştür. Referans boya için ölçülen temas açısı ortalama 76,44^{o} iken; Set-1 için belirlenmiş optimum özelliklere sahip boya için ortalama 93,49^{o}, Set-2 için belirlenmiş optimum özelliklere sahip boya için ise ortalama 91,25^{o} 'dir. Elde edilen sonuçlara göre ilave edilen katkı maddeleri ile boyanın hidrofobiklik yönünde gelişme gösterdiği söylenebilir.

Boya karışımlarının referans boya numunesi ile renk farkı matematiksel olarak Delta E değerleri ile ifade edilmiştir. Buna göre; Alüminyum plakalar üzerinden ölçülen Delta E değerleri, Set-1 için 1,24, Set-2 için 1,60 olarak belirlenirken; demir plaka üzerinden ölçülen Delta E değerleri ise Set-1 için 1,14, Set-2 için ise 1,88 olarak belirlenmiştir.

Boyaların korozyondan korunma direncini ölçmek amacıyla 96 saat boyunca % 5'lik Sodyum Klorür çözeltisi ile Tuzlu Su Sisi Testi uygulanmıştır. Demir plakaların boyanmayan kısımları korozyona uğramış, boyanın olduğu kısımların altından yüzeye korozyon çıkışı gözlemlenmemiştir. Bu durum boya karışımlarının korozyona karşı dirençli olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Boyaların UV ışınlarına direncini belirleyebilmek için; uygulanmış olduğu alüminyum ve demir plakalar (galvaniz kaplı), kuru ortamda 250 saat boyunca 550 W/m^{2} 'lik ışınlama gücüne maruz bırakılmıştır. Sonuçlar hem görsel olarak hem de test öncesi ve test sonrası plakalar üzerinden okunan Delta E değerleri cinsinden ifade edilmiştir. Referans boya ile birinci set için optimum özelliklere sahip boya karışımlarının Delta E değerlerine bakıldığında UV ışınına karşı tepkilerinin birbirlerine daha yakın olduğunu, ikinci set için optimum özelliklere sahip boyanın ise diğerlerine göre farklılaştığı söyleyenebilir. Sonuçlar görsel olarak değerlendirildiğinde ise matlaşması veya sararması beklenen boyaların renk formunu koruduğu, hatta Clariant Nuva içeriğinden

dolayı UV ışınında sararmanın aksine, beyazlığının ve parlaklığının arttığı görülmüştür. Buradan yola çıkarak elde edilen boya karışımının beyaz boya olarak otomotiv sektöründe kullanımının avantajlı olacağı sonucuna ulaşılabilir.

Yapılan çalışmada ilave edilen katkı maddeleri ile boyanın hem alev geciktirici özelliği iyileştirilmeye çalışılmış hem hidrofobisite yönünde gelişmesi sağlanmış hem de korozyona karşı dirençli boyalar elde edilmiştir. Farklı optimizasyon yöntemleri ve farklı katkılar (hidrofobisite için farklı Clariant türleri, alev geciktiricilik özelliği için farklı bor katkıları ve korozyona dayanıklılık için farklı mineraller) kullanılarak bu özelliklerin daha fazla geliştirilmesi ile elde edilen boya karışımları çeşitli metal sektörlerinde kullanım alanı bulabilir. Bu çalışmanın boya alanında yapılacak çalışmalara gerek boya özelliklerinin iyileştirilmesi gerekse kullanılacağı sektöre göre özelleştirilmesi anlamında ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Paksoy, A. S., (1999). Boya El Kitabı, Kimya Mühendisleri Odası, Ankara.

[2] Kimya Sektör Raporu (2013). Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara.

[3] Alıcılar, A., Ökenek, F., Kayran, B. ve Tutak, M. (2015). ''Bor Katkılı Stiren Akrilik Boyaların Alev Geciktirme, Duman Bastırma ve Antibakteriyel Etkinlikleri'' Journal of The Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University, 30(4): 701-70.

[4] Binici, H., Kaplan, H. ve Yaşarer, F. (2009). ''Pomza Katkılı Boyalarla Kaplanan Betonların Durabilitesi'', Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(1): 40-47

[5] Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, http://www.etimaden.gov.tr, 15 Şubat 2017.

[6] Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, http ://www.boren.gov.tr/tr/bor, 15 Şubat 2017.

[7] Yiğitbaşıoğlu, H., (2004). ''Türkiye için Önemli Bir Maden: Bor'', Coğrafi Bilimler Dergisi, 2: 13-25.

[8] Acarkan, N., (2015). Bor Ürün Çeşitleri ve Kullanım Alanları, https://www. researchgate.net/publication/265895046_Bor_Urun_Cesitleri_ve_Kullanim_Alanlari_Boron_Products_and_Their_Uses, 15 Şubat 2017.

[9] Aydın, D. Y., Gürü, M., Ayar, B. ve Çakanyıldırım, Ç. (2016). ''Bor Bileşiklerinin Alev Geciktirici ve Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Pigment Olarak Uygulanabilirliği'' Journal of Boron, 1(1): 33-39.

[10] http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/973ba741e7bd645_ek.pdf, 31.03.2017

[11] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2009). Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Kimya Teknolojisi, Korozyon ve Katodik Koruma, Ankara.

[12] Çakır, A. F., (2016). ''Korozyon İnsanlık için Stratejik Öneme Sahip Tabii Bir Olay'', Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi, (179): 35-40.

[13] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2013). Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Denizcilik, Gemilerde Korozyonu Önleme, Ankara.

[14] Gerengi, H. ve Kurtay, M., (2013). ''Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Programında "Korozyon ve Korozyona Dayanıklı Malzemeler" Dersinin Zorunlu Olarak Okutulması'', Electronic Journal of Vocational Colleges, (UMYOS Özel Sayı): 67-71.

[15] Kaftan, M. A., (2006). ''Çelik Yapılarda Korozyon Oluşumu ve Korozyondan Korunma Yöntemlerinin Maliyet Açısından Karşılaştırılması'', Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

[16] EPA/625/7-90/005, (1990). Guides to Pollution Prevention: The Paint Manufacturing Industry, Risk Reduction Engineering Laboratory and Center for Environmental Research Information Office of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency, Ohio**.**

[17] Singth, R., (2012). **''**Solubilization of Organic Dyes in Surfactant Micelles'', Master of Science Thesis in the Master Degree Programme Materials and Nanotechnology, Department of Chemical and Biological Engineering, Chalmers Unıversity of Technology, Gothenburg, Sweden.

[18] Dinç., H., (2011). ''Boya Atık Suyunun Kimyasal ve İleri Arıtma Yöntemleri ile Arıtılması'', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[19] Bekircan, E. A., (2007). ''Su Bazlı Boyalarda Süreç Koşullarının Dağılım Kalitesine ve Boya Özelliklerine Etkileri'', Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

[20] Gül, Ü. D., (2010). ''Atık Suların Biyolojik Arıtımına Surfaktanların Etkisinin Belirlenmesi'', Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[21] Başer, İ. ve İnacı, Y., (1990). Boyar Madde Kimyası, Marmara Üniversitesi Yayınları, 482, İstanbul.

[22] http://www.atalars.com/pdf/yapi/boya_testleri.pdf, 12.03.2017.

[23] Chemice Labor Betrieb Gmbh, Materyal ve Yüzey Analizi, Analiz Metodları, http://www.clb-gmbh.com/turkce/laboratuvarlar/materyal-ve-yuzey-analizi/index.php, 12.03.2017.

[24] Binici, H., Aksogan, O. ve Durgun, M. Y. (2012). ''Corrosion of Basaltic Pumice, Colemanite, Barite and Blast Furnace Slag Coated Rebars in Concretes'', Construction and Building Materials, 37: 629-637.

[25] Adamsons, K. (2000). ''Chemical Surface Characterization and Depth Profiling of Automotive Coating Systems'', Progress in Polymer Science, 25(9): 1363-1409.

[26] El Nemr, A., Moneer, A. A., Khaled, A., El Sikaily, A. ve El-Said, G. F. (2014). ''Modeling of Synergistic Halide Additives' Effect on the Corrosion of Aluminum in Basic Solution Containing Dye'', Materials Chemistry and Physics, 144(1): 139-154.

[27] Atalay, Ö., (2012). ''Magnezyum Borat Sentezi ve Alev Geciktirici Pigment Olarak Kullanılabilirliği'', Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[28] Giudice, C. A. ve Benitez, J. C. (2001).''Zinc borates as flame-retardant pigments in chlorine-containing coatings", Progress in organic coatings, 42(1): 82-88.

[29] Garba, B. (1999). ''Effect of Zinc Borate as Flame Retardant Formulation on Some Tropical Woods'', Polymer Degradation and Stability, 64(3):517-522.

[30] Gemci, R. ve Gülşen, G. (2010). ''Güç Tutuşur Kumaş Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanılması'', Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(1):1-10.

[31] Miroğlu, C., (2005). ''Yerli Kaynaklardan Çinko Borat Üretimi ve Yanmaz Kablo İmalinde Kullanımı'', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[32] Yıldız, B., Seydibeyoğlu, M. Ö. ve Güner, F. S. (2009). ''Polyurethane–Zinc Borate Composites with High Oxidative Stability and Flame Retardancy''. Polymer Degradation and Stability, 94(7): 1072-1075.

[33] Bourbigot, S., Le Bras, M., Leeuwendal, R., Shen, K. K. ve Schubert, D. (1999). ''Recent Advances in the Use of Zinc Borates in Flame Retardancy of EVA''. Polymer Degradation and Stability, 64(3): 419-425.

[34] Doğan, M., Yılmaz, A. ve Bayramlı, E. (2011). ''Effect of Boron Containing Materials on Flammability and Thermal Degradation of Polyamide-6 Composites Containing Melamine Cyanurate'', Polymers for Advanced Technologies, 22(5): 560-566.

[35] Alan, G., (2011). ''Kendi Kendini Temizleyen Boyarmaddelerle Boyanmış Dokuma Kumaşların Performans Özellikleri Üzerine Bir Araştırma'', Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak.

[36] Akpolat, O., Ayhan, H. ve Ayhan, F., (2017). ''Mucor miehei ile Rennin Üretiminde Süt Pıhtılaştırma Aktivitesi için Deneysel Tasarım'', Akademik Bilişim 2017 Kongresi, 8-10 Şubat 2017, Aksaray.

[37] Açıkalın, K., (2010). ''Çeşitli Biyokütle Atık Maddelerin Pirolizi ve Elde Edilen Ürünlerin Analizi'', Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[38] Ferah, M., (2003). ''Çok Yanıtlı Taguchi Deneysel Tasarım Metodu ve Alüminyum Sanayinde Bir Uygulama'', S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (2): 61-69.

[39] Savaşkan, M., Taptık, Y. ve Ürgen, M., (2004). ''Deney Tasarımı Yöntemi ile Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu'', İTÜ Dergisi, 3 (6): 117-128.

[40] Taylan, D., (2009). ''Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması'', Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gizem TOPRAKÇI

Doğum Tarihi ve Yeri : 22.03.1990, İstanbul

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

E-posta : toprakci.gizem@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Kimya Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Kimya Mühendisliği	Gazi Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Gaziosmanpaşa Anadolu Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015-halen	B/S/H Ev Aletleri Sanayii ve Ticaret A.Ş	Tedarikçi Kalite Yönetimi Master Proje Öğrencisi
2013-2013	Ülker Çikolata Sanayii A.Ş.	Üretim Stajyeri
2012-2012	DSİ 14. Bölge Müdürlüğü	Kalite Kontrol Stajyeri

YAYINLARI

Bildiri

1. **Toprakçı, G.,** Acaralı, N., Saraç, H., (2016), ''Kendi Kendini Temizleyebilen, Bor/Borat Katkili Boyalarin Özelliklerinin Geliştirilmesi ve Farkli Metal Yüzeyler için Uygulanabilirliğinin İncelenmesi'', 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK-12), 23-26 Ağustos 2016, İzmir.

ÖDÜLLERİ

1. Gazi Üniversitesi Sanayi Odaklı Bitirme Projeleri Yarışması Mansiyon Ödülü.

2. Goethe-Enstitüsü, Schwabish Hall, Almanca Dil Eğitimi Bursu.