T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILABİLECEK BOYALARDA HİDROFOBİKLİK, YANMAZLIK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

MERVE BAĞCI

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

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILABİLECEK BOYALARDA HİDROFOBİKLİK, YANMAZLIK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

Merve BAĞCI 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

Günümüzde boya; inşaat, sanayi, tekstil, mobilya ve otomotiv sektörü gibi neredeyse hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ve sanayileşmenin artması yangın riskinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu riski en aza indirmek için aleve dayanıklı malzeme üretimi ön plana çıkmaktadır. Dünyanın en büyük bor rezervine sahip olan ülkemizde, bor mineralleri alev geciktirici özelliğini geliştirmek amacıyla farklı ürünlerde kullanılmaya başlanmıştır. Günlük hayatta üretilen malzemelerin büyük bir çoğunluğu boyalarla kaplandığından boyaların yanma geciktirici özelliklerinin arttırılması avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında boyalara hidrofobik özellik kazandırılmasıyla yüzey ile temas eden su, bu özellik sayesinde boyanın üzerinden kolaylıkla akıp gideceğinden yüzeye ve boyaya vereceği olumsuz etkiler minimum seviyeye düşürülmüş olacaktır. Bu sebeple bugünün ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde kalitesi arttırılmış, alev geciktirici, hidrofobik özelliğe sahip aynı zamanda mekanik dayanımı yüksek boyalara talep gün geçtikçe artmaktadır.

Tez çalışmam süresince engin bilgileriyle beni aydınlatan, çalışmamın her aşamasında ilgi, destek ve yardımını esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Nil Acaralı'ya, laboratuvar çalışmalarım sırasında katkılarından dolayı Sayın Arş. Gör. A. Bilal Öztürk'e ve Sayın Uzm. H. İrem Özgündüz'e, deneysel çalışmalarımın analizlerinde yardımcı olan YTÜ BİTUAM Merkez Laboratuvarı ekibine, her daim desteklerini hissettiğim arkadaşlarım Gözde Bozacı ve Tuğba Çifte'ye, eğitimim için her türlü fedakarlığı gösteren, sevgi ve dualarını esirgemeyen biricik aileme sonsuz teşekkürlerimle...

Mayıs, 2017

Merve BAĞCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÇİZELGE LİSTESİ xi

ÖZET xii

ABSTRACT xiii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2

BÖLÜM 2

HİDROFOBİK ÖZELLİK 3

2.1 Süperhidrofobik Yüzeyler 4
2.1.1 Yapay Süperhidrofobik Yüzeyler 4
2.1.2 Doğal Süperhidrofobik Yüzeyler 4

BÖLÜM 3

YANMAZLIK (ALEV GECİKTİRİCİ) ÖZELLİK 6

3.1 Alev Geciktirici Türleri 7
3.1.1 Halojenli Alev Geciktiriciler 8
3.1.2 Fosfor İçerikli Alev Geciktiriciler 8
3.1.3 Azot İçerikli Alev Geciktiriciler 8
3.1.4 Silikon İçerikli Alev Geciktiriciler 9

3.1.5 Polimerik Alev Geciktiriciler 9
3.1.6 Bor İçerikli Alev Geciktiriciler 9

BÖLÜM 4

MEKANİK ÖZELLİK 11

BÖLÜM 5

BOYA 12

5.1 Türkiye'de Boya Endüstrisi 12
5.2 Boyaların Sınıflandırılması 14
5.2.1 Solvent Bazlı Boyalar 14
5.2.2 Su Bazlı Boyalar 15
5.2.3 Toz Boyalar 16
5.3 Su Bazlı Boya Üretimi 16
5.4 Boya Testleri 17
5.4.1 Yaş Boyaya Uygulanan Testler 17
5.4.2 Kuru Boyaya Uygulanan Testler 23
5.4.3 Performans Testleri 26

BÖLÜM 6

LİTERATÜRDE BOYA İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR 27

BÖLÜM 7

DENEYSEL TASARIM 29

7.1 Taguchi Metodu 31

BÖLÜM 8

DENEYSEL ÇALIŞMALAR 34

8.1 Kullanılan Kimyasallar ve Maddeler 34
8.2 Kullanılan Cihazlar 34
8.3 Deneyin Yapılışı 35
8.4 Termal Analiz ile Yanmazlık Testi 38
8.5 Hidrofobiklik Testi 40
8.6 Görsel Boya Testleri 41

BÖLÜM 9

SONUÇLAR VE TARTIŞMA 42

9.1 Taguchi Metot Sonuçları 42
9.2 Viskozite Ölçüm Sonuçları 44
9.3 Görsel Boya Testlerinin Sonuçları 45
9.3.1 Örtücülük Testi 45
9.3.2 Hidrofobiklik Testi 47
9.3.3 Yapışma Testi 49
9.3.4 Aşınma Direnci Testi 51

9.4 Hidrofobiklik Testinin Sonuçları 52
9.5 Yanmazlık Testinin Sonuçları 53

BÖLÜM 10

SONUÇ VE ÖNERİLER 57

KAYNAKLAR 60

ÖZGEÇMİŞ 64

SİMGE LİSTESİ

cm	Santimetre
cm^2	Santimetre kare
cP	Centipoise
dk	Dakika
gr	Gram
lt	Litre
m	Metre
m^2	Metre kare
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mN	Milinewton
ms	Milisaniye
N	Gürültü
n	Bir denemedeki test sayısı
S	Sinyal
s	Saniye
s^2	Gözlem değerlerinin varyansı
y_i	Performans karakteristiğinin i. gözlem değeri
$\bar{y}$	Gözlem değerlerinin ortalaması
µm	Mikro metre
°C	Celcius derece

KISALTMA LİSTESİ

DTA	Diferansiyel Termal Analiz
DTG	Diferansiyel Termal Gravimetri
FTIR	Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre
LOI	Limitleyici Oksijen İndeksi
PVC	Polivinil Klorür
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TG	Termogravimetri
XPS	X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi
XRD	X-Işını Kırınımı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Hidrofilik ve hidrofobik yüzeylerde temas açısı 3
Şekil 2. 2 Nilüfer çiçeği üzerindeki su damlaları 5
Şekil 5. 1 Türk boya sektöründeki satış verileri toplamı, 2010-2014 13
Şekil 5. 2 Türkiye boya, hammadde ve yardımcı maddeler ihracatı, 2009-2014 14
Şekil 5. 3 Su bazlı boya üretim prosesi 17
Şekil 5. 4 Zebra kağıdı ile örtücülük testi 20
Şekil 5. 5 Hegman grindometresi 21
Şekil 5. 6 Ezilme inceliği test sonucu 22
Şekil 5. 7 Boyanın kafes biçiminde kesimi 25
Şekil 7. 1 Bir prosesin genel modeli 30
Şekil 8. 1 Öğütücü 35
Şekil 8. 2 Gül taç yapraklarının öğütülmüş hali 35
Şekil 8. 3 Mekanik karıştırıcı 36
Şekil 8. 4 a) Çinko borat, b) Boraks pentahidrat, c) Talk 36
Şekil 8. 5 Viskozimetre cihazı 37
Şekil 8. 6 Aplikatör 37
Şekil 8. 7 Boya karışımlarının uygulandığı plaka örnekleri 38
Şekil 8. 8 TG/DTA cihazı 40
Şekil 8. 9 Temas açısı ölçüm cihazı 40
Şekil 8. 10 Aşınma direnci aleti 41
Şekil 9. 1 S/N oranı için ana etki eğrileri (1. set) 44
Şekil 9. 2 S/N oranı için ana etki eğrileri (2. set) 44
Şekil 9. 3 L-1 numaralı boya için örtücülük testi (referans boya) 46
Şekil 9. 4 L-9 numaralı boya için örtücülük testi (1. set optimum boya) 46
Şekil 9. 5 L-6 numaralı boya için örtücülük testi (2. set optimum boya) 47
Şekil 9. 6 L-1 (referans boya) ve L-9 (optimum boya) numaralı boyaların hidrofobiklik testi (1. set) 48
Şekil 9. 7 L-1 (referans boya) ve L-6 (optimum boya) numaralı boyaların hidrofobiklik testi (2. set) 48
Şekil 9. 8 Kafes biçiminde kesim; a) L-1 (referans boya), b) L-9 (1. set optimum boya), c) L-6 (2. set optimum boya) 49
Şekil 9. 9 Bant yapıştırılmış hali; a) L-1 (referans boya) ve L-9 (1. set optimum boya), b) L-1 (referans boya) ve L-6 (2. set optimum boya) 49

Şekil 9. 10 L-1 (referans boya) ve L-9 (optimum boya) numaralı boyaların yapışma testi (1. set)..... 50
Şekil 9. 11 L-1 (referans boya) ve L-6 (optimum boya) numaralı boyaların yapışma testi (2. set)..... 50
Şekil 9. 12 L-1 numaralı boya için aşınma direnci testi (referans boya)..... 51
Şekil 9. 13 L-9 numaralı boya için aşınma direnci testi (1. set optimum boya) 51
Şekil 9. 14 L-6 numaralı boya için aşınma direnci testi (2. set optimum boya) 52
Şekil 9. 15 L-1 (referans boya) numaralı boyanın temas açısı görüntüsü 52
Şekil 9. 16 L-9 (optimum boya) numaralı boyanın temas açısı görüntüsü (1. set)..... 53
Şekil 9. 17 L-6 (optimum boya) numaralı boyanın temas açısı görüntüsü (2. set)..... 53
Şekil 9. 18 L-1 (referans boya) numaralı boyanın TG-DTG ve DTA eğrileri 54
Şekil 9. 19 L-9 (optimum boya) numaralı boyanın TG-DTG ve DTA eğrileri (1. set)..... 55
Şekil 9. 20 L-6 (optimum boya) numaralı boyanın TG-DTG ve DTA eğrileri (2. set)..... 55

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5. 1 Parlaklık açılarının sınıflandırılması 24
Çizelge 9. 1 Deneylerde 1. setin optimizasyon parametreleri ve seviyeleri 42
Çizelge 9. 2 Deneylerde 2. setin optimizasyon parametreleri ve seviyeleri 42
Çizelge 9. 3 Taguchi L-9 ortogonal dizi (1. set) 43
Çizelge 9. 4 Taguchi L-9 ortogonal dizi (2. set) 43
Çizelge 9. 5 1. set için viskozite değerleri 45
Çizelge 9. 6 2. set için viskozite değerleri 45

ÖZET

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILABİLECEK BOYALARDA HİDROFOBİKLİK, YANMAZLIK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

Merve BAĞCI

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nil ACARALI

Yapılan bu çalışmada, su bazlı iç cephe inşaat boyasına boraks pentahidrat ve çinko borat olmak üzere iki farklı bor kimyasalı ilave edilerek boyanın yanmazlık özelliğine olan etkisi incelenmiştir. Hidrofobik özelliğini geliştirmek amacıyla kırmızı gülün taç yaprakları, su bazlı boyanın içeriğine eklenmiştir. Bunun yanında mekanik dayanımını arttırmak için talk kimyasalı katılmıştır. Kırmızı gülün taç yaprakları kurutularak öğütücüde toz haline getirilmiştir. Su bazlı iç cephe boyasının ağırlıkça % 0-6' sı olacak şekilde, bor kimyasalı, talk ve kırmızı gülün taç yaprakları farklı oranlarda su bazlı boyaya ilave edilmiştir. Çalışmadaki deneyler için üç seviye ve üç parametre seçilerek Taguchi deneysel tasarım metodu kullanılmıştır. İki çeşit bor kimyasalı ilave edildiğinden deneyler iki set halinde hazırlanmıştır. Katkı maddeleri ile homojen şekilde karıştırılmış, her bir set için dokuz farklı içerikteki boya numuneleri özel hazırlanmış plakalara uygulanmıştır. Plakalardaki boyalar kuruduktan sonra numuneler testlere tabi tutulmuştur. Boyaya eklenen bor kimyasalı, kırmızı gülün taç yaprağı ve talk sayesinde su bazlı iç cephe boyasının yanmazlığı, hidrofobik özelliği ve mekanik dayanımı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor, hidrofobik, kırmızı gül, talk, yanmazlık

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HYDROPHOBICITY, NON-FLAMMABILITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF DYES TO USE IN CONSTRUCTION SECTOR

Merve BAĞCI

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Nil ACARALI

In this study, two different boron chemistry compounds -borax pentahydrate and zincborate- were added into the water based interior wall construction dye to investigate the effect of the dye on the non-flammability property. Red rose petals have been added to the content of water-based dye in order to develop hydrophobic properties. Also talc was used to increase the mechanical strength. Red rose petals were dried, pulverized in a grinder. Boron, talc and red rose petals were added to the water-based dye at different ratios, with 0-6% of the weight of the water-based interior dye. Three levels and three parameters were selected for these experiments in the study and the Taguchi experimental design method was used. Since two types of boron chemistry were added, the experiments were prepared in two sets. Mixed homogeneously with the additives, dye samples of nine different contents for each set were applied to specially prepared plates. The samples were tested after drying the dye on the plates. Hydrophilic nature, non-flammability and mechanical strength of the water based interior dye have been improved thanks to the addition of boron chemistry, red rose petals and talc.

Keywords: Boron, hydrophobic, red rose, talc, non-flammability

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

İncelenen literatür çalışmalarında boyanın çok farklı sektörlerde kullanım alanına sahip olduğu görülmektedir. İlerleyen teknoloji ile birlikte beklentilerin değişmesi üzerine, malzemelerde kaplama görevi gören boyaların da birtakım özelliklerinin geliştirilmesi beklenmektedir. Yapılan çalışmalarda boyaya doğal ve sentetik katkı malzemeleri ilave edilmiştir. Araştırmacılar, bu ilavelerin boya performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çevresel faktörler, hammadde maliyeti ve kalite de göz önünde bulundurulmuştur.

Ökenek [1], akrilik esaslı boyalara formülasyon sırasında birkaç alkali borat bileşiğini (kalsiyum metaborat, potasyum metaborat ve sodyum tetraborat) fiziksel olarak eklemiştir. Bu bor bileşiklerinin boyalar üzerindeki alev geciktirme ve duman bastırma özellikleri incelenmiştir. Hazırlanan numunelere renk uygunluğu, parlaklık ve viskozite testleri uygulanarak katkıların boyama özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Testler sonucunda kalsiyum metaborat bileşiğinin boya viskozitesini arttırdığı, sodyum tetraboratın ise viskoziteyi düşürdüğü görülmüştür. Diğer bor bileşikleri viskoziteyi önemli oranda etkilememiştir. Parlaklık ve renk uygunluğu için katkıların olumsuz bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Sodyum tetraborat katkılı boya numunelerinin, LOI ve duman yoğunluğu testlerinde en iyi sonucu verdiği saptanmıştır.

1.2 Tezin Amacı

İnşaat sektörünün gelişmesiyle birlikte yapılarda koruyucu ve görsel donanım olarak kullanılan boyaların aleve ve suya karşı dayanıklı olması ve bunun yanında mekanik dayanımının yüksek olması talep edilen özellikler arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, sektörel ve bilimsel açıdan farklılık oluşturması amacıyla piyasada bulunan su bazlı iç cephe inşaat boyasına bor bileşikleri, bitkisel katkı ve talk ilave edilerek hidrofobiklik, yanmazlık ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

1.3 Hipotez

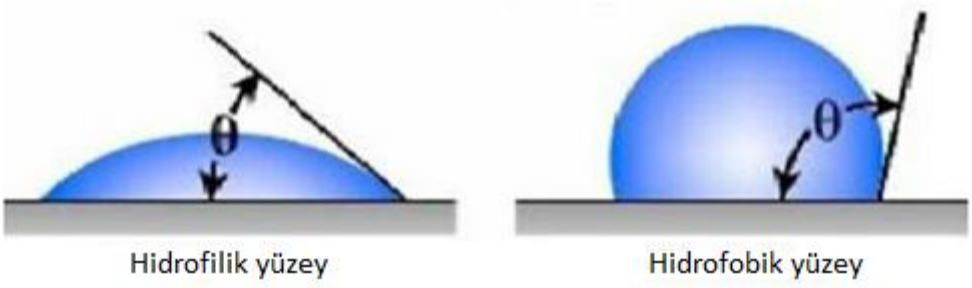
Yapılan bu çalışmada, literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak, inşaat sektörü açısından oldukça önemli olan su bazlı iç cephe boyasının kalitesini yükseltmek için piyasadan tedarik edilen doğal ve sentetik katkılar ilave edilmiştir. Optimum proses parametrelerini belirlemek ve verimliliği arttırmak adına Taguchi deneysel tasarım metodu uygulanmıştır. Hazırlanan boyaların hidrofobik ve yanmazlık özelliklerinin iyileştirildiği bununla beraber mekanik dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.

BÖLÜM 2

HİDROFOBİK ÖZELLİK

Kimyanın önemli bir özelliği olarak, bir yüzeyin ıslanabilirliği temel ve endüstriyel uygulamalarda büyük bir önem taşımaktadır [2]. Yüzey ıslanabilirliğinin kontrol edilmesi havacılık ve otomotiv sanayi için kendi kendini temizleyen camlar, inşaat sektörü için aşınmaz yapılar, su geçirmez tekstil, optik aletler ve cep telefonları için kirlenmeyen yüzeyler, membran uygulamaları, hücre ve antibakteriyel adezyon, tencere kaplamaları gibi farklı uygulamalar için oldukça değerlidir.

Yüzey ıslanabilirliğini belirleyebilmek için denge temas açısı ölçümleri yapılmalıdır [3]. Bir sıvı damlası katı bir yüzey üzerine temas ettiğinde, temas açısının 90º'den küçük olduğu bir yüzey ıslatılabilen bir yüzeyken temas açısının 90º'den büyük olduğu yüzey ise ıslatılamayan yüzeydir (Şekil 2.1). Islatılabilen yüzey, hidrofilik ıslatılamayan yüzey ise hidrofobik yüzey olarak adlandırılmaktadır [4].



Şekil 2.1 Hidrofilik ve hidrofobik yüzeylerde temas açısı [3]

2.1 Süperhidrofobik Yüzeyler

Süperhidrofobisite 1940'lardan beri bilinmesine rağmen, 1997'de Barthlott ve Neinhus tarafından nilüfer yaprağı da dahil olmak üzere çeşitli doğal bitki yapraklarının yüzey yapısının araştırılmasının ardından son yıllarda daha büyük bir önem taşımaya başlamıştır [5]. Süperhidrofobik yüzeylerin yapışmama, kirlenmeme ve kendi kendini temizleme gibi özellikleri bulunmaktadır ve bu özelliklerinden dolayı birçok biyolojik ve endüstriyel uygulamalarda kullanılması beklenmektedir [6]. Katı yüzey üzerindeki sıvı damlasının temas açısı 150°'den büyük olan yüzeyler süperhidrofobik yüzeyler olarak adlandırılmaktadır [5].

2.1.1 Yapay Süperhidrofobik Yüzeyler

Bir yüzeyin süperhidrofobik özellik gösterebilmesi için yüzey enerjisinin düşük olması ve yüzeyin pürüzlü olması gibi iki temel faktöre gereksinim duyulmaktadır [4]. Bu iki temel faktör süperhidrofobik yüzey sentezlenmesi için iki yönteme öncülük etmektedir. Birinci yöntemde hidrofobik bir maddeden pürüzlü yüzey sentezlenebilmektedir. İkinci olarak ise pürüzlü hidrofilik bir yüzeyin kimyasal olarak modifiye edilmesi veya üzerine hidrofobik bir malzeme uygulanmasıdır [6]. Süperhidrofobik özellik kazandıracak boyutta yüzey pürüzlülüğü oluşturabilmek için yapay yollarla plazma aşındırma, lazer aşındırma, kimyasal aşındırma, elektro kimyasal reaksiyon ve çöktürme, elektrospining, kimyasal buhar çöktürme, litografi, sol-gel işlemi, çözelti dökme, tabaka tabaka ve koloidal birleşme gibi birçok farklı metod kullanılabilmektedir [4].

2.1.2 Doğal Süperhidrofobik Yüzeyler

Lotus (nilüfer) ve pirinç yaprakları, kelebek ve ağustos böceği kanadı, sivrisinek gözü, geko kertenkelesi ayağı ve gül taç yaprakları gibi bazı canlıların yüzeylerinde bulunan suyu emmemesi ve kendi kendini temizlemesi özelliği yıllardır araştırma konusu olmuştur.

Kendi kendini temizleyebilen ve hidrofobik yüzeye en güzel örnek, bataklıkta yetişen nilüfer çiçeği (Şekil 2.2) diğer bir adıyla lotus bitkisidir [7].

Lotus bitkisinin yapraklarında rastgele dağılmış halde mikro ve nano pürüzlülükler yer almaktadır. Dışarıdan bakıldığında anlaşılmamasına rağmen nano çıkıntılar yapıya süperhidrofobluğu sağlamakta ve yüksek temas açısı kazandırmaktadır [8].



Şekil 2.2 Nilüfer çiçeği üzerindeki su damlaları [6]

Su damlaları nano çıkıntıların en yüksek noktaları üzerinde bulunmaktadır çünkü damlanın altındaki çukur yapılar hava paketçikleri ile doldurulmuştur. Nilüfer çiçeği yapraklarının süperhidrofobik özellik göstermesinin sebebi hava paketçiklerinin varlığından kaynaklanmaktadır [6].

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi yüzeyin hidrofobik karakteri sayesinde, su damlaları yüzeyle tam bir temas kuramayıp kendi ağırlıklarıyla aşağıya doğru yuvarlanarak ilerlerken yüzey üzerindeki tüm kirlilikleri uzaklaştırmaktadır ve bu olay kendi kendini temizleme özelliği olarak adlandırılmaktadır. “Lotus etkisi” olarak da bilinen, yüzeylerin kendi kendini temizleme özelliği günümüzde tekstil ve boya sanayi başta olmak üzere pek çok endüstri alanında yeni uygulamalar ve gelişmeler sağlamaktadır [8].

BÖLÜM 3

YANMAZLIK (ALEV GECİKTİRİCİ) ÖZELLİK

Artan sanayileşme ve teknolojinin gelişmesi, nüfusun çoğalmasına bağlı olarak toplu yerleşim alanlarının fazlalaşması, yangın riskinin ve bununla beraber yangının maddi ve manevi zararlarının artışına sebep vermektedir. Yangın yerinde sıcaklık çok hızlı bir şekilde yükseldiğinden ilk dakikalar hatta ilk saniyeler çok dikkat edilmelidir. Yangınlar yüzünden ortaya çıkan can ve mal kaybını en aza indirmek için alınacak önlemlerden biri de, yanmayan veya yanmayı geciktirici malzemelerin kullanımıdır [9].

Yanma esnasında yüzey alanı, ısı üretim hızı, yüzeye ısı aktarım hızı ve bozunma hızları etkili olmaktadır. Alev geciktiriciliği, bu değişkenlerden herhangi birinin etkisini ortadan kaldırarak uygulanmaktadır.

Yanma geciktirici malzemeler, yanma sürecini kesintiye uğratmalı veya bütünüyle engel olmalıdır. Yapılarına göre katı, sıvı veya buhar fazında kimyasal ve fiziksel olarak etki göstermektedirler. Alev geciktiriciler; ısınma, bozunma, tutuşma ya da alev yayılması gibi belirli kademelerde yanma sürecini sonlandırmak için tasarlanmıştır [1].

Alev geciktirici malzemelerin taşıması gereken birtakım özellikler aşağıda verilmektedir.

- Alev geciktirme etkisine sahip olmasının yanı sıra içine ilave edildiği ana malzemenin işlenme özelliklerine zarar vermemelidir.
- Belli oranlarda kullanılan alev geciktirici katkı maddeleri, hem kolay yanabilen ana maddeyi seyreltmekte hem de ana maddenin yanmaya devam etmesi için gerekli olan minimum oksijen miktarını düşürmelidir.
- Aktif bir yanma geciktirici düşük tutuşma hızına sahip olmalıdır.

- Kullanım alanı için görünüşleri ve nitelikleri kabul edilebilir düzeyde olmalı ve ürünün fiyatına etkisi az olmalıdır.
- Zehirli olmamalı, düşük hızda ve miktarda dumana sebep olmalı ve yanıcılığın gücünü azaltabilmelidir [10].

İnşaat sektörünün gelişmesiyle, günümüzde yüksek ve modern yapılar çoğalmakta, kullanılan sentetik malzemelerin miktarı da her geçen gün artmaktadır. Binalardaki ısıtma ve soğutma sistemleri, bilgisayar, iletişim ve emniyet sistemlerinin birbiriyle bağlantısı çoğunlukla kablo kullanılarak sağlanmaktadır. Yeterli önlem alınmadığı durumda hayatımızı kolaylaştıran bu sistemler, potansiyel yakıt görevi görme olasılığına sahiptirler. Alev geciktirici kaplamalar, estetik açıdan geliştirilmişler ve teknolojinin ilerlemesiyle daha da gelişmeye devam etmektedirler. Yaşama ve çalışma alanlarında, bu malzemelerin ince film şeklinde kaplanarak kullanımı, yüzeyden alevin yayılmasını ve yangını geciktirmesi sebebiyle geniş kullanım alanı bulmaktadır. Geleneksel boya ile kaplı duvar ve tavan bölgelerinde yangın ürünü ısı ve buharın birikmesi sonucu ani parlamalar meydana getirmekte ve yangının kontrol edilmesi zorlaşmaktadır. Ancak inşaat boyalarının alev geciktirici malzeme ile özellikleri geliştirildiği takdirde ısı ya da aleve maruz kalındığında, alev almayan gazlar çıkarırlar ve ortam havasındaki yanıcı gazları seyreltirler [11].

3.1 Alev Geciktirici Türleri

Alev geciktiriciler, katkı maddesi olan alev geciktiriciler ve tepkimeye giren alev geciktiriciler olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Katkı maddesi şeklinde olan alev geciktiriciler, genellikle proses sırasında katılan ve polimer ile bu esnada tepkimeye girmeyen sadece yangın başladığında, yüksek sıcaklıklarda tepkimeye giren malzemelerdir. Tepkimeye giren alev geciktiriciler ise polimerin içerisine sentez anında veya reaksiyon sonrasında prosese ilave edilmektedir. Bu alev geciktiriciler, polimer zincirlerinin içerisine katılmaktadır. Tepkimeye girenler, genellikle termosetler için kullanılırken; katkı maddesi olanlar, özellikle termoplastikler için kullanılmaktadır. Alev geciktiriciler aşağıda açıklandığı şekilde de sınıflandırılmaktadır [11], [12].

3.1.1 Halojenli Alev Geciktiriciler

Halojen içeren alev geciktiricilerin etkinliği, halojenlerin türüne göre değişiklik göstermektedir. Flor ve iyot içeren bileşikler, polimerin yanma sürecine etki etmediği için kullanılmamaktadır [12].

Halojenli alev geciktiriciler, yanma prosesini keserek etkilerini göstermektedirler ve bu şekilde açığa çıkan duman miktarı artmaktadır. Bu alev geciktiriciler katastrofik yanmayı önlerler ancak plastiklerin yanmasını engelleyemezler. Yangınların kontrol edilebilir olduğu durumlarda hasarı azaltırlar ya da kurtarma operasyonlarında zaman kazandırmaktadırlar. 1980 ve 1990'ların başında halojenik yanma ürünlerinin korozif özelliğinden dolayı kanuni tedbirler alınmıştır. Kablo üretiminde ABD, Japonya ve İtalya'da PVC'nin yerini halojen içermeyen alev geciktirici malzemeler almıştır [13].

3.1.2 Fosfor İçerikli Alev Geciktiriciler

Fosfor içeren alev geciktiricilerin kullanım alanı oldukça geniş ve malzemeler çok yönlüdür. Bu malzemelerde kullanılan fosfor bileşikleri elementel kırmızı fosfor, suda çözünebilir inorganik fosfatlar, suda çözünmeyen amonyum polifosfat, fosfinoksitler, organofosfat ve fosfonatlar, kloroalifatik ve bromoaromatik fosfatlardır [1].

Bu fosfor içerikli yanma geciktiriciler katkı olarak veya polimerin üretimi esnasında polimer zincirine yerleştirilerek kullanılabilir ve bunların kondense veya buhar fazında aktif oldukları bilinmektedir. Oksijen veya azot içeren polimerlerde daha etkilidirler bu yüzden polimer zinciri içerisinde oksijen veya azot atomlarının olması çok önemlidir [11].

3.1.3 Azot İçerikli Alev Geciktiriciler

Azot, bazı polimerlerin yapısında doğal olarak bulunmaktadır. Bu da polimerin belli bir orana kadar aleve dayanıklılık göstermesini sağlamaktadır. Ancak sentetik polimerlerdeki azot malzemenin yanmaya karşı direncini pek fazla değiştirmemektedir. Triazinler, izosiyanürler, üre, siyanürik asit ve türevleri gibi belirli sayıdaki azot içerikli organik bileşikler, reaktif alevlenmeyi geciktirici olarak belirli polimerler için kullanılabilmektedir. Bunlardan bazıları ise katkılı alev geciktiriciler olarak, fosfor bileşikleri ile beraber selülozik tekstiller için uygulanabilmektedir [14].

Azot içerikli alev geciktiriciler, daha az toksiktir ve polimerlerde bulunanlara ilave olarak element içermezler bu sebeple çevre dostudur [1].

Dioksin ve halojen asitleri gibi yanma esnasında yan ürün oluşturmazlar aynı zamanda geri dönüşüm için uygun özelliktedirler. Melamin ve türevleri, en önemli reaktif tip organik azotlu alev geciktiricilerdir [1].

3.1.4 Silikon İçerikli Alev Geciktiriciler

Aleve dayanıklı malzemeler elde etmek için birçok çeşit silikon bileşiği kullanılmaktadır. Silikonlar, silikalar, organosilanlar ve silikatlar bunlara örnek olarak verilebilmektedir. En yaygın olarak kullanılanı poliorganosiloksanlar'dan polidimetilsiloksan'dır. Yapılan araştırmalar, değişik polimerik malzemelere az oranda silikon bileşimleri eklenmesinin, yoğunlaşma sırasında tabaka oluşturma ve buhar evresinde aktif radikallerin tutulması yoluyla onların yanma önleyiciliklerini önemli derecede geliştirdiğini göstermiştir [1].

Polisilastiren ve polikarboksilan gibi seramiğimsi polimerler karışımları halinde hazırlanarak farklı termoplastik malzemeler için kullanılabilmektedir. Bu tür silikon içerikli alev geciktiricilerin uygulandığı malzemenin ısı salma hızını düşürdüğü ancak toplam salınan ısının sabit kaldığı görülmüştür. Temel sebebi bu tür karışımların polimerin üzerinde seramik yapıya benzer bir tabaka meydana getirmesiyle toplam kütle kayıp hızını düşürüyor olmasıdır [1], [14].

3.1.5 Polimerik Alev Geciktiriciler

Çevresel açıdan değerlendirildiğinde, polimerik alev geciktiriciler diğerlerine göre daha az risk içermektedir. Diğer katkı maddeleri gibi polimerik katkılar malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini çok fazla değiştirmemektedir. Bu sebeple bu katkı maddeleri çok az kullanılmaktadır. Polifosfazinler ve polidibromostiren bu türdeki katkı maddelerine örnektir.

3.1.6 Bor İçerikli Alev Geciktiriciler

Bor bileşikleri; korozyon geciktirici, alev geciktirici, duman bastırıcı olarak kaplamalarda ve polimerlerde, tekstil ve kağıt endüstrisinde, uçak ve otomobillerin iç aksamlarında, yanmaya dayanıklı boyalarda, kablolarda ve elektronik aletlerde kullanılmaktadır [10].

Alev geciktirici olarak borlu bileşikler kullanıldıklarında;

- Toksik gaz salınımına sebep vermezler ve bu yüzden çevre dostudurlar.
- Oksijenle temasını kesecek biçimde yanan malzemenin üzerini kaplayarak yanmayı bastırırlar [10].
- Bor içerikli yanma geciktiriciler, polimer zincir oksidasyonu için bariyer görevi yapan camsı koruma tabakası meydana getirirler.
- Düşük değerde uçuculuğa sahiptirler.

Bor bileşikleri yüksek dehidrasyon sıcaklığına sahip olduğu için yüksek sıcaklıklara dayanıklı plastik maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Duman bastırıcı özelliğinin, diğer alev geciktiricilerle kıyaslandığında çok daha etkili olması ve diğerlerine göre daha ucuz olması nedeniyle her geçen gün kullanımı artmaktadır [10].

Çoğunlukla alev geciktirici olarak kullanılan bor bileşikleri baryum metaborat, borfosfatlar, amonyum fluoborat, boraks, borik asit ve çinko borattır. Uzun yıllardır boraks ve borik asit gibi suda çözünen bor ürünleri, selülozik yalıtım malzemesi üretiminde, çinko borat ise PVC uygulamalarında değerlendirilmektedir.

Alev geciktirici çalışmalarında bor bileşiklerinin bir diğer etkisi ise bu amaçla kullanılan başka kimyasallar ile beraber oluşturdukları sinerjidir. Bu sebeple, amonyum floroborat antimontrioksit ile, çinko borat alüminyum trihidrat ile birlikte kullanılmaktadır [13].

Alev geciktiriciler arasında çinko boratın bazı avantajları bulunmaktadır. Duman emisyonunu azaltmakta ve kömürleşmeyi hızlandırmaktadır. Zehirli bir yapısı olmadığından ilave edilmesi sırasında özel ekipmanlara gerek yoktur. Renk verme gücü zayıftır ve metallerle plastiklerin arasındaki yapışma değerini arttırmaktadır. Antimon ile birlikte kullanılırsa yüksek dereceli alev geciktirici özelliğine sahiptir, antimon hidroksit ile birlikte kullanılırsa duman bastırma özelliği güçlenmektedir. Plastiklerin çok farklı çeşitlerinde alev geciktirici olarak kullanılmaktadır bu da çinko boratın talebini gün geçtikçe çoğaltmaktadır [10].

BÖLÜM 4

MEKANİK ÖZELLİK

Bir yüzey üzerine uygulanan ve tam olarak kurumuş bir boya kaplama filminin hangi alanlarda kullanılabileceğini belirlemek için birtakım testler yapılmaktadır. Uygulanan boyanın iyi bir renk, parlaklık, örtücülük gibi görsel özelliklerinin yanında iyi bir koruma sağlayabilmesi için dış etkenlere karşı kimyasal ve mekanik açıdan dayanımının da yüksek olması gerekmektedir [15].

Tüketici kullandığı boyanın uzun yıllar boyunca kaliteli bir koruma sağlamasını talep etmektedir. Bunun için de uygulanacak boyanın iyi geliştirilmiş mekanik özelliklerinin olması beklenmektedir. Her koruyucu tabakada olduğu gibi boyanın da dış çevreden gelen çarpma, çizilme, darbe ve basınçla birlikte uygulanan mekanik kuvvetlere karşı bir direnç gösterme özelliği bulunmaktadır. Taş çarpma direnci testi, kafes çizgisi (yapışma) testi, T-bend ölçme testi, sertlik testi, derin çekme testi ve daha pek çok darbe testleri gibi testler sertleşmiş boya filminin esnekliğini ve sağlamlığını belirlemek amacıyla uygulanan mekanik testler olup boya kalitesinin incelenmesinde kullanılmaktadır [16].

BÖLÜM 5

BOYA

Boya; beton, metal, plastik, ahşap gibi bir yüzeye uygulandığında dekoratif görünüm kazandıran, korozyon ve kimyasallara karşı koruyucu bir film tabakası özelliği oluşturan heterojen görünümlü bir ürün olarak tanımlanmaktadır [17].

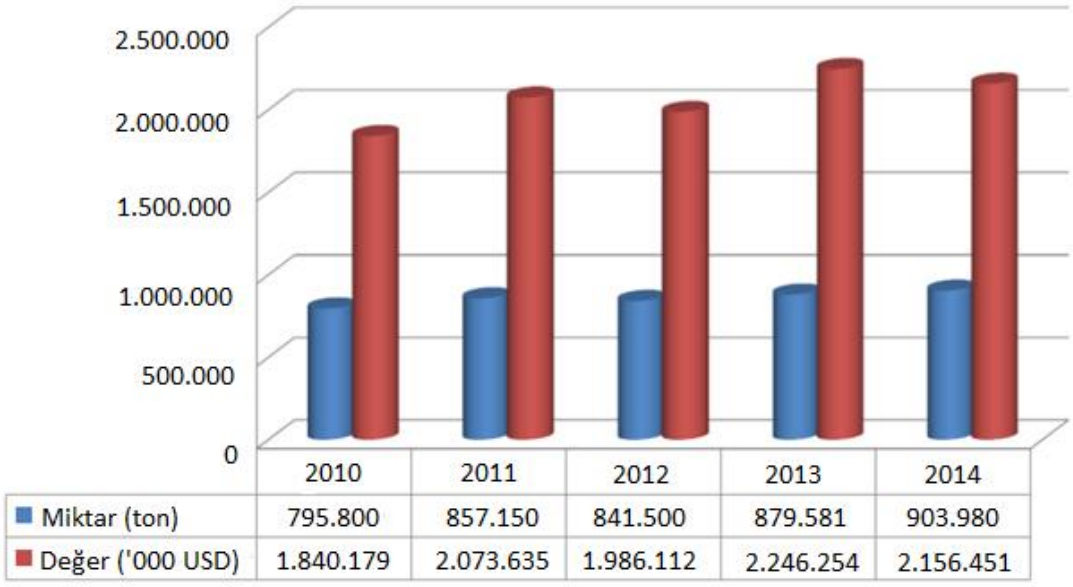
Boyanın bileşenleri genellikle bağlayıcılar, çözücüler, pigmentler, dolgu maddeleri ve kimyasal katkılar olmak üzere beş grup altında sınıflandırılmaktadır [18]. Bağlayıcılar, boyanın cinsine göre yüksek molekül ağırlıklı, uzun zincirli polimerler olup pigment, katkı ve dolgu maddeleri ile diğer kimyasal maddeleri bir arada tutarak boyanın uygulandığı yüzeye bağlanmasını sağlamaktadır. Bağlayıcının içinde ince toz zerrecikleri şeklinde dağılmış olarak bulunan pigmentler, boyanın içinde renklendirme, dolgu, örtücülük ve bazı özel amaçlar için kullanılan çoğunlukla inorganik yapıdaki katı maddelerdir [19]. Çözücüler, boyanın dağılımının uygun bir şekilde ayarlanmasını sağlayarak boyanın yüzeye sürülebilirliğini kolaylaştırır. Bağlayıcıyı dağıtmak, uygulama şartlarını iyileştirmek amacıyla kullanılan renksiz ve uçucu yağlardır [19], [20]. Boyaya ilave edilen katkı ve dolgu maddeleri boyanın maliyetini, yoğunluğunu, matlığını, yüzey pürüzsüzlüğünü ve diğer etkenleri ayarlamak için kullanılan maddelerdir [20].

5.1 Türkiye'de Boya Endüstrisi

Boya sektöründe Türkiye, Avrupa'nın beşinci büyük boya üreticisi durumundadır. Ülkemizde boya sektörü adına 9 büyük firmanın yanında 350'ye yakın siparişe ve fiyata bağlı üretim yapan, atölye tipi ve boya pazarının yaklaşık olarak % 40'ını kapsayan küçük ve orta ölçekli üreticiler de yer almaktadır [21].

İç piyasada üretilen kaplama reçineleri dışında Türk boya endüstrisinin dörtte üçü özellikle pigment, ham madde ve çözücüler bakımından büyük oranda ithalata bağımlı haldedir. Kapasite kullanım oranının % 60'larda olduğu ulusal boya piyasası için Balkanlar, Kafkas ülkeleri, Doğu Avrupa ve Rusya iyi bir potansiyel ihracat pazarı meydana getirmektedir [22].

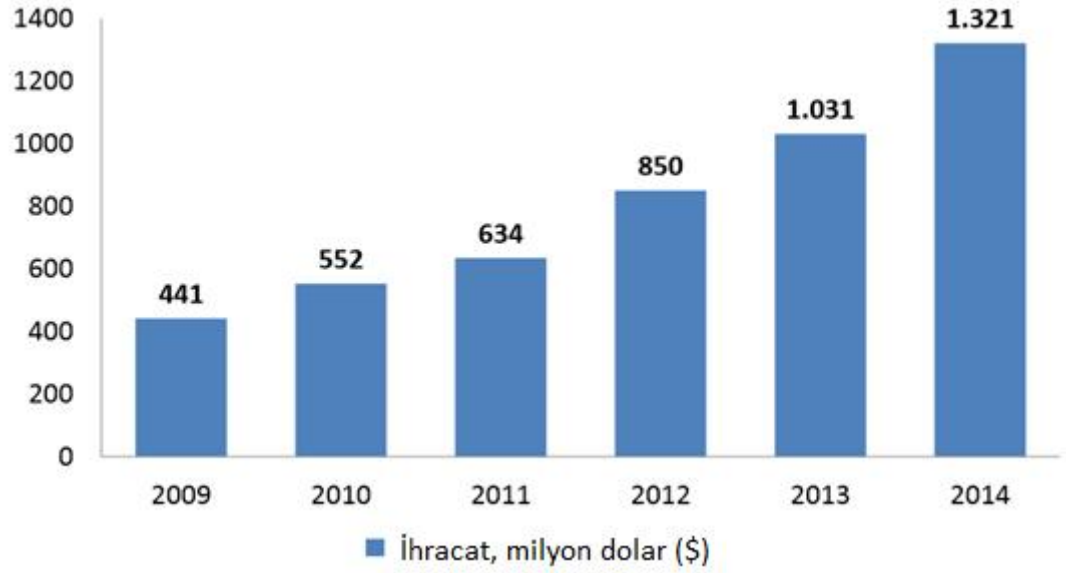
1990'ların ilk zamanlarında Türk boya sektörünün yıllık toplam üretim kapasitesi 308 bin ton iken 2010 yılında bu değer yıllık 850 bin ton'a erişmiştir [23]. 2014 yılında sektörde % 3-4'lük bir büyüme gözlemlenerek yaklaşık 903 bin tonluk üretim gerçekleştirilmiştir. Miktar temelinde üretimin % 60'ını inşaat ve % 40'ını sanayi boyaları oluşturmaktadır [24]. 2010 ile 2014 yılları arasında Türk boya sektörü toplam satış veri değerleri ise Şekil 5.1'de yer almaktadır. Türkiye'de kişi başı boya tüketimi 11 kg olurken gelişmiş ülkelerde bu değer Türkiye'nin 2,5-3 katına çıkmaktadır [23], [24].



	2010	2011	2012	2013	2014
Miktar (ton)	795.800	857.150	841.500	879.581	903.980
Değer ('000 USD)	1.840.179	2.073.635	1.986.112	2.246.254	2.156.451

Şekil 5.1 Türk boya sektöründeki satış verileri toplamı, 2010-2014 [24]

Boya, hammadde ve yardımcı maddelerin ihracatı 2014 yılında toplam 1,32 milyar dolardır. Yapılan boya ihracatı toplam üretim miktarının yaklaşık % 10'una denk gelmektedir. Sektördeki ithalat miktarı ise 1,7-1,9 milyar dolar arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 5.2) [24].



Şekil 5.2 Türkiye boya, hammadde ve yardımcı maddeler ihracatı, 2009-2014 [24]

5.2 Boyaların Sınıflandırılması

Boyalar öncelikle kullanım alanlarına ve amaçlarına göre; inşaat boyaları, tekstil boyaları, deri boyaları, gıda boyaları, ahşap-mobilya boyaları, sanayi boyaları, deniz boyaları, matbaa-mürekkep boyaları, uçak boyaları ve oto boyaları olarak sınıflandırılmaktadır [17].

Boyaları; kullanılan reçinenin türü, son kullanım yeri, kuruma yöntemi ve bunun gibi daha birçok özellik dikkate alınarak farklı şekillerde de sınıflandırmak mümkündür. Boyanın özelliğini boya bileşenlerinin tipi ve oranı belirlemektedir. Bunun yanı sıra boyanın çeşitli bileşenleri boya üretiminde ve kullanımında meydana gelecek potansiyel çevre kirliliği mevcut atık yönetim seçeneklerini de oluşturur [1]. Atığın azaltılması ve kontrolü için boyalar içerdikleri çözücü bazında sınıflandırılmaktadır. Boyalar bu yaklaşıma göre su bazlı, organik çözücü bazlı (solvent bazlı) ve toz boyalar (kuru, çözücü içermeyen) olmak üzere gruplandırılmaktadır [25].

5.2.1 Solvent Bazlı Boyalar

Solvent bazlı boyalar, çözücü maddesi olarak solvent kullanılan boyalardır. Bu sınıf boyalar uygulama sırasında tiner ile inceltilmektedir. Solvent bazlı boyalar, uygulandıktan sonra kuruması için uzun bir süreye gereksinim duymaktadır. Temizliği kolay olmadığından kimyasal çözücülerin yardımı ile gerçekleştirilir [21].

Bu durum da zararlı yan etkiler oluşturmaktadır. Genellikle ahşap kapı, pencere ve metalleri boyamak için kullanılmaktadırlar [21].

Organik çözücü içeren bu sistemler, sıvı biçimde uygulandıktan sonra yüzeyde kurumaya başlarken yapısında bulunan solventler, serbest hale geçerek atmosfer, çevre ve insan sağlığını tehdit edecek duruma gelmektedir. Solventler buharlaştıkça, güneş ışınlarının etkisi ile tepkimeye girerek oluşan azot oksit nedeniyle atmosferin yüzeye yakın bölgelerinde hava kirliliğine yol açmaktadırlar [11]. Solvent bazlı boyaların atıkları çoğunlukla yanıcı ve tehlikelidir. Bu nedenle suyla inceltilebilen boya ve vernik çeşitleri geliştirilmekte ve zamanla artan bir oran ile solvent bazlı boyalara kısıtlamalar yapılmaktadır [11], [21].

5.2.2 Su Bazlı Boyalar

Çözücü maddesi olarak su kullanılan boyalar, su bazlı boyalar olarak adlandırılmaktadır. Büyük oranda organik çözücü içeren geleneksel boyalara kıyasla su bazlı inşaat boyaları gerek çevre gerekse insan sağlığı açısından kullanımı daha uygun olan boyalardır [26].

Kokusuz özelliğe sahip olan su bazlı boyalar uygulandıktan kısa bir zaman sonra boyanan mekanlar, kullanıma açılmaktadır. Bu boyalar çevre ve insan sağlığına zarar vermemektedir. Çabuk kuruduğundan ikinci kat boya birkaç saat içinde sürülebilmektedir. Rahatlıkla uygulanabilir ve suyla kolayca temizlenebilmektedir. Su bazlı boyalar teneffüs etme özelliğine sahiptir. Solvent bazlı boyalara göre yapılarında daha çok pigment bulundurmaları ve çözücü olarak yalnızca su kullanılması su bazlı boyaların daha sağlıklı ve ucuz olmasına imkan vermektedir. Parlaklık seviyelerine göre mat, yarı mat ve parlak olarak sınıflandırılmaktadır [27].

Halk arasında su bazlı mat boyalar, plastik boya olarak bilinmektedir. Bu boyaların kaygan bir yapıları olmadığından tam olarak silinemezler. Bu sebeple plastik boya ile boyanan duvarların çok sık bir şekilde ıslak bezle silinmesi boyanın yıpranmasına ve renk kaybına uğramasına neden olabilmektedir. Yarı mat boyaların bir diğer adı ise saten boyadır. Yüzey hatalarını gizlediklerinden dolayı macun veya alçı ile düzeltilmiş yüzeylerde dekoratif amaçlı kullanılmaktadır. Plastik boyaların aksine kaygan özelliğe sahip olan saten boyalar kolaylıkla silinebilmektedir [27].

5.2.3 Toz Boyalar

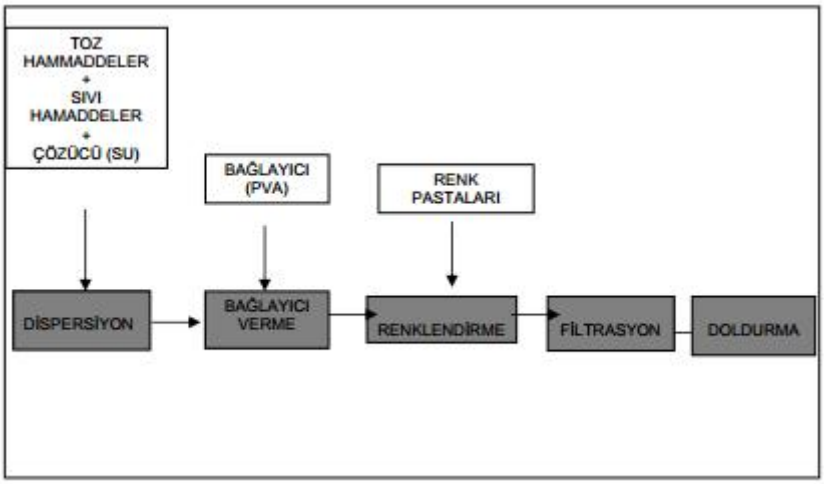
Toz boyalar; pigment, reçine, katalizörler, kuruma ajanları, güçlendirici dolgu maddeleri, akış kontrol ajanları ve az oranda diğer katkı maddelerinden oluşmaktadır. Diğer boyalar gibi yapılarında çözücü bulundurmazlar.

Akışkan yatak ve elektrostatik püskürtme yöntemleri kullanılarak kuru bir şekilde yüzeye uygulanmaktadır. Toz devamlı ısı uygulanıp eritilerek film oluşturacak biçimde boyanacak maddenin üzerine tutulmaktadır. Toz boyaların içerisinde organik çözücü yer almadığından çevresel açıdan avantaj sağlamaktadır. Aynı zamanda yüksek oranda aktarım verimi sebebiyle çok az miktarda sıvı veya katı atık oluşmaktadır. Çoğu kaplama uygulama metodunda büyük ve ağır parçaların ısıtılması gerekmektedir bu da bir dezavantajdır. Bunun yanında elektrostatik toz püskürtme sistemlerinde boya tozunun düzenli bir şekilde birikimini önleyebilecek elektrik alanları meydana gelmektedir [28].

5.3 Su Bazlı Boya Üretimi

Boya üretimi; dağılım, renk ayarlama, dolum ve paketleme gibi farklı aşamalardan meydana gelmektedir [19]. Su bazlı boya üretimi yapılırken ilk olarak beyaz renkli boya pastası hazırlanmaktadır. Bu aşamada su, dağıtma ajanı, amonyak, pigmentler ve katkı maddeleri karıştırılmaktadır [28]. Boya pastası elde edildikten sonra su bazlı boya üretim prosesinin ilk basamağı olan dispersiyon işlemi uygulanmaktadır. Dispersiyon, bağlayıcı içinde çok küçük partiküllerinin homojen olarak dağılması olayıdır [27]. Dispersiyonun ardından bağlayıcı verme kısmında karışıma sırasıyla; reçine, koruyucu ve köpük önleyici ajanlar gibi katkı maddeleri eklenmektedir. Bunu takiben renklendirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Eğer astar su bazlı boya üretimi yapılacaksa renklendirmeye gerek yoktur. Son kat su bazlı boyaların üretiminde ise hazır durumda bulunan renk pastaları prosese ilave edilmektedir ve böylece istenilen renk sağlanmaktadır. Renklendirmeden sonra karışım filtre edilmektedir. Bu sayede kireç ve silt gibi toz hammaddelerin oluşturduğu partiküller boyadan temizlenmektedir. Yüzeyde istenen pürüzlülüğü sağlayabilmek için dış cephe boyaları filtrasyon işlemine tabii tutulmazken iç cephe su bazlı boyalarda ise filtrasyon işlemi uygulanmaktadır [22].

Bu aşamanın bitiminde boyalar kaplara doldurulmak üzere dolum bantlarına gönderilmektedir. Su bazlı boya üretimine ait akım şeması Şekil 5.3'te verilmektedir [22].



Şekil 5.3 Su bazlı boya üretim prosesi [22]

5.4 Boya Testleri

Üreticinin her defasında aynı fiziksel ve kimyasal özellikleri taşıyan boyayı üretebilmesi, tüketicinin de kullanacağı boyayı bilerek seçebilmesi amacıyla boya testlerinin yapılması gerekmektedir. Test paneli türü, testin uygulandığı ortam koşulları, yüzey hazırlama şekli, boya (kat) kalınlıkları ve kuruma önemli parametreler arasında yer almaktadır. Bu parametreler oluşan test sonucunu büyük oranda etkilemektedir. Tekrar edilebilir ve güvenilir sonuçlar elde etmek için sayılan bu etkenlerin sabit tutulması gerekmektedir [29].

Boya üzerinde yapılan testler; yaş boya testleri, kuru boya filmi üzerinde yapılan testler ve performans testleri olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir [29].

5.4.1 Yaş Boyaya Uygulanan Testler

Yaş boyada viskozite, yoğunluk, akma-sarkma limitinin belirlenmesi, katı madde miktarı, örtme gücü, gözle inceleme, ezilme inceliği, kuruma hızı gibi test ve kontroller yapılmaktadır.

Gözle inceleme yapılırken ambalajı içinde bulunan boyanın üst kısmında kaymak tabakasının oluşup oluşmadığı, varsa tabakanın kalınlığı, sertliği veya yumuşaklığının

belirlenmesi gerekmektedir. Eğer kaymaklaşma meydana gelmiş ise fakat çok kalın değilse yapıyı bozmadan kaymak alınarak süzülmeli ve sonrasında boya kullanıma sunulmalıdır. Boyanın kıvamına bakılarak jelin varlığı incelenmelidir. Kontrolde jelleşme ve akışkan olmayan kısım karakterize edilmelidir [29].

Jelleşmeye başlayan boyayı karıştırarak akıcı hale getirmek mümkün olmamaktadır. Boyanın içerisinde özellikleri birbirinden farklı maddelerin yer aldığı bilinmektedir [29].

Bu maddelerin fazlar halinde birbirinden ayrılmış olup olmadığı kontrol edilmelidir. Boyada çökme durumu bir spatula yardımı ile farkedilebilmektedir. Çökme varlığında çöken kısım iyice karıştırılarak homojenize edilip kullanılmalıdır. Bu uygulama sırasında çökmenin niteliği "kolay karıştırılabilir", "zor karıştırılabilir" veya "karıştırılamaz" olarak ifade edilmelidir. Aplikatör ve tabanca gibi uygulama ekipmanları ile yapılan boyama sonucunda yüzeyde gözlenen harici taneciklere göre boyanın içerisinde yabancı madde barındırıp barındırmadığı ve süzme işleminin olup olmayacağı tespit edilmektedir [29].

Ağırlık ve hacim arasındaki ilişkiyi gösteren yoğunluk, boyanın fonksiyonel özellikleri arasına girmemesine rağmen boya tüketiminin hesaplanabilmesi için önemli olabilmektedir. Bunun yanında boyanın formülasyonu yapılırken ve ambalajlanması esnasında hem hammaddelerin hem de bitmiş boyanın yoğunlukları gerekmektedir. Yoğunluk ölçümü, çoğunlukla 100 ml hacminde özel olarak tasarlanmış yoğunluk kabında (piknometre) yapılmaktadır. Kabın darası alındıktan sonra taşacak şekilde boya ile doldurulmaktadır. Kapağı kapatılıp ardından taşan boya temizlenmektedir. Dolu şekilde tekrar tartılır ve iki tartım arasındaki fark 100 ml boyanın ağırlığını vermektedir. Bu değer kabın iç hacmine bölündüğünde yoğunluk elde edilmektedir. İşlemler yapılırken boya sıcaklığı 20°C olmalı ve kullanılan terazinin en az 0,01 gr hassasiyetinde olduğuna dikkat edilmelidir [27].

Viskozite, boyanın spesifikasyonlarda belirtilen bir değeri olup ilk akla gelen önemli bir özelliğidir. Boya alırken karşılaştırma açısından gerekli bir parametredir ve boyanın kullanılabilme özelliklerini de belirlemektedir. Boya belirli bir yüzeye belirli bir ekipmanla uygulanabilmektedir. Dolayısıyla viskozite özelliğinin, boyanın amaca uygun bir şekilde kullanılmasını sağlaması gerekmektedir. Bununla birlikte viskozite, boyanın uygulanması esnasında yayılma, akma, sarkma, fırça veya tabanca ile kullanılabilirlik gibi fonksiyonel özellikleri etkilemektedir. Viskozite ölçümü sırasında sıcaklığın kontrol

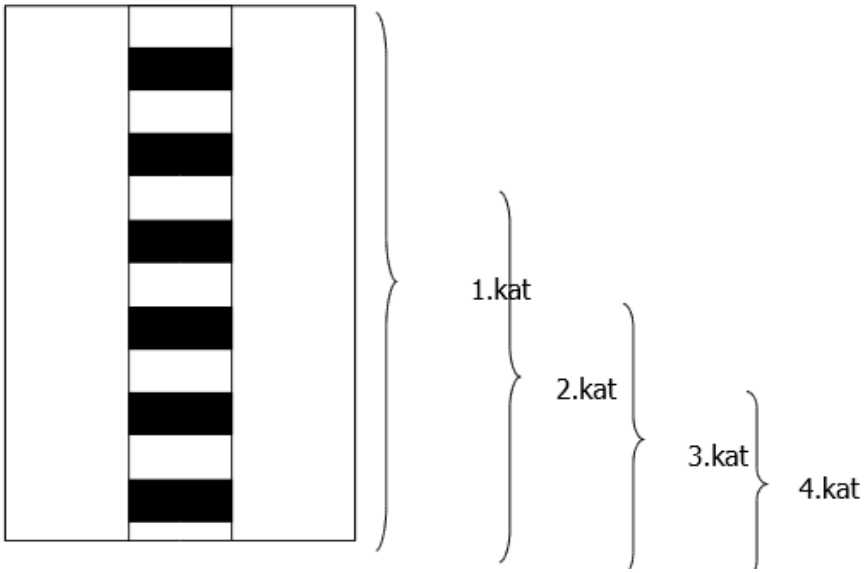
altında tutulmasına dikkat edilmelidir. Sıcaklığa büyük ölçüde bağlı olduğundan yüksek viskozite değerlerinde 2-3 derecelik sıcaklık farkı, sonucu % 10-20 değiştirebilmektedir [27].

Akma, dik ve meyilli yüzeylerde boyanın bazı kısımlarının akması ve daha kalın film oluşturarak düzgünlüğün bozulmasıdır [30].

Boyanın uygulandığı yüzeyden aktığı ve düzgün olmayan bir şekil meydana getirdiği gözleniyorsa boyanın yeterli düzeyde ezilmemiş olduğunu kanıtlamaktadır [30].

Akmanın engellenmesi için; viskozite çok düşük veya çok yüksek değerde olmamalıdır, boya uygulama biçimi kontrol edilmelidir, çözücü miktarı iyi hesaplanmalıdır, tabanca ile yapılan çalışmalarda hava basıncının yeterli olmasına özen gösterilmelidir ve geç uçan çözücüler tercih edilmemelidir. Sürülen boyanın yüzeyine detaylı olarak bakıldığında çukurları ve tepeleri olan dalgalar şeklindeki yüzey yayılması en iyi biçimde gözlenebilmektedir. Gözle incelemenin yanı sıra aletler kullanılarak da değerlendirilebilmektedir. Gözün film yüzeyine değil de yüzeyden yansıyan görüntüye odaklanması halinde görüntünün kalitesini belirleyen üç kavramdan bahsedilmektedir. Bunlar; pusluluk, aynamsı parlaklık ve görüntü netliğidir [30].

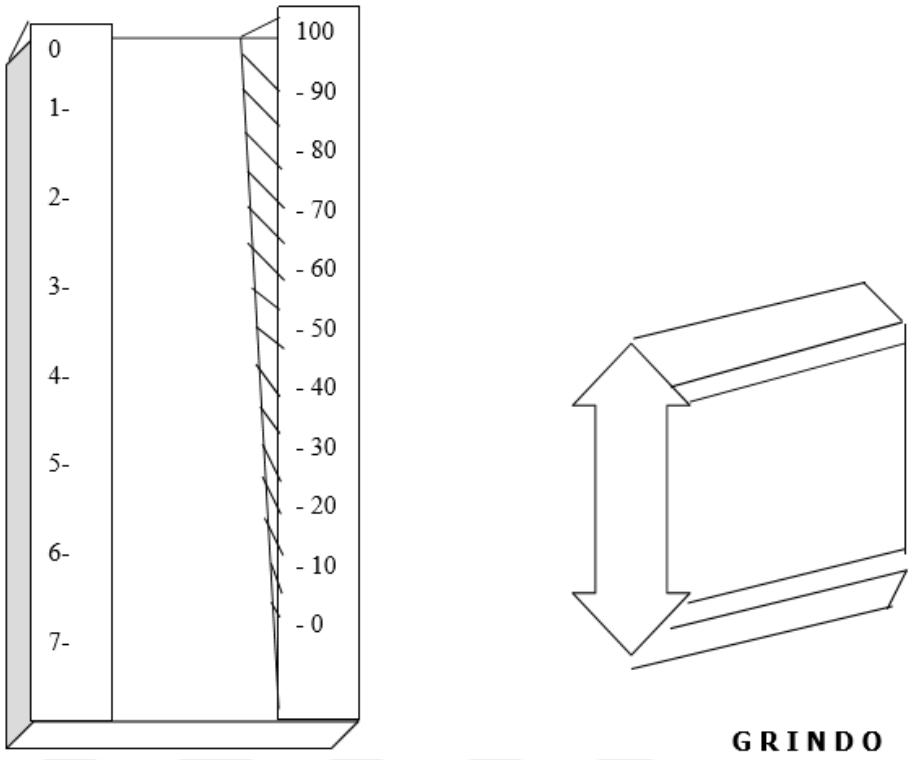
Sürüldüğü yüzeyi tamamıyla kapatma gücü boyaların örtücülüğü olarak tanımlanmaktadır. Bir litre boya ile kapatılabilen alan miktarı m^2 şeklinde (m^2/lt) belirtilmektedir. Bu örtücülük özelliği boyaların içinde bulunan pigmentlerden kaynaklanmaktadır. Zebra kâğıdı ile örtme gücü testi için bir test plakasına (225x365 mm) ortaya gelecek biçimde 6 cm genişliğinde zebra kâğıdı kenarlarından şeffaf yapışkan bant ile yapıştırılmaktadır. Şekil 5.4'te gösterildiği gibi panele bir kat boya uygulandıktan sonra her defasında 3-4 cm aşağıdan başlayacak şekilde 2., 3., 4., ... katlar uygulanmaktadır. Bu sayede panel boyunca gittikçe artan kalınlıklarda boya filmi elde edilmektedir. Boya bütünüyle kuruduktan sonra zebra kağıtlarının siyah ve beyaz şeritlerinin görülmediği nokta işaretlenir ve noktanın iki yanındaki film kalınlığı belirlenmektedir. Ölçülen değerin ortalaması mikron türünden kuru film örtücülüğü olarak ifade edilmektedir [29].



Şekil 5.4 Zebra kağıdı ile örtücülük testi [29]

Boya üretim aşaması gözden geçirildiğinde, en mühim kısmın dispersiyon aşaması olduğu anlaşılmaktadır. Boyaya renk, örtücülük bunun yanında daha pek çok özellik kazandıran yada katkıda bulunan pigmentler 0,01-25 mikron büyüklüğünde temin edilmektedirler. Üreticiler öncelikle bu pigmentleri ezerek olması gereken boyuta gelmesini ve sonra boyanın hammaddesi olan reçineye tutunmasını sağlamaktadırlar [29].

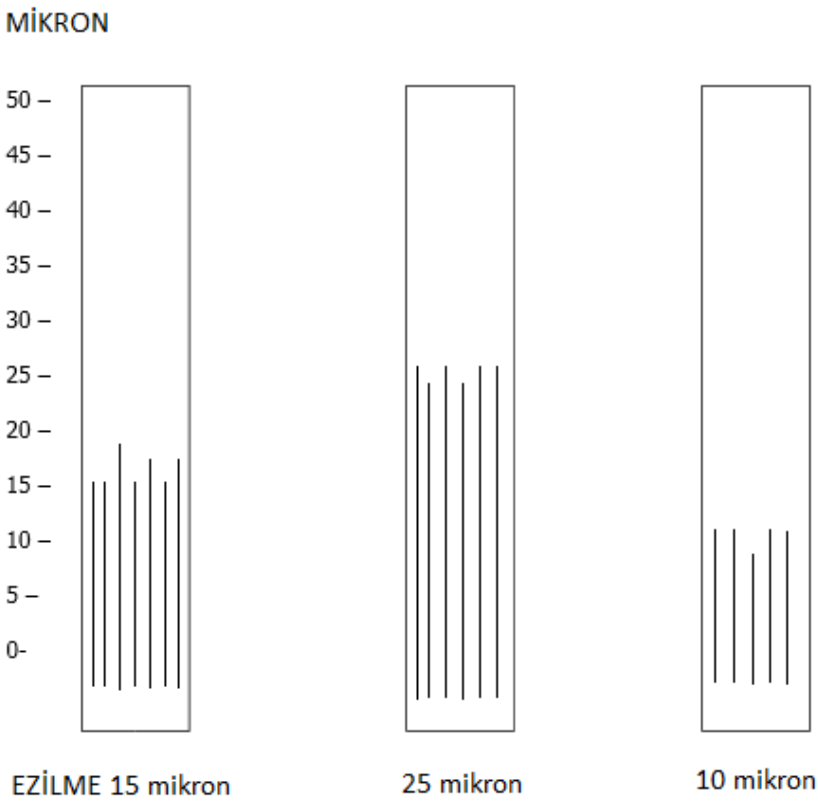
İyi ölçüde ezilmeyen bir boya; beklenen performansı karşılayamamakta ve pigmentin renk verme kalitesini çok düşürmektedir. Bununla birlikte örtücülüğü azalmakta, boyanın parlaklığı düşmekte, atmosferik koşullardan oldukça etkilenmekte, iyi ezilmemiş taneler zamanla parçalanacağından ambalaj içindeki boya renk değiştirmekte ve kimyasal direncinde azalma gözlenmektedir. Ezilme inceliğinin tayini için kullanılan araçların çok farklı türleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı Hegman Grindometresi'dir. Şekil 5.5'te yer alan cihaz, 20x5 cm boyutlarında çelik bir blok biçimindedir. Üzerinde derinliği 0'dan 100 mikrona veya 50 mikrona kadar değişen dikdörtgen şeklinde bir oyuk açılmıştır [29].



Şekil 5.5 Hegman grindometresi [29]

Test yapılırken yatay bir durumda kaymayacak şekilde yerleştirilen çelik bloğun üzerindeki oyuğun derin bölümüne 1-2 ml boya eklenmektedir. Çekme bıçağı dik veya dike yakın bir durumda tutulup sabit hızla çekilerek boyanın oyuk üzerine yayılması sağlanmaktadır [29].

Blok ele alınıp göz hizasına getirilerek farklı açılardan incelenmektedir. Kabul edilen bir standartla, yeni örnek boya yan yana cam panel üzerine aplikatör ile çekilmektedir. Yeni örneğin ezilme inceliği, boya yaş durumdayken ve kuruduktan sonra gözlemlenerek standarda göre iyi, kötü ya da aynı olarak ifade edilmektedir. Pigment taneciklerinin blokta görüldüğü nokta ezilme derecesi olarak saptanmaktadır. Şekil 5.6'da gösterildiği gibi o noktada okunan tane iriliği ezilme derecesi olarak tespit edilmektedir [29].



Şekil 5.6 Ezilme inceliği test sonucu [29]

Katı madde miktarı; bağlayıcılar, çözücüler, pigmentler ve dolgu maddeleri boyanın yaklaşık olarak % 95-99'unu oluşturmaktadır. Bu sebeple katkı maddelerini göz ardı edersek boyanın katı madde miktarı boya içindeki bağlayıcı, pigment ve dolgu maddeleri miktarının toplam boya miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır. Boyanın üretimi ve uygulanması sırasında bir miktar çözücünün kullanımı kaçınılmaz olsa da çözücünün türü, miktarı ve karışımı çok iyi seçilerek gerekli olan en az miktarda tutulmalıdır. Boyada fazla miktarda çözücü kullanılmasının oluşturacağı olumsuzluklar yalnızca fiyatla belirlenecek kadar kolay bir durum değildir. Uygun olmayan çözücülerin çok kullanılması insan sağlığına, çevre kirliliğine, düşük performansa ve fazla işçilik maliyetine sebep olabilmektedir [29].

Çok tineri kabul edebilen bir boya sadece boya miktarını arttırdığı fikri ile tercih edilmektedir. Oysa boyaya fazladan eklenen tinerin her gramı kaybedilmektedir. Çünkü ilave edilen tiner buharlaşarak boyadan uzaklaşacak ve geriye yalnızca boyanın katı maddesi kalmış olacaktır.

Boyayı uygulama işini yapan kişiler hızlı çalışıp işi çabuk bitirme açısından çok tiner kullanmayı ve bunu kaldırabilecek boyaları seçmektedirler [29].

Bu da yüzeydeki boya filmi kalınlığının ince olmasına ve boyanın istenen seviyede koruyuculuk özelliğini gösterememesine sebep vermektedir. Boyanan alanın bir fabrika olduğu farz edilirse, yalnızca bu nedenle fabrikanın bir kat daha boyanması veya korozyon nedeniyle tesisin boya işi için devreden çıkmasının oluşturacağı ekonomik kayıplar boya, boyama ve tiner için yapılan harcamaların yanında çok daha fazla maliyete sebep olacaktır. Katı madde miktarı testi için kenar yüksekliği 5 mm ve çapı 50 mm olan alüminyum kapaklar temizlenerek darası alınmaktadır. Bu kapaklara 1-2 gr kadar boya tartılmaktadır ve ihtiyaç durumunda bir spatula ile yüzeye iyice yaydırılmaktadır. İçerisine boya tartılmış olan kapak hava sirkülasyonu sağlanan bir fırında, 105°C' de 3 saat tutulmaktadır. Sürenin sonunda desikatörde soğutulup tekrar tartımı alınmaktadır. 1 litre veya 1 kilogram olacak şekilde birim miktar boya ile boyanabilen alan hesaplanması ya da birim alanın boyanması için harcanması gerekli olan boya miktarının hesaplanması için kullanılan boyanın hacimsel katı ve özgül ağırlık gibi temel iki değeri ile uygulamada erişilmek istenen boya kuru film kalınlığının biliniyor olması gerekmektedir [29].

5.4.2 Kuru Boyaya Uygulanan Testler

Uygulanan boya kuruduktan sonra boya filmi üzerinde renk kontrolü, parlaklık, sertlik, yapışma, esneklik, darbe direnci gibi test ölçümleri yapılmaktadır.

Esneklik kavramı boya endüstrisinde sık kullanılmasına rağmen net bir tanımı yapılamamıştır. Boya endüstrisinde esneklik, uygulanmış olduğu taban malzemesinin deforme olması durumunda kuru boya filminin zarar görmeden bu deformasyona uyum sağlama kabiliyeti şeklinde tanımlanmaktadır. Çok farklı türde esneklik ve sağlamlık testleri yapılabilmektedir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılanları; T- bükme testi, derin çekme testi, çelik çubuklar etrafında bükme testleri, darbe testleri ve taş çarpma direnci testleri gibi testlerdir [16].

Sertlik özelliği, kuru boyanın film kalınlığının dıştan gelen fiziksel ve atmosferik koşullara karşı göstermiş olduğu direnç mekanizmasıdır [29].

Boyada sertlik genellikle Pendulum (sarkaç) veya kalem sertliği şeklinde ölçülmektedir. Sarkaç sistemi kullanılarak yapılan sertlik testleri çoğunlukla Kohing-Albert Pendulum ya da Persöz Pendulum sarkacı yardımı ile yapılmaktadır. Sertlik tayininde boya filmi

üzerine küresel iki ayakla yerleştirilen sarkaç, belirli bir mesafeden salınıma bırakılmaktadır. Salınımın kısmen durması için geçen zaman veya salınım sayısı tespit edilmektedir. Plakanın cinsi, sürtünme ve küresel ayakların boya filminde yaptığı çökme salınımın süresini etkileyen etmenlerdir. Diğer parametreler eşitlendiğinde küresel ayakların yapmış olduğu çökme, sertliğin ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Boya filmi eğer yumuşaksa daha çok deformasyon olacağından salınımlar daha kolay sönmüş olacaktır. Sonuçlarda belirlenen değerlerle birlikte film kalınlığı, yüzeyin çeşidi ve ölçümde kullanılan aracın türü belirtilmektedir [29].

Parlaklık, bir cismin yüzeyine gelen ışın yoğunluğunun yüzeyden yansıyan ışın yoğunluğuna oranı olarak açıklanmaktadır. Işığın yansıma yeteneği yüzeyin özellikleriyle direk olarak ilişkilidir. Parlaklık Glossmetre cihazı ile ölçülmektedir ve birimi "Gloss" tur. Ölçümün açısı ölçüm yapılacak yüzeyin tipi ile ilgilidir. Yüzeydeki pürüzlülükler ve düzensizlikler ışığın düzgün yansımasını önleyerek yüzeyin parlaklığını düşürmektedir. Bununla birlikte malzemenin özelliğine göre, yüzeye gelen ışınlar cisim tarafından kısmen kırılması ile cismin yansıtma yeteneğini azaltmaktadır. Tam yansıma olayında ise yüzeye gelen ışın demeti yönünü geldiği açı ile bütünüyle değiştirdiğinden maksimum parlaklık elde edilmektedir. Yüzeyde bulunan mikro ve makro düzeydeki pürüzlülüklerin gelen ışığı farklı açılarda yansıtarak dağıtmasına ve cismin yüzeyinin donuk görünmesine neden olmaktadır. Yüzeyler 60°'de yapılan parlaklık ölçümlerine göre mat, yarı mat, yarı parlak, parlak ve çok parlak olmak üzere gruplara ayrılmaktadır. Ülkemizde genel kabul gören sınıflandırmalar Çizelge 5.1'de gösterilmektedir. Bazı boyaların parlaklık ölçüm sonuçlarına göre çizelgede verilen aralıkların dışında kaldıkları da bilinmektedir [16].

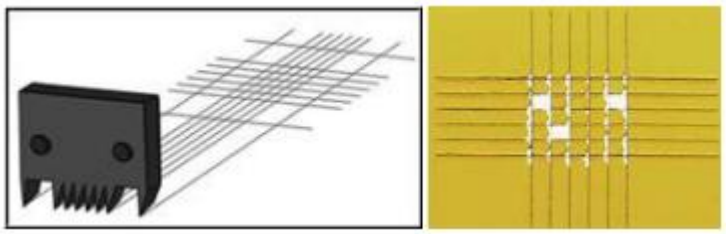
Çizelge 5.1 Parlaklık açılarının sınıflandırılması [16]

60°'de Ölçülen Parlaklık	Parlaklık Sınıfı
20'nin altı	Mat
25-30	Yarı Mat
35-45	İpek Mat
55-65	Yarı Parlak
70-80	Parlak
80'in üzeri	Çok Parlak

Yapışma, boya ile boyanan yüzey arasındaki çekme kuvveti ve yüzeyin pürüzlülüğü sayesinde meydana gelen film tabakasının yüzeyde tutunması durumudur. Yapışmanın iyi olması için boya uygulanacak yüzeyin passız, yağsız, toz ve kirlerden iyice temizlenmiş olması gerekmektedir [16].

Boyada yapışmanın ölçüleri, boya filmini kaldırmak için gerekli olan kuvvetlerdir. Kuru boya filminin yüzeyden kalkması çeşitli şekillerde gerçekleştiğinden yapışmanın ölçülmesinde boyanın kaldırılması için değişik yöntemler uygulanmaktadır.

Bu metotlardan en yaygın olarak kullanılanı teyp veya yapışkan bant testidir. Yapışkan bant tayininde kuru film yüzeyi Şekil 5.7'de gösterildiği üzere kafes biçiminde, yüzeye tam olarak inecek derinlikte kesilmektedir. Kuru film kalınlığı 60 mikrondan küçük ise 1 mm, 60-120 mikron arasındaysa 2 mm ve 120 mikrondan büyükse 3 mm boşluk ile birbirini dik olarak kesen 11 yatay ve 11 düşey çizgi çizilmektedir. Böylece 1 cm^2'lik alan 100 eşit parçaya bölünmektedir [16].



Şekil 5.7 Boyanın kafes biçiminde kesimi [16]

Çizilen yüzeye yapışkan bant yapıştırılarak yüzeyle 180° açı yapacak şekilde hızla çekilmektedir. Oluşturulan kafeslerin içinde kalan boyaların hangi ölçüde yüzeyden ayrıldığı değerlendirilerek yapışma kalitesi belirlenmektedir [16].

Darbe direnci, kuru boya filminin üzerine uygulanan ani kuvvetlere karşı gösterilen direnç olarak tanımlanmaktadır. Test, boyalar için tasarlanmış özel darbe cihazları ile yapılmaktadır. Darbe direnci testinde ucu yarı küresel şekilde olan belli bir ağırlık, yatay durumdaki boyalı panel üzerine dik olarak belirli bir mesafeden düşürülmektedir. Bu uygulamaya, boya filminde herhangi bir bozulma meydana gelinceye kadar, her defasında küresel ağırlığın yüksekliği biraz daha arttırılarak devam edilmektedir. Boya filminin bozulmadan direnç gösterdiği en fazla yükseklik darbe direnci olarak kabul edilmektedir [29].

5.4.3 Performans Testleri

Boyaların kullanım şartlarındaki performanslarının belirlenmesi, boyaların gerçek ve en son testlerini oluşturmaktadır. Yapılan bu testler oldukça pahalı aynı zamanda uzun süreç gerektiren testlerdir. Bu sebeple testlerin daha küçük ölçekte ve bulunduğu ortamın koşulları zorlaştırılarak daha az zamanda sonuçlanabilmesi için birtakım metotlar geliştirilmiştir [29]. Bunlar; nem odası, yaşlandırma, tuzlu su sisi ve kimyasal maddelere karşı direnç testleridir. Gerçek kullanım koşullarında ortaya çıkan sonuçlarla yapılan bu ağırlaştırılmış testlerin sonuçları her zaman aynı ölçüde olmamaktadır [29].

BÖLÜM 6

LİTERATÜRDE BOYA İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Ökenek [1], yapmış olduğu çalışmada kalsiyum metaborat, potasyum metaborat ve sodyum metaborat gibi alkali borat bileşiklerini akrilik esaslı boyalara fiziksel olarak eklemiştir. Eklenen bu bileşiklerin boyalar üzerindeki alev geciktirme ve duman bastırma özellikleri incelenmiştir. İyi bir alev geciktirici olduğu kanıtlanmış olan amonyum polifosfat bileşiği de kullanılarak sonuçlar borat ilave edilen boyanınkiyle karşılaştırılmıştır. Hazırlanan deney numunelerine renk uygunluğu, parlaklık ve viskozite testleri yapılmıştır. Bu testler sonucunda boyaya katılan bor kimyasallarının parlaklık ve renk uygunluğuna olumsuz bir etkisi olmadığı görülmüştür. Diğer bileşikler viskoziteyi önemli derecede etkilemezken, sodyum metaboratın viskoziteyi düşürdüğü ve kalsiyum metaborat bileşiğinin boya viskozitesini arttırdığı gözlemlenmiştir. Duman yoğunluğu ve LOI testlerinde, en iyi sonuç sodyum tetraborat katkılı boya numunelerinde elde edilmiştir [1].

Kayran'ın yaptığı bir araştırmada alev geciktirici, duman bastırıcı ve antibakteriyel katkı maddesi olarak çinko boratın su bazlı boyalarda kullanımı incelenmiştir. Susuz çinko borat ve 3,5 mol kristal sulu çinko borat kullanılmıştır. Yapılan alev geciktirme deneyleri sonucunda, katkısız boyanın sınırlı oksijen indis (LOI) değerinin % 22,57 ve susuz çinko borat katkılı boyada en yüksek olmak üzere % 25,57 olduğu gözlemlenmiştir. Duman yoğunluğu testleri sonucunda standart boyanın % 18,75 oranında duman yoğunluğuna sahip olduğu ve bu oranın 3,5 mol kristal sulu çinko borat % 1 oranında ilave edildiği zaman % 11,82'ye düştüğü sonucuna varılmıştır. Çinko borat ilaveli boyaların E. coli bakterisine karşı direnç göstermediği fakat S. aureus'a karşı direnç gösterdiği görülmüştür [11].

Başka bir çalışmada Yıldırım ve Çelik [31], boyanın alev geciktirici özelliğini incelemişlerdir. Bu amaçla, halojen bulundurmayan huntit ve hidromanyezit alev geciktirici malzemeleri kuru öğütme yaparak farklı konsantrasyonlarda su bazlı boyaya ilave etmişlerdir. Homojen bir karışım elde edildikten sonra plastik malzemelerin üzerine tatbik edilmiş ve kuruması beklenmiştir. Oluşturulan kompozit malzemelerin SEM, FTIR, XRD ve XPS cihazlarında analizleri yapılmıştır. UL94 testleri uygulanarak malzemelerin alev geciktirici özellikleri incelenmiştir. Testlerin sonucunda hidromanyezit ve huntit katkılı boyaların alev geciktirici özelliklerinin iyileştiği ve mekanik özelliklerinin de geliştiği sonucuna varılmıştır [31].

Yapılan bir çalışmada, çinko boratların klorlu alkid, alev geciktirici kaplamaların performansı üzerine antimon trioksidin yerini alması için kullanılan $2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$ ve $2ZnO\ .3B_2O_3.7,5H_2O$ molekül formülleri ile etkileri tartışılmıştır. Deneysel kaplamalar laboratuar ölçekte üretilerek fırça ile ahşap plakalar üzerine uygulanmıştır. Sonrasında sınırlandırıcı bir oksijen odasında (LOI değerleri), alev dolabında ve iki ayaklı alev tünelinde (alev yayılma indeksi, panel tüketimi, sonradan alevlenme ve parlama sonrası) test edilmiştir. Laboratuar deneylerinin sonuçları, film oluşturucu materyal olarak klor içeren reçineye sahip kaplamalarda kullanılan çinko boratların alev geciktirici olarak işlev yapabileceğini göstermiştir [32].

Bir araştırmada, pomza ve zeolit doğal mineralleri ile aynı zamanda endüstriyel lifli bitki atığı olan fındık kabuğu ağırlıkça % 0-6 aralığında olacak şekilde boyaya ilave edilmiştir. Boya homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra metal plakalar üzerine aplikatör ile uygulanmıştır. Üretilen bu boya, hidrofobik yapısı, fiziksel dayanıklılığı ve görsel özellikleri açısından incelenmiştir. Endüstriyel lifli bitki atıkları ve iki farklı doğal mineral için deneylerin optimum proses parametreleri hesaplanmıştır. Bu optimum proses parametrelerinin seçilmesinde Taguchi metodu kullanılmıştır. Endüstriyel lifli bitki atığı ve doğal minerallerin kullanımı boyanın kapatıcılık, hidrofobiklik ve mekanik dayanım özelliklerini geliştirmiştir. İç cephe boyasına ısı yalıtımı konusunda olumlu bir katkısı olduğu sonucuna varılmıştır [33].

BÖLÜM 7

DENEYSEL TASARIM

Deney tasarımı, istatistik biliminin önemli bir ismi olan İngiliz istatistikçi Sir Ronald Fisher tarafından, 1920'lerde ilk kez tarım ürünlerindeki verimi arttırmak amacıyla bulunmuş ve geliştirilmiştir. Bunun yanında Fisher, deney verilerinin analizi için bugün klasik kabul edilen “varyans analizi” yöntemini de araştırarak geliştirmiştir. Bu yöntem, Amerika'da tarım sektöründe üretimin geliştirilmesi için uygulanmış ve kısa zamanda Amerika'nın dünyada lider konuma gelmesi için büyük katkı sağlamıştır. Çeşitli gübre ve dozları ile iklim koşullarının ve sulama yüzeylerinin farklı ürünlere olan etkilerini incelemek için tarım alanında kullanılmıştır [34].

1950'li yıllara kadar deneysel tasarım kimya ve ilaç sanayisinde kullanılmasına rağmen diğer sektör alanlarında çok fazla uygulanmamıştır. Tarım sektöründe kullanımı yaygın olmasına rağmen, üretim sektöründe deney tasarımı yöntemleri çok uygulanmayan Amerika'da ise, Japonya'da meydana gelen sanayi gelişiminin ardından 1980'li yıllarda üretim alanında da deney tasarımı metotları kullanılmaya başlanmıştır [35].

Bir prosesteki girdi değişkenleri üzerinde istenilen değişikliklerin gerçekleştirilmesiyle cevap değişkeni üzerindeki değişimin incelenmesi, elde edilmesi ve yorumlanması deney tasarımı olarak tanımlanmaktadır [34].

Genel olarak deney tasarımı; deney, düzen ve çözümleme olmak üzere üç kısımda incelenmektedir. Deney tasarımının adımları aşağıda yer almaktadır:

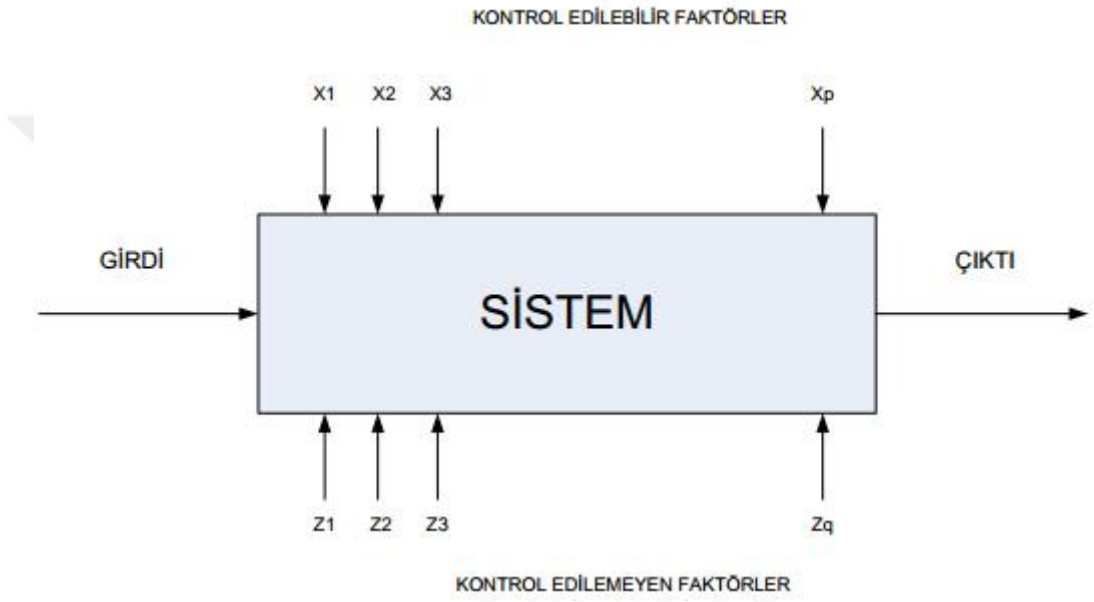
1. Etkileri arasındaki gerçek farkların araştırılması istenen faktörler ve seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir [36].

2. Her faktör için deneyde kaç tekrar yapılacağına karar verilmektedir.

3. Veri analizinde kullanılacak teknikler belirlenmektedir.

4. Belirlenmiş olan deney tasarımıyla elde edilen deneysel veri sonuçlarının yorumları yapılmaktadır.

Deney tasarımı, prosesin optimizasyonunda, süreç değişkenlerinin tanımlanmasında ve prosesteki değişkenlerin azaltılmasında önemli rol oynayan bir yöntemdir. Bir prosesin genel modeli Şekil 7.1'de verilmektedir [36].



Şekil 7.1 Bir prosesin genel modeli [36]

Proses değişkenlerinden olan X_1, X_2, ..., X_p kontrol edilebilir değişkenler iken Z_1, Z_2, ..., Z_q kontrol edilemeyen değişkenler olarak isimlendirilmektedir. Yeni bir proses geliştirme ve iyileştirme amacıyla deney tasarımı teknikleri mevcut süreci düzeltmede etkili rol oynamaktadır. Amaç sağlam bir proses oluşturmaktır ve asıl istenen değişkenliğin kaynağı olan kontrol edilemeyen değişkenlerin (Z_1, Z_2, ..., Z_q) etkisinin en düşük olduğu prosesi geliştirmektir [36].

Deney tasarımı, üretim yapılan veya belli bir proses etrafında işlem gören her türlü alanda kullanılmaktadır. Varolan bir prosesin iyileştirilmesinde ya da yeni bir proses geliştirilirken uygulanan önemli bir metottur. Özellikle ürün veya proses tasarımındaki ve üretim sırasındaki kritik kalite problemlerinin çözülmesinde etkili olarak kullanılmaktadır [35].

Deney tasarımı çalışmalarında faktöriyel tasarım, cevap yüzeyi metodu ve Taguchi metodu günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahiptir [36].

Taguchi metodu diğer yöntemlere kıyasla daha az deney sayısı ve daha az maliyetle hızlı bir şekilde sonuca varmayı sağlaması açısından literatürde sık kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir [36].

7.1 Taguchi Metodu

Endüstriyel koşullar altında klasik deney tasarımı yöntemlerinin kullanılması ile çok verimli sonuçlar oluşmamaktadır. Prosesi etkileyen faktörlerin sayısı çoğaldıkça yapılması gereken deney sayısı da hızlı bir şekilde artış göstermekte bununla beraber maliyet yükselmekte ve gerçekleştirilecek uygulamalar zorlaşmaktadır. Bunun gibi durumlarda kesirli faktöriyel tasarımı olan Taguchi metodunun kullanılması daha kolay ve verimli sonuçlar meydana getirecektir [34].

Taguchi metodu, ürüne ve prosese ait parametrelerin iyileştirilmesi ve kalite sürekliliğinin sağlanabilmesi adına Dr. Genichi Taguchi tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu metot, üründe ve proses kısmında, değişkenliği meydana getiren ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilen faktörlerin seviyelerinin en uygun kombinasyonunu tercih ederek, ürün ve prosesteki değişkenliği en aza indirgemeye çalışan bir deneysel tasarım yöntemidir [37].

Taguchi metodu felsefesinin üç temel unsuru aşağıda yer almaktadır:

1. Kalite, ürünün tasarım aşamasında ürünle birlikte geliştirilmesi gereken bir kriterdir. Sonradan kontrol edilmemeli ve ürüne katılmamalıdır.

2. Kaliteye en mükemmel düzeyde ulaşmanın yolu, belirli bir hedeften sapmayı minimum seviyeye indirmektir. Böylece ürün kontrol edilemeyen çevre faktörlerinden etkilenmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

3. Kalitenin maliyeti, standart değerlerden sapmanın bir fonksiyonu olarak hesaplanmalıdır ve kayıpları hesaplarken prosesin geneline dikkat edilmelidir [38].

Dr. Genichi Taguchi, bu metodu kısmi faktöriyel deney tasarımı yöntemini, robust tasarım ve ortogonal dizinler gibi kavramları kullanarak oluşturmuştur [35].

Taguchi metodu, çıktı üzerinde oluşan varyansın küçültülmesine odaklanarak ve ortogonal dizileri kullanarak klasik deney tasarımını basit hale getirmiştir.

Bu yöntemin varyans indirgemede sinyal (S) ve gürültü (N) oranlarını (SN) kullanması deney tasarımında bir ilk olarak uygulanmaya başlanmıştır [39].

Elde edilen deney sonuçları sinyal/gürültü (S/N) oranına dönüştürülüp değerlendirilmektedir [39]. Sinyal/gürültü oranı değeri "büyük olan değer iyi", "küçük olan değer iyi", "nominal değer iyi" olarak kalite değerlerinin hedeflendiği amaca göre (7.1-7.3) eşitlikleri kullanılarak sinyal/gürültü (S/N) oranları hesaplanmaktadır [39].

En küçük değer daha iyi olduğunda;

$$-10.\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{r} {y_i}^2\right) \quad (7.1)$$

En büyük değer daha iyi olduğunda;

$$-10.\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{r} \frac{1}{{y_i}^2}\right) \quad (7.2)$$

Nominal değer daha iyi olduğunda;

$$-10.\log\left(\frac{\bar{y}^2}{s^2}\right) \quad (7.3)$$

Formüllerde y_i = performans karakteristiğinin i. gözlem değeri, n = bir denemedeki test sayısı, $\bar{y}$ = gözlem değerlerinin ortalaması ve s^2 = gözlem değerlerinin varyansını göstermektedir [39].

Taguchi deney tasarımı yöntemine göre yapılacak bir çalışmada uygulanacak adımlar yedi noktada özetlenebilmektedir:

1. Faktörlerin seçimi ve aralarındaki uyumların değerlendirilmesi

2. Faktörlerin düzeylerinin belirlenmesi

3. Doğru ve dengeli tasarımın tercih edilmesi

4. Faktörlerin ve aralarındaki etkileşimlerin dengeli deney sistemindeki kolonlarla eşleşmesi

5. Deneylerin daha önceki basamaklarda planlanan biçimde gerçekleştirilmesi

6. Sonuçların analiz edilmesi

7. Doğrulama deneylerinin yapılması.

Bu yedi adımın sırayla meydana gelmesi sonucunda proses ya da ürün için en iyi performansın sağlanacağı deney parametreleri oluşturulacak, deneyde kullanılan faktörlerin kalite değeri üzerindeki tesiri öngörülebilecek ve en iyi deney parametreleri sonucunda oluşacak kalite değeri tahmin edilebilecektir [34].

BÖLÜM 8

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

8.1 Kullanılan Kimyasallar ve Maddeler

Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar ve maddeler aşağıda yer almaktadır:

- Su bazlı boya
- Çinko borat (Melos A.Ş)
- Boraks pentahidrat (Eti Maden İşletmeleri)
- Kırmızı gülün taç yaprağı
- Talk

8.2 Kullanılan Cihazlar

Deneylerde kullanılan cihaz ve ekipmanlar aşağıda verilmektedir:

- Öğütücü (IKA, A11 basic)
- Mekanik karıştırıcı (Topo)
- Aplikatör
- Viskozimetre (Lamy-Rheology)
- TG/DTA cihazı (SII6000 Exstar TG/DTA 6300)
- Temas açısı ölçüm cihazı (Cam 200, KSV NIMA)
- Aşınma direnci cihazı (Özel imalat)

8.3 Deneyin Yapılışı

Tedarik edilen kırmızı güllerin taç yaprakları saplarından ayrılarak kurutulmuştur. Kuruyan yapraklar Şekil 8.1'de yer alan öğütücüde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Kırmızı gül yapraklarının öğütülme işleminden sonraki toz hali Şekil 8.2'de gösterilmiştir.



Şekil 8.1 Öğütücü



Şekil 8.2 Gül taç yapraklarının öğütülmüş hali

% 0-6 (w/w) aralığında ağırlıkça belirli oranlarda bor kimyasalı (çinko borat veya boraks pentahidrat), kırmızı gülün taç yaprağı ve talk hazırlanarak, beyaz renkli, su bazlı, iç cephe boyasına ilave edilmiş ve mekanik karıştırıcı yardımıyla homojen olarak karıştırılmıştır. Karıştırma sırasında kullanılan mekanik karıştırıcı Şekil 8.3'te verilmiştir.



Şekil 8.3 Mekanik karıştırıcı

Boyaya ilave edilen çinko borat, boraks pentahidrat ve talk kimyasalı sırasıyla Şekil 8.4'te yer almaktadır.



Şekil 8.4 a) Çinko borat, b) Boraks pentahidrat, c) Talk

Karıştırma işleminin tamamlanmasının ardından Taguchi optimizasyon yöntemine göre 2 set halinde hazırlanan ve her bir sette 9 farklı içerik oranına sahip boyalar elde edilmiştir. Bir sette çinko borat kullanılırken diğer sette farklı olarak boraks pentahidrat

ilavesi yapılmıştır. Bu boyaların her birinin viskozite değerleri 500 rpm'de viskozimetre cihazı ile ölçülmüştür.

Viskozite sonuçları, Taguchi optimizasyon metodunda kullanılarak optimum deney parametreleri belirlenmiştir. Viskozite ölçümlerinde kullanılan viskozimetre cihazı Şekil 8.5'te verilmiştir.



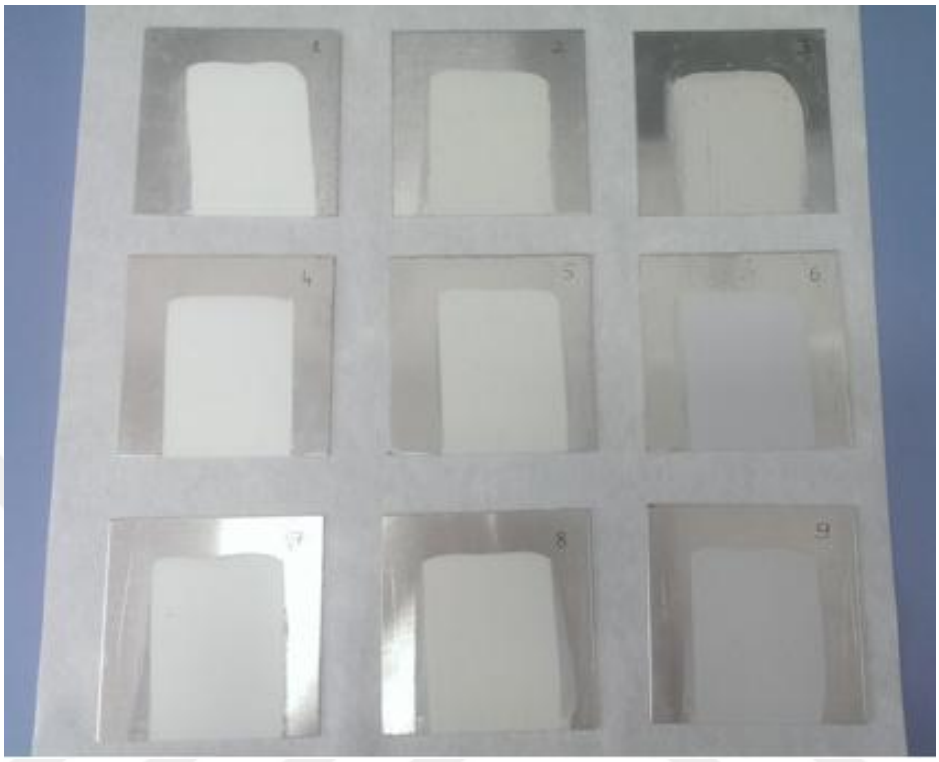
Şekil 8.5 Viskozimetre cihazı

Belirli oranlarda çeşitli maddeleri içeren bu boyalar 26x26 cm^2'lik ölçülere sahip plakalara uygulanmıştır. Uygulama, Şekil 8.6'da bulunan aplikatör yardımıyla çekme kalınlığı 150 µm olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 8.6 Aplikatör

Boyalar plakalara uygulandıktan sonra kuruması için 24 saat süre ile beklenmiştir. Hazırlanan boya karışımlarının uygulandığı plaka örnekleri Şekil 8.7'de gösterildiği gibidir.



Şekil 8.7 Boya karışımlarının uygulandığı plaka örnekleri

Kuruyan plakalara birtakım görsel içerikli testler yapılmıştır. Taguchi optimizasyon metodu kullanılarak optimum deney parametreleri belirlendikten sonra her iki set için optimum plakalar seçilmiştir. Bu optimum plakalardan ve referans boyadan, kurumuş boya numuneleri alınarak TG/DTA cihazında termal analiz yöntemiyle, numunelerin yanmaya başlama sıcaklığının ölçümü yapılmıştır.

Taguchi optimizasyon metoduna göre hazırlanan boya karışımları, aplikatör yardımıyla 150 µm çekme kalınlığı ile cam plakalara uygulanmıştır. 24 saat kuruma süresinin ardından temas açısı ölçüm cihazı kullanılarak boyaların hidrofobiklik değerleri saptanmıştır.

8.4 Termal Analiz ile Yanmazlık Testi

Maddeye kontrollü sıcaklık programı uygulandığında, maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçüldüğü bir grup tekniğe termal analiz

yöntemleri denilmektedir [43]. Kontrollü bir sıcaklık programında ve kontrollü atmosfer altında sıcaklığa maruz bırakılan maddenin kütlesindeki değişimin sıcaklık ya da zamanın bir fonksiyonu olarak ölçülmesi termogravimetrik analiz olarak adlandırılmaktadır. Termogravimetrik analiz sonucu oluşan TG eğrilerinin türevinin alınması türevsel termogravimetriyi (DTG) meydana getirmektedir [44].

DTG eğrileri, maddenin yapısındaki değişimlerin hangi sıcaklıklarda ortaya çıktığı konusunda bilgi vermektedir [44]. Bu analiz yöntemi, sıcaklık artışı ile kütle kaybını tespit edilebilmektedir. Maddede görülebilecek buharlaşma, süblimleşme, desorpsiyon ve oksitlenme gibi reaksiyonları inceleyebilmektedir [45].

Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ise kontrollü bir atmosfer altında, bir madde ısıtıldığında ya da soğutulduğunda madde ile referans arasında oluşan sıcaklık farkını ölçen bir tekniktir. DTA'daki termogramlarda görülen yukarı yönlü pikler, maddenin ısı açığa çıkarttığı ekzotermik değişimi, aşağı yönlü pikler ise ısı adsorpladığı endotermik değişimi göstermektedir. Bu pikler fiziksel değişmeler ve kimyasal reaksiyonlar hakkında yorum yapabilmeyi sağlamaktadır [46].

Termogravimetrik analiz cihazı (TG/DTA); kütle ve sıcaklık değişimini otomatik olarak kaydeden bir sistem, iyi bir fırın, hassas bir terazi, inert gazlı bir temizleyici ve analiz sırasında gaz kesebilen veya değiştirebilen ekipmanlardan oluşmaktadır. Çoğunlukla tercih edilen numune aralığı 5 mg ile 50 mg arasında değişiklik göstermektedir. Terazinin numune koyulan bölümünün dışındaki diğer tüm bölümler fırından izole edilmiştir. Fırın, istenilen sürelerde sıcaklığın belirli bir dereceye kadar arttırılabileceği şekilde 25-1600°C arasında programlanabilmektedir. Numunenin oksijenle temas etmesi durumunda oluşabilecek yanma olayını önlemek için sistemden argon ya da azot gazı geçirilmelidir [44]. Deneylerde, boyanın alev alma sıcaklığını ölçmek için SII Nanotechnology markalı SII6000 Exstar TG/DTA 6300 modeline sahip termogravimetrik analiz cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz Şekil 8.8'de gösterilmektedir [47].



Şekil 8.8 TG/DTA cihazı [47]

8.5 Hidrofobiklik Testi

Temas açısı ölçüm cihazı; gözenekli materyallere sıvıların emilimini, sıvıların yüzey ve ara yüzey gerilimlerini, yüzey serbest enerjilerini, statik veya dinamik temas açılarını ölçmek için görüntülerin videoya çekilmesi ve otomatik görüntü analizine dayanan bilgisayar kontrollü bir cihazdır. Sıvıların yüzey/arayüzey gerilimini, emilimini, statik veya dinamik temas açılarını belirlemek için damla şekli analizi kullanılmaktadır. Yapısındaki kamera özelliği 10 ms'den 1000 s'ye kadar süre aralıklarında görüntüler yakalamayı sağlamaktadır. Görüntülerin uygun yöntemlerle yerleştirilmesinin ardından 5° ile 180° arasındaki temas açısı ve 0,01 ile 999 mN/m arasındaki yüzey gerilimi elde edilebilmektedir [48]. Yapılan çalışmada, hazırlanan boyaların temas açıları Şekil 8.9'da yer alan Cam 200 (KSV NIMA) markalı temas açısı ölçüm cihazı ile ölçülerek hidrofobiklik değerleri belirlenmiştir.



Şekil 8.9 Temas açısı ölçüm cihazı [48]

8.6 Görsel Boya Testleri

Boya uygulanmış plakalara hidrofobiklik testi, yapışma testi, aşınma direnci testi, parlaklık testi gibi görsel testler yapılmıştır. Bunun yanı sıra boyaların örtücülüğünü görmek için zebra kağıdı kullanılarak kapatıcılık testi uygulanmıştır.

Aşınma direnci testinde cam plakanın üzerine aplikatör ile 150 µm kalınlığında boya uygulanmaktadır. Oda sıcaklığında 24 saat ve sonra etüvde 105°C'de 3 saat süre ile tutulmaktadır. Cam panel aşınma direnci aletinin altına yerleştirilir ve aletin üstündeki huni kısmının içine 5 litre silis kumu konulmaktadır. Sürgü açılarak kumun hızla aşağıya inmesi sağlanmaktadır.

Yapılan işlemin ardından boyada açılma olup olmadığı gözle kontrol edilmektedir. Şekil 8.10'da gösterilen özel tasarlanmış alet ile aşınma direnci testi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8.10 Aşınma direnci aleti

BÖLÜM 9

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

9.1 Taguchi Metot Sonuçları

Yapılan çalışmada, deneyleri yürütmek için iki set halinde üç seviye ve üç parametrede Taguchi L-9 ortogonal dizi sistemi kullanılmıştır. Deneylerin her bir setinin optimizasyon parametreleri ve seviyeleri Çizelge 9.1 ve 9.2'de bulunmaktadır. Seviyeler ağırlıkça % 0-6 aralığında değişiklik göstermektedir.

Çizelge 9.1 Deneylerde 1. setin optimizasyon parametreleri ve seviyeleri

Parametreler	Seviye 1 (%)	Seviye 2 (%)	Seviye 3 (%)
Boraks Pentahidrat	0	3	6
Gül Yaprağı	0	3	6
Talk	0	3	6

Çizelge 9.2 Deneylerde 2. setin optimizasyon parametreleri ve seviyeleri

Parametreler	Seviye 1 (%)	Seviye 2 (%)	Seviye 3 (%)
Çinko Borat	0	3	6
Gül Yaprağı	0	3	6
Talk	0	3	6

Taguchi L-9 ortogonal dizisinde, üç seviye ve üç parametrede prosesi optimize edebilmek için tam faktöriyel hesabına göre (3^3), 27 adet deney yapılması gerekmektedir. Ancak kısmı faktöriyel yaklaşımı kullanılarak L-9 ortogonal dizisindeki deney sayısı 9'a indirilmiştir. Her bir set için, boya karışımlarının hazırlanmasında temel alınan Taguchi L-9 ortogonal dizileri Çizelge 9.3 ve 9.4'te gösterilmektedir.

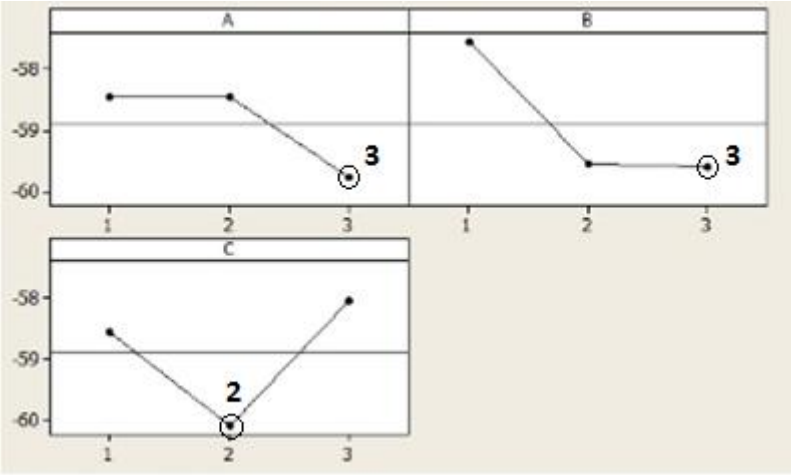
Çizelge 9.3 Taguchi L-9 ortogonal dizi (1. set)

	Boraks Pentahidrat (%)	Gül Yaprağı (%)	Talk (%)
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Çizelge 9.4 Taguchi L-9 ortogonal dizi (2. set)

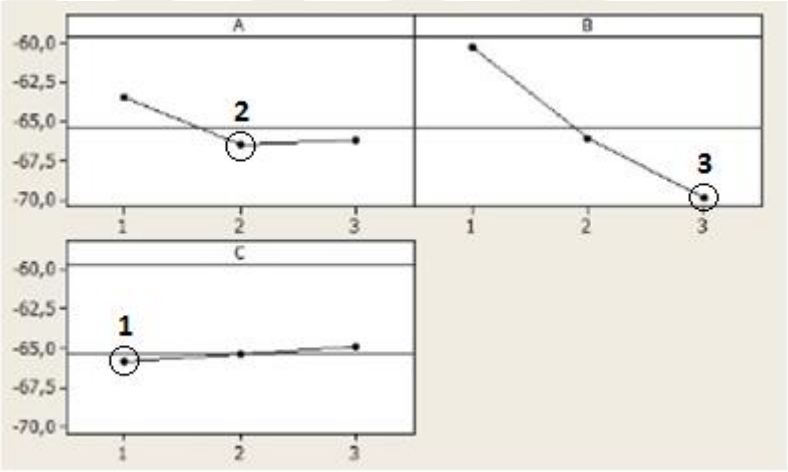
	Çinko Borat (%)	Gül Yaprağı (%)	Talk (%)
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

(7.1), (7.2) ve (7.3) eşitlikleri kullanılarak sinyal/gürültü (S/N) oranları hesaplanıp Taguchi optimizasyon metoduna göre grafiğe aktarılmıştır. Hesaplamalar yapılırken ölçülen viskozite değerlerinden yararlanılmıştır. Viskozite değerleri temel alındığında " En küçük en iyidir." prensibine göre hesaplamalar yapılarak her iki boya seti için S/N oranları Şekil 9.1 ve Şekil 9.2'de verilmiştir.



Şekil 9.1 S/N oranı için ana etki eğrileri (1. set)

Şekil 9.1' e bakıldığında, 1. boya setinde boraks pentahidrat ve kırmızı gülün taç yaprağı parametreleri için üçüncü seviye, talk kimyasalı için ikinci seviyenin kullanıldığı 9 numaralı deney en optimum sonucu vermiştir.



Şekil 9.2 S/N oranı için ana etki eğrileri (2. set)

2. boya setinde Şekil 9.2' de görüldüğü gibi çinko borat için ikinci, kırmızı gülün taç yaprağı için üçüncü ve talk parametresi için birinci seviyenin kullanıldığı 6 numaralı deneyin en optimum sonucu verdiği belirlenmiştir.

9.2 Viskozite Ölçüm Sonuçları

Taguchi L-9 ortogonal dizilerindeki oranlara göre her iki boya seti için hazırlanan boya karışımlarının viskozimetre cihazı ile viskozite değerleri ölçülmüştür. Çizelge 9.5 ve 9.6'da yer alan viskozite sonuçları, Taguchi optimizasyon metodunda her bir setin en optimum deneyinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 9.5 1. set için viskozite değerleri

Deney No	Viskozite (cP)
1	801
2	927
3	1038
4	990
5	1047
6	945
7	1184
8	973
9	1022

Çizelge 9.6 2. set için viskozite değerleri

Deney No	Viskozite (cP)
1	801
2	932
3	1045
4	1120
5	1302
6	1009
7	1285
8	1154
9	1368

9.3 Görsel Boya Testlerinin Sonuçları

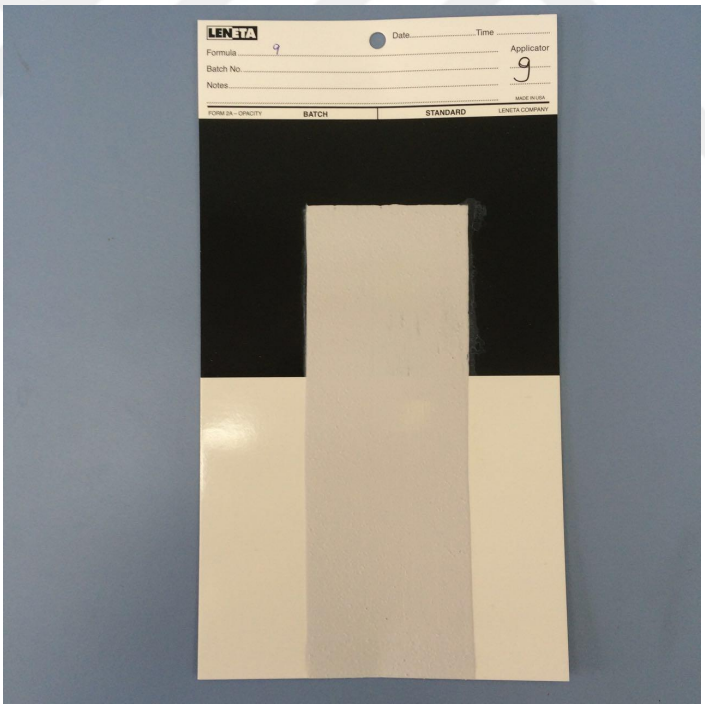
Deneysel çalışmada iki boya seti için 9'ar farklı deneme sonucu hazırlanan boya karışımları zebra film kağıtlarına uygulanarak boyalara örtücülük testi yapılmıştır. Plakalara uygulanan boyalar kuruduktan sonra ise kuru boya filmi üzerine hidrofobiklik, aşınma direnci ve yapışma testleri uygulanmıştır.

9.3.1 Örtücülük Testi

Referans boya ve her iki setin optimum boya numunelerinin zebra kağıtlarına uygulanmış örtücülük testi sonuçları Şekil 9.3-9.5'te gösterilmektedir. Optimum boya numunelerinin örtücülük özelliklerinin uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 9.3 L-1 numaralı boya için örtücülük testi (referans boya)



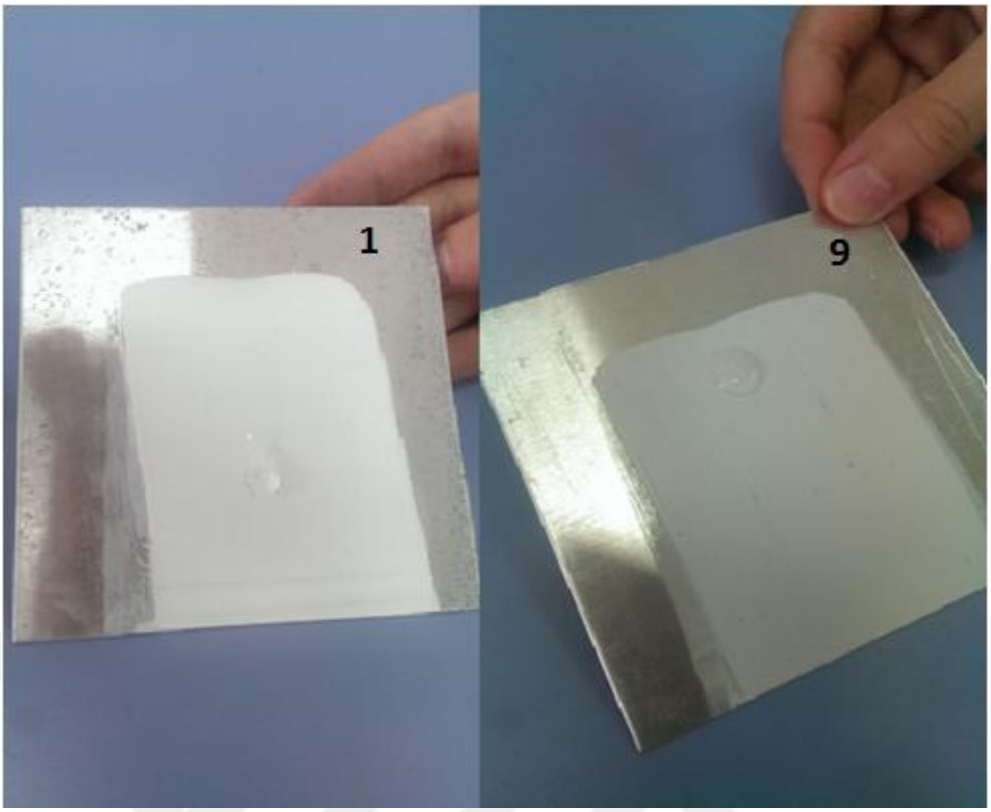
Şekil 9.4 L-9 numaralı boya için örtücülük testi (1. set optimum boya)



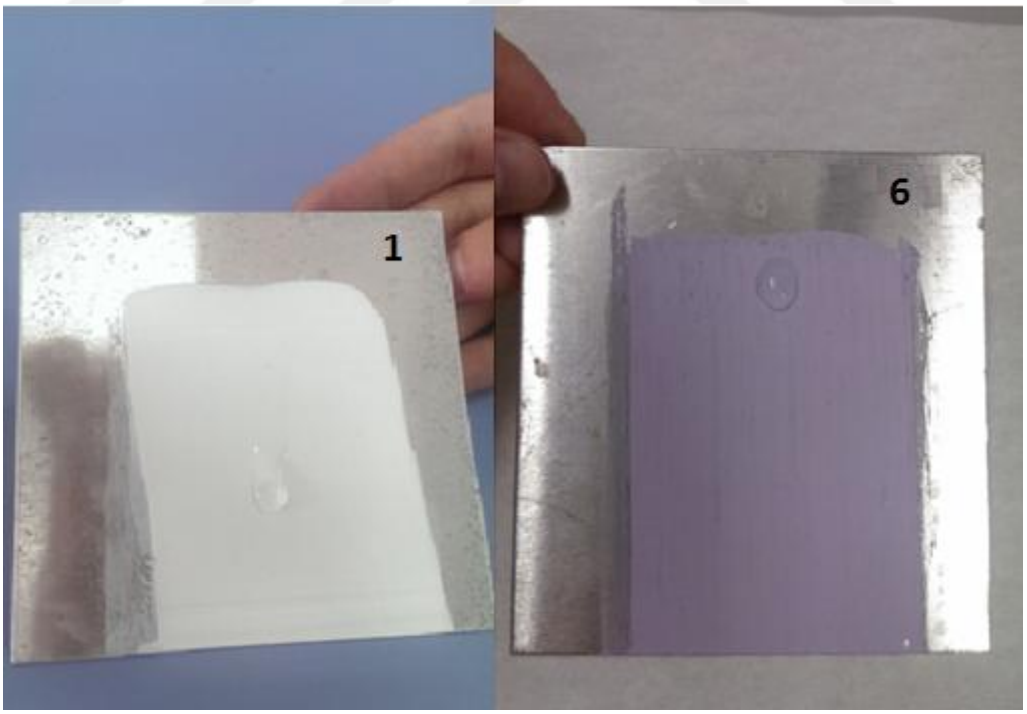
Şekil 9.5 L-6 numaralı boya için örtücülük testi (2. set optimum boya)

9.3.2 Hidrofobiklik Testi

Hidrofobiklik testinde, plakalarda kuruyan boyaların üzerine pipet yardımıyla bir damla su damlatılmıştır. Plakalar yavaş bir şekilde dik konuma getirilerek su damlasının boya üzerindeki akışı incelenmiştir. Şekil 9.6 ve 9.7' de verilen her iki setin optimum boya numunelerinin yüzeyinde yumuşama, bozulma, kalkma ve renk değişimi gibi olumsuz sonuçların oluşmadığı gözlemlenmiştir.



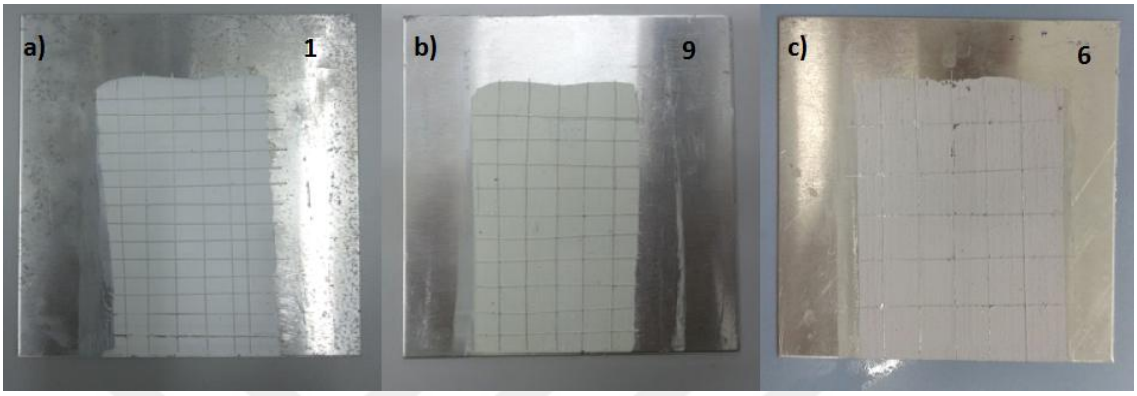
Şekil 9.6 L-1 (referans boya) ve L-9 (optimum boya) numaralı boyaların hidrofobiklik testi (1. set)



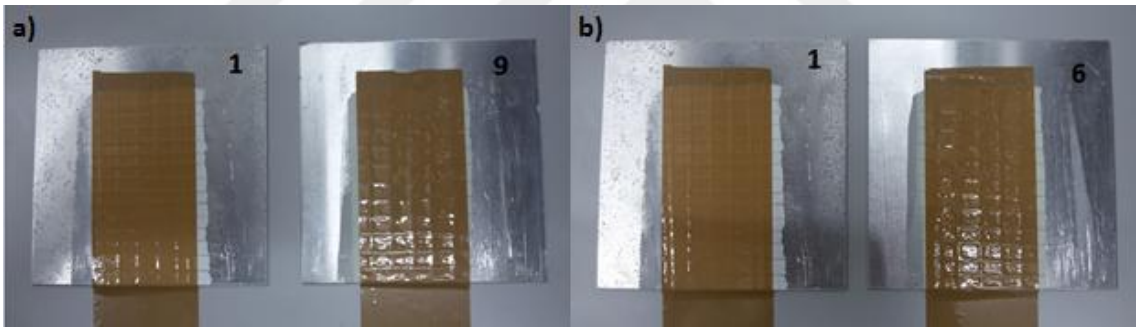
Şekil 9.7 L-1 (referans boya) ve L-6 (optimum boya) numaralı boyaların hidrofobiklik testi (2. set)

9.3.3 Yapışma Testi

Yapışma testinde, referans ve optimum boya numuneleri plakanın yüzeyine tam olarak inecek derinlikte kafes biçiminde kesilmiştir (Şekil 9.8). Çizilen yüzeylerin üzerine yapışkan bant yapıştırılarak yüzeyle 180° açı oluşturacak biçimde hızla çekilmiştir. Bant yapıştırılan boya numuneleri Şekil 9.9'da yer almaktadır.

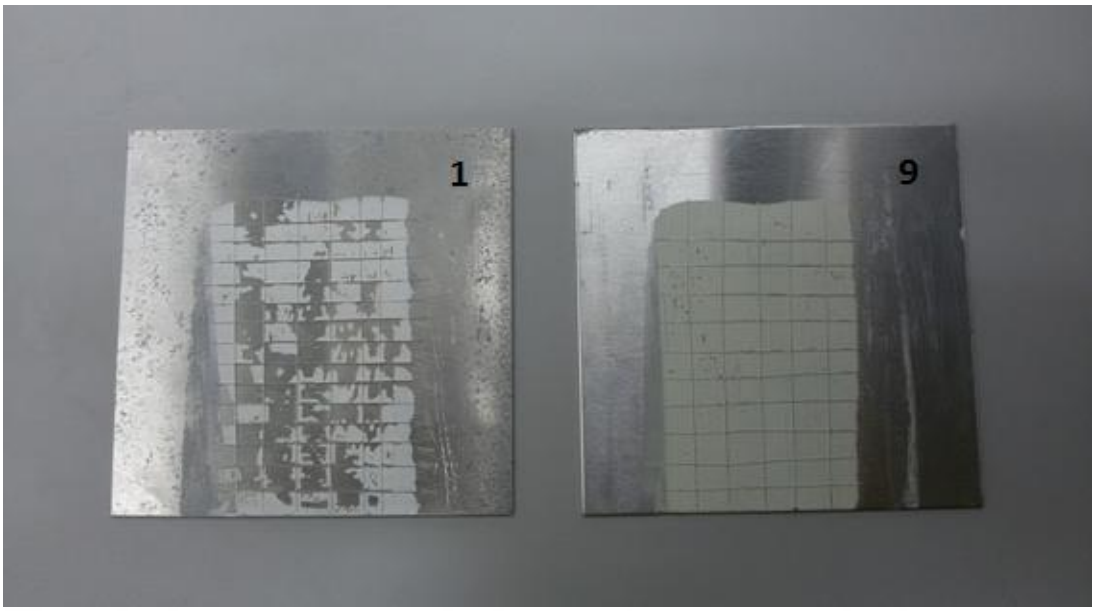


Şekil 9.8 Kafes biçiminde kesim; a) L-1 (referans boya), b) L-9 (1. set optimum boya), c) L-6 (2. set optimum boya)



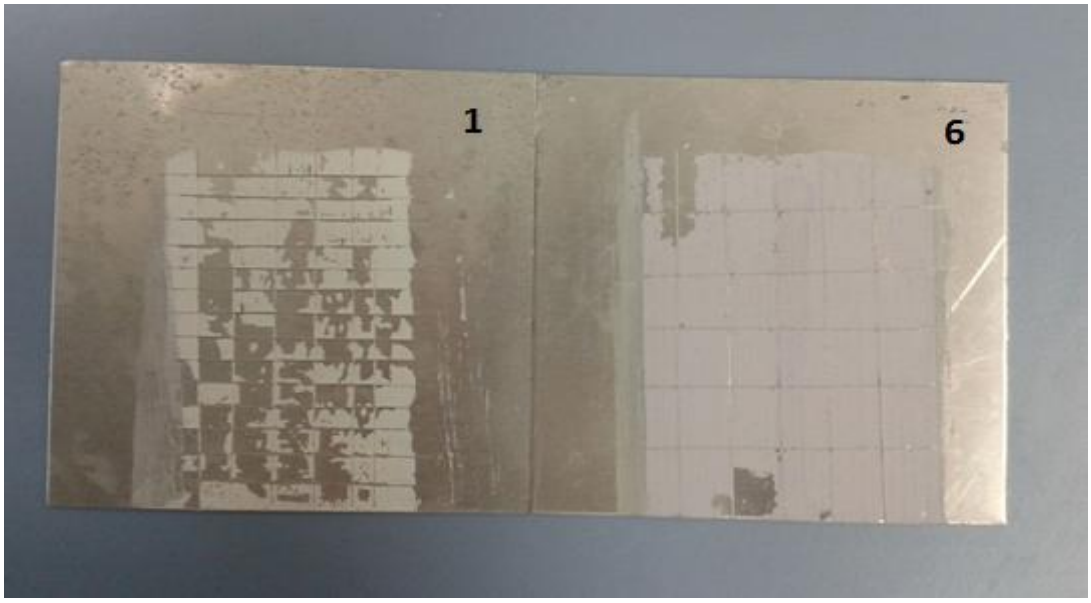
Şekil 9.9 Bant yapıştırılmış hali; a) L-1 (referans boya) ve L-9 (1. set optimum boya), b) L-1 (referans boya) ve L-6 (2. set optimum boya)

Yapışkan bantlar çekildikten sonra kafeslerin içinde kalan boyaların hangi derecede yüzeyden ayrıldığı değerlendirilmiştir.



Şekil 9.10 L-1 (referans boya) ve L-9 (optimum boya) numaralı boyaların yapışma testi (1. set)

Şekil 9.10 ve 9.11'de referans boya numunesinde kafeslerin içindeki boyanın büyük oranda yüzeyden ayrıldığı görülürken her iki setin optimum deney numuneleri incelendiğinde kafeslerdeki boyanın yüzeye olan yapışkanlığını daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Boyanın direnci arttırılarak mekanik özelliğinin geliştirildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 9.11 L-1 (referans boya) ve L-6 (optimum boya) numaralı boyaların yapışma testi (2. set)

9.3.4 Aşınma Direnci Testi

Referans ve optimum boya numuneleri, cam plakalar üzerine aplikatör ile çekilmiştir. Boyaların kuruması işleminden sonra aletin altına yerleştirilerek aşınma direnci aletinin üst kısmına 5 litre silis kumu konulmuştur. Sürgü açılarak kum hızlı bir şekilde aşağıya indirilmiştir. Numuneler incelendiğinde cam üzerindeki boyalarda açılma olmadığı gözlemlenmiştir. Numuneler Şekil 9.12-9.14'te yer almaktadır.



Şekil 9.12 L-1 numaralı boya için aşınma direnci testi (referans boya)



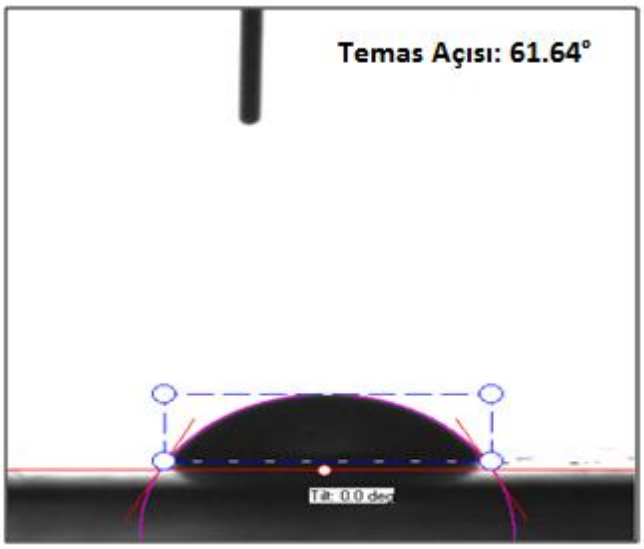
Şekil 9.13 L-9 numaralı boya için aşınma direnci testi (1.set optimum boya)



Şekil 9.14 L-6 numaralı boya için aşınma direnci testi (2.set optimum boya)

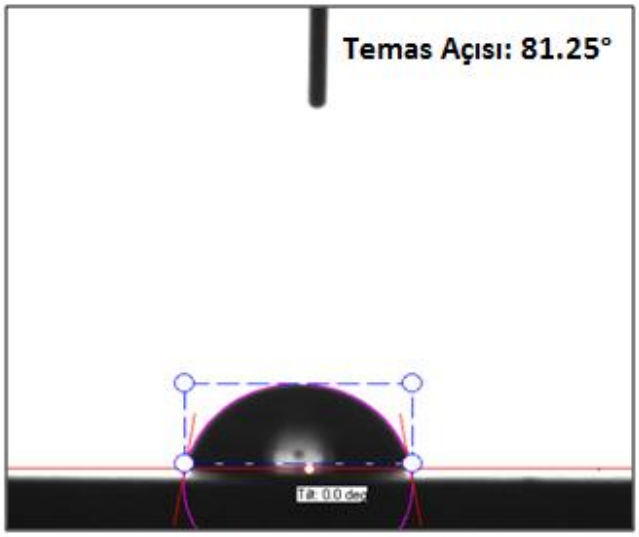
9.4 Hidrofobiklik Testinin Sonuçları

Temas açısı ölçüm cihazı kullanılarak referans boya ve her iki setin optimum boya numunelerinin temas açıları ölçülerek ne derecede hidrofobik özellik gösterdikleri incelenmiştir. Ölçüm sonuçları Şekil 9.15-9.17'de gösterilmektedir. Referans boyanın temas açısı değeri 61,64° olarak belirlenmiştir.

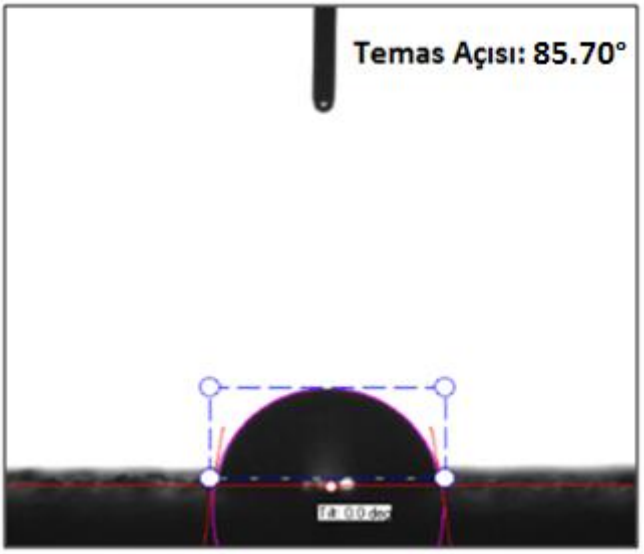


Şekil 9.15 L-1 (referans boya) numaralı boyanın temas açı görüntüsü

L-9 (1. set) ve L-6 (2. set) numaralı optimum boya numunelerinin temas açısı ölçüm sonuçları ise sırasıyla 81,25° ve 85,70°'dir. Hidrofobik özelliğe sahip kırmızı gülün taç yapraklarının katkı maddesi olarak ilave edilmesiyle boyanın temas açısı değerini arttırdığı ve bu değeri 90°'ye yaklaştırarak boyanın hidrofobik özelliğini geliştirdiği görülmüştür.



Şekil 9.16 L-9 (optimum boya) numaralı boyanın temas açı görüntüsü (1. set)

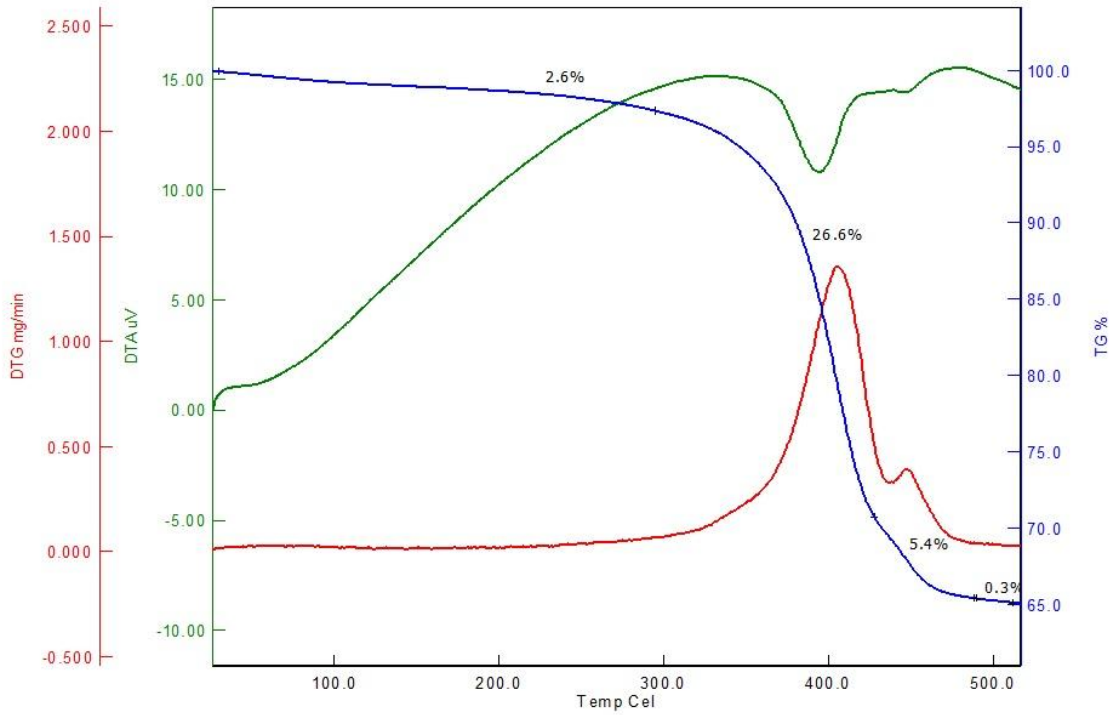


Şekil 9.17 L-6 (optimum boya) numaralı boyanın temas açı görüntüsü (2. set)

9.5 Yanmazlık Testinin Sonuçları

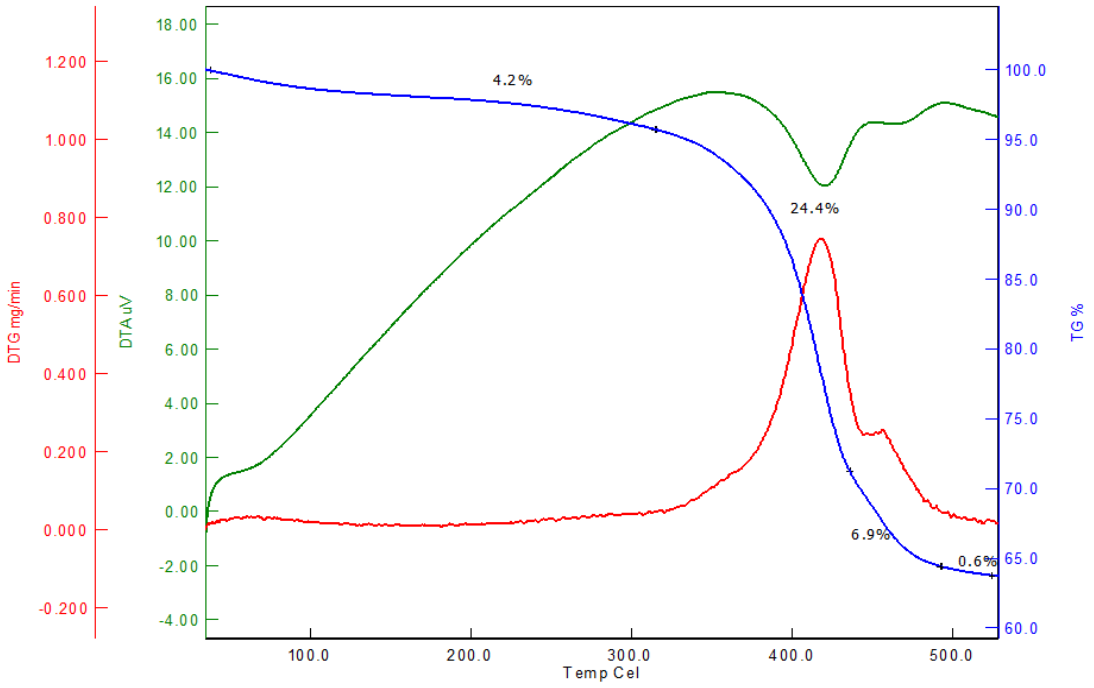
Referans boya (L-1) ve optimum boya (L-9 ve L-6) numunelerinden alınan örnekler termogravimetrik analiz cihazında, azot atmosferi altında, 10 °C/dk ısıtma hızıyla 530°C' ye kadar ısıtılarak numunelerin yanmaya başlama sıcaklıkları test edilmiştir.

Cihazdan alınan sonuçlarda TG eğrilerine bakıldığında, referans boya numunesinde % 34,9 kütle kaybı olurken L-9 (1. set) ve L-6 (2. set) numaralı optimum boya numunelerinde % 36,1 olmak üzere aynı değerde kütle kaybının meydana geldiği görülmüştür. Yapılan analizin sonuçları Şekil 9.18-9.20'de verilmektedir.

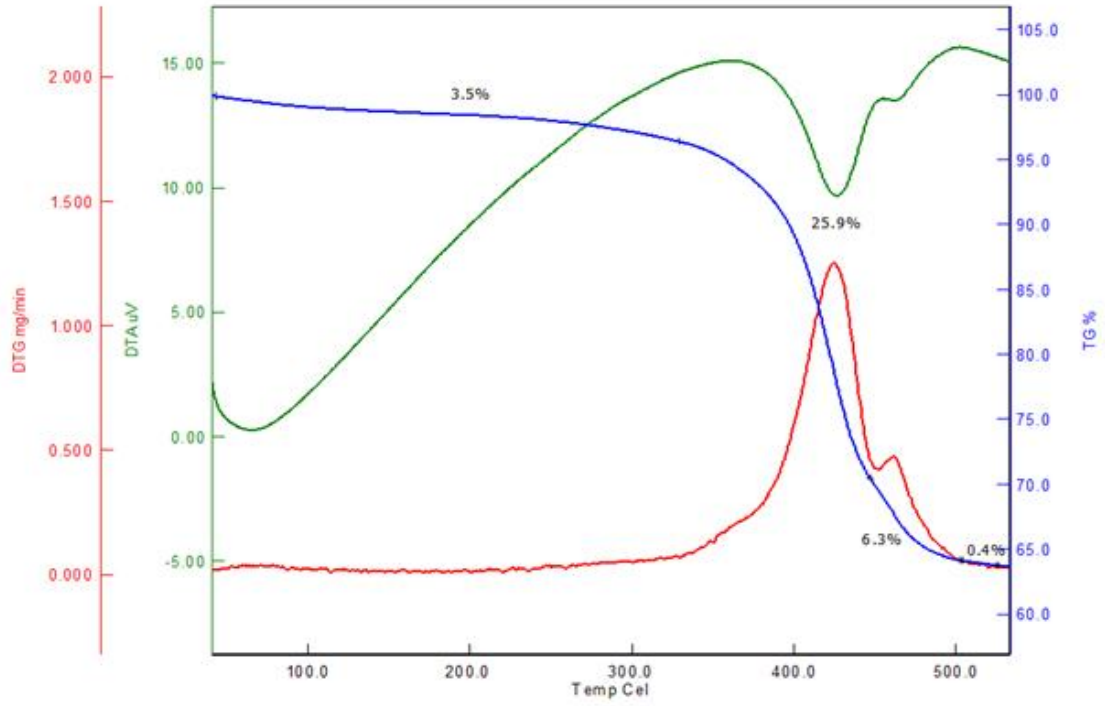


Şekil 9.18 L-1 (referans boya) numaralı boyanın TG-DTG ve DTA eğrileri

Termal olarak değişimi incelenen boya örneklerinde ilk aşamada sırasıyla % 2,6, % 4,2 ve % 3,5 olmak üzere küçük oranda kütle kayıpları belirlenmiştir. Bunun sebebi boyanın ve boyaya ilave edilen katkı maddelerinin yapısındaki nemin uzaklaşmasıdır. Sıcaklığın artmasıyla beraber 350-450°C arasında iki kademeli termal bozunma meydana gelmiştir. Polimer esaslı boyanın termal bozunmasıyla birlikte yanma ürünü olarak yapısından çeşitli gazlar uzaklaşmıştır. Asıl büyük orandaki kütle kayıpları bu termal bozunma aşamasında oluşmuştur. DTA eğrileri termal bozunmanın endotermik tepkime olduğunu göstermektedir.



Şekil 9.19 L-9 (optimum boya) numaralı boyanın TG-DTG ve DTA eğrileri (1. set)



Şekil 9.20 L-6 (optimum boya) numaralı boyanın TG-DTG ve DTA eğrileri (2. set)

Yapıdaki bozunmanın etkisiyle, referans boya numunesinin alev alma sıcaklığı yaklaşık olarak 406-408°C aralığındayken L-9 (1. set) ve L-6 (2. set) numaralı optimum boya numuneleri için alev alma sıcaklıkları sırasıyla 418-420°C ve 423-425°C arasında bir değer olarak hesaplanmıştır. Numuneler karşılaştırıldığında referans boya numunesine göre 1. setin optimum boya numunesinde yaklaşık olarak 12°C'lik bir artış ve 2. setin optimum boya numunesinde ise yaklaşık olarak 17°C'lik bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu artışın boyaya yapılan bor ilavelerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Boraks pentahidrat yerine çinko borat kullanılmasının boyanın yanmaya başlama sıcaklığını 5°C daha geciktirdiği görülmüştür. Bor kimyasallarının boyaya katkı maddesi olarak ilave edilmesinin boyanın alev geciktirici özelliğine olumlu bir katkı sağladığı ve çinko boratın boraks pentahidrata göre bu konuda daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

BÖLÜM 10

SONUÇ VE ÖNERİLER

Boya; inşaat, tekstil, otomotiv, sanat, tasarım, mobilya, sanayi ve ulaşıma kadar hemen hemen hayatımızın her bölümünde yer almaktadır. Globalleşen dünyada, sanayileşmenin artması ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte gün geçtikçe daha kapsamlı özelliklere sahip ve daha kaliteli kaplama sağlayan boya üretimi talep edilmektedir. Bu talebi destekler nitelikte boya endüstrisi de yeni malzeme kullanımına imkân sunan, üretimdeki reçete değerleri hızlı bir biçimde değişiklik gösteren ve sürekli olarak gelişime açık olan dinamik bir endüstri alanıdır.

Günlük hayatta üretilen malzemelerin büyük bir çoğunluğu boyalarla kaplandığı gibi inşaat sektöründe iç ve dış cephe kaplamalarında yine boya kullanılmaktadır. Bu çalışmada, inşaat sektöründeki boyaların yangın riskine karşı yanma geciktirici özelliğine ve mekanik dayanımına faydası olabilecek parametreler incelenmiştir. Bunun yanında boyaya temas eden suyun, boyanın yapısında oluşturacağı olumsuz etkileri minimum seviyeye düşürerek hidrofobik özellik kazandırabilecek parametreler değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmada, boyanın yanmazlık özelliğindeki değişimi görebilmek için su bazlı iç cephe inşaat boyasına boraks pentahidrat ve çinko borat olmak üzere iki farklı bor kimyasalı ilave edilmiştir. Kırmızı gülün taç yaprakları ve talk kimyasalı eklenerek sırasıyla hidrofobik özelliği ve mekanik dayanımı üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

Kırmızı gülün taç yaprakları kurutularak öğütücüde toz haline getirilmiştir. Su bazlı iç cephe boyasının ağırlıkça % 0-6' sı olacak şekilde, bor kimyasalı, talk ve kırmızı gülün taç yaprakları farklı oranlarda su bazlı boyaya ilave edilmiştir.

Taguchi deneysel tasarım metodundaki L-9 ortogonal diziye göre üç seviye ve üç parametre seçilerek 9 farklı içerikte boya numunesi hazırlanmıştır. İki çeşit bor kimyasalı kullanıldığından deneyler iki set şeklinde olup, her bir set için dokuz farklı içerikteki boya numuneleri özel hazırlanmış plakalara uygulanmıştır. Kuruyan boyalara görsel testler yapılarak sonucunda boyaların iyi örtücü, dekoratif, hidrofobik, darbe ve yapışmaya karşı dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir. Taguchi deneysel tasarım metodunda yer alan "En küçük en iyidir." kuralına göre viskozite değerleri esas alınarak hesaplama yapıldığında 1. set için 9 numaralı deneyin ve 2. set için 6 numaralı deneyin en optimum sonucu verdiği görülmüştür.

Temas açısı ölçüm cihazı ile referans boya ve her iki setin optimum boya numunelerinin temas açıları belirlenmiştir. Referans boyanın temas açısı değeri 61,64° iken 1. ve 2. setin optimum boya numunelerinin (L-9 ve L-6) temas açısı değerleri sırasıyla 81,25° ve 85,70° olarak ölçülmüştür. Referans boya hidrofilik özellik gösterirken kırmızı gülün taç yapraklarının eklenmesi ile temas açısının 90°'ye yaklaştığı gözlemlenmiştir. Taç yapraklarının, optimum boya numunelerinin hidrofobik özelliğine olumlu yönde katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Referans boya ve optimum boya numunelerinden alınan örnekler termogravimetrik analiz cihazında, azot atmosferi altında, 10 °C/dk ısıtma hızıyla ısıtılarak numunelerin yanmaya başlama sıcaklıkları test edilmiştir. Referans boya numunesinin alev alma sıcaklığı yaklaşık olarak 406-408°C aralığındayken L-9 (1. set) ve L-6 (2. set) numaralı optimum boya numuneleri için alev alma sıcaklıkları sırasıyla 418-420°C ve 423-425°C arasında bir değer olarak hesaplanmıştır. Referans boya numunesi ile karşılaştırıldığında 1. setin optimum boya numunesinde yaklaşık olarak 12°C'lik bir artış ve 2. setin optimum boya numunesinde ise yaklaşık olarak 17°C'lik bir artış olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak uygun miktarlarda çinko borat, boraks pentahidrat, kırmızı gülün taç yaprağı ve talk kimyasalı ilave edildiğinde boyanın yanmazlık, hidrofobiklik ve mekanik

dayanıklılık özelliği geliştirilerek kalitesinin artışı sağlanmıştır. Bu çalışmanın devamı niteliğinde, kullanılan bor kaynaklarının dışında farklı bor türevleri seçilerek, kırmızı gülün taç yaprağı yerine nilüfer çiçeğinin yaprağı gibi farklı hidrofobik özellikte bitkisel kaynaklar kullanılarak deneysel çalışmalar geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

[1] Ökenek, F., (2013). Su Bazlı ve Stiren Akrilik Esaslı Boyalarda Alkali-Toprak Alkali Borat Katkılarının Alev Geciktirici Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[2] Zhi, J.H., Zhang, L.Z., Yan, Y. ve Zhu, J., (2016). "Mechanical Durability of Superhydrophobic Surfaces: The Role of Surface Modification Technologies", Applied Surface Science, Elsevier, 392:286-296.

[3] Çağlar, A., (2016). Elektrokromik Yüzey Malzemelerinde Hidrofobik Özellikler, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

[4] Ordu, F., (2012). Metalik Yüzeylerde Kimyasal İşleme Yöntemi ile Hidrofobik Yüzey Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

[5] Söz, Ç., (2015). New Processes and Critical Parameters for the Preparation of Superhydrophobic Polymer Surfaces, Doktora Tezi, Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Özen Cansoy, C.E., (2011). Mikro Desenli Süperhidrofobik Yüzeylerde Yüzey Pürüzlülüğü ile Su Temas Açısı İlişkisi, Doktora Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

[7] Canpolat, Ş., Kılınç, M., Gürbüz, N.R. ve Kut, D., (2014). "Tekstil Uygulamalarında Biyomimetik Yaklaşımlar", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 25:91-111.

[8] Barsbay, B. ve Güven, O., (2010). "Selüloz Esaslı Kendi Kendini Temizleyen Süper Hidrofobik Yüzeyler", 3. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, 12-14 Mayıs 2010, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.

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

[10] Aydın, D., Gürü, M., Ayar, B. ve Çakanyıldırım, Ç., (2016). "Bor Bileşiklerinin Alev Geciktirici ve Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Pigment Olarak Uygulanabilirliği", Bor Dergisi, 1:33-39.

[11] Kayran, B., (2013). Su Bazlı-Stiren Akrilik Esaslı-Çinko Borat Katkılı Boyaların Alev Geciktirme, Duman Bastırma ve Antibakteriyel Etkinlikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[12] Değirmenci, B., (2011). Zinc Borate as A Flame Retardant and Smoke Suppressant Agent, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[13] Karaağaçlıoğlu, İ. E., (2012). Bor ve Mineral Katkılı Selülozik Yalıtım Malzemesi Üretimi ve Karakterizasyonu, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[14] Yavuz, H., (2007). Plazma Polimerizasyon Yöntemiyle Polimerik Malzemelere Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[15] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2012). Kimya Teknolojisi, Kuru Boya Testleri 524KI0303, Ankara.

[16] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2013). Kimya Teknolojisi, Kuru Boya Özellikleri, Ankara.

[17] Yetim, F., (2012). Bağlayıcı Olarak Bor İçeren Epoksi Reçinesinin Kullanılması ile Hazırlanan Boyanın Antifouling Etkinliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

[18] McKeen, L. W., (2015). Fluorinated Coatings and Finishes Handbook, Second Edition, William Andrew Applied Science Publishers.

[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] Erkmen, J., (2012). "Solvent Bazlı İnşaat Boyalarında Pigment Boyutunun Etkilerinin Uzun Zaman Aralığında İncelenmesi", Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2(6):83-94.

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

[22] Kocabaş, E., (2009). Su Bazlı Boya Üretimi Atık sularının Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Arıtımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[23] Koltka, S. ve Sabah, E., (2012). "Boya Sektörü ve Sentetik (Çöktürülmüş) Kalsiyum Karbonat (PCC)", 8. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 29-30 Kasım 2012, İstanbul.

[24] Boya Sanayicileri Derneği, Ekonomik Veriler ve Değerlendirmeler, http://www.bosad.org.tr/images/pdf/2015-Bosad-sunum-TR.pdf, 6 Kasım 2016.

[25] Gümüş, M., (2007). Alüminyum Yüzeyler İçin Antikorozif Boya ve Kaplama Şekillerinin Geliştirilmesi ve Kaplama Altı Korozyon Davranışlarının Elektrokimyasal Yoldan İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[26] Faassen, A. V. ve Borm, P. J. A., (1991). "Composition and Health Hazards of Water-Based Construction Paints: Results from a Survey in the Netherlands", Environmental Health Perspectives, 92:147-154.

[27] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2009). Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi projesi, Kimya Teknolojisi, Boya Üretimi, Ankara.

[28] Camcıoğlu, Ş., (2010). Su Bazlı Boya Üretim Tesislerinin Atıksularının Arıtılmasında Genelleştirilmiş Minimum Değişmeli (GMV) Algoritma ile pH Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[29] http://www.atalars.com/pdf/yapi/boya_testleri.pdf, 12 Kasım 2016.

[30] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2012). Kimya Teknolojisi, Yaş Boya Testleri, Ankara.

[31] Yıldırım, S. ve Çelik, E., (2014). "Alev Geciktirici Huntit ve Hidromanyezit Nanopartikül Takviyeli Polimerik Kompozit Kaplamalar", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(3):387-393.

[32] Giúdice, C.A. ve Benìtez, J.C., (2001). "Zinc Borates As Flame-Retardant Pigments in Chlorine-Containing Coatings", Progress in Organic Coatings, Elsevier, 42:82-88.

[33] Güreş, S., Çifte, T., Acaralı, N., Öztürk, A.B., Kandilci, H.G., Özgündüz, H.İ. ve Saraç, H., (2016). "Improvement of Water-Based Interior Dyes Prepared by Using Natural Mineral and Fiber Industrial Plant", Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 34(1):105-113.

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

[35] Şanyılmaz, M., (2006). Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi ile Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

[36] Yıldırım, S., (2011). Ürün Tasarımı Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[37] Karagöz, N., (2014). Taguchi Metodunun Hava Aracı Kanat Tasarımı Sürecine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

[38] Sarı, T., (2014). Taguchi, Analitik Ağ Prosesi (ANP) ve Topsis Yöntemleri ile Bütünleşik Tedarikçi Seçimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[39] Aksu, B., (2010). Shainin ve Taguchi Yöntemleri ve Bir Uygulama Üzerinde Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

[40] Atakul, S., Gönen, M., Alp, B., Balköse, D. ve Ülkü, S., (2006). "Tinkal Mineralinden Çinko Borat Üretimi", 7. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 5-8 Eylül 2016, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

[41] Gao, J., Yin, H., Wang, A. ve Jiang, T., (2013). "Preparation of Zinc Borates with Different Structures and Morphologies and Their Effect on Thermal and Oxidative Stability of Polyvinyl Alcohol", Powder Technology, Elsevier, 237:537-542.

[42] Miroğlu, C., (2015). Yerli Kaynaklardan Çinko Borat Üretimi ve Yanmaz Kablo İmalinde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[43] Surat, M. S., (2015). Bazı Polimerler, Şeker Pancarı Küspesi ve Karışımlarının Termal Parçalanma Kinetiklerinin Termogravimetrik Analiz Cihazı Kullanılarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[44] Şen, N., (2013). Azit ve Nitro Grubu İçeren Organik Patlayıcı Maddelerin Termal Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi Ve Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Kullanılarak Analiz Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[45] Yılmaz, N., (2013). Azotça Zengin Organik Bazların Pikrat ve Perklorat Tuzlarının Tasarımı, Sentezi ve Termal Analiz Yöntemleriyle İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[46] Gümüş, H., (2010). Ham ve Ön-İşlem Görmüş Sepiyolit Numunelerinin Cu(II) ve Pb(II) Alıkoyma Davranışlarının XRD, XRF, FTIR, Termik Analiz (TG-DTA), Atomik Absorpsiyon Teknikleriyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

[47] http://www.merklab.yildiz.edu.tr/merklab/6/TG-DTA/21, 20 Ocak 2017.

[48] http://cit.kuleuven.be/smart/infrastructure/documents/cam200.pdf, 20 Ocak 2017.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Merve BAĞCI

Doğum Tarihi ve Yeri : 02.01.1993

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : mrvebgc@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisansüstü	Kimya Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Kimya Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lise	Fen Bilimleri	Hacı Fahri Zümbül Anadolu Lisesi	2011

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2016-...	Deva Holding A.Ş.	Kalite Kontrol Uzman Yardımcısı

YAYINLARI

Bildiri

1. Bağcı, M., Acaralı, N., Öztürk, A.B. ve Saraç, H. (UKMK 2016, Ağustos). İnşaat Sektöründe Kullanılabilecek Boyalarda Hidrofobiklik, Yanmazlık ve Mekanik Özelliklerin İncelenmesi, UKMK 2016, İzmir.