

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİ NESİL SERAMİK ÜZERİNE UYGULANACAK OLAN İLETKEN ÖZELLİKLİ  
BOYANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**EMRAH ÖZKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. SABRİYE PİŞKİN**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİ NESİL SERAMİK ÜZERİNE UYGULANACAK OLAN İLETKEN ÖZELLİKLİ  
BOYANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

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

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Sabriye PİŞKİN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Sabriye PİŞKİN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Bu alışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın desteklediği üniversite sanayi işbirliği ile gerçekleşen 00898.STZ.2011-1 kodlu SANTEZ projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

---

Bu tez çalışmasında, yeni nesil seramik üzerine uygulanacak olan iletken özellikli boyanın kristal faz özellikleri, kimyasal bağ özellikleri, termal davranışları, parçacık boyut dağılımı, yapısındaki elementlerin analizi, viskozite ve yoğunluk değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirmiş olduğum bu çalışmada yer almamı sağlayan, engin bilgisi ve deneyimi ile bana yol gösteren Değerli Hocam Prof. Dr. Sabriye PİŞKİN'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

SANTEZ projesi kapsamında gerçekleştirilen bu projede, projenin sanayi ayağı olan Seranit Granit Seramik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Yapı Grubu Başkanı Sayın Hamdi ALTUNALAN'a projeye olan katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmam süresince bilgilerini ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen çok değerli SANTEZ projesi ekibi üyeleri Doç. Dr. Mehmet Burçin PİŞKİN'e, Yrd Doç. Dr Emek MÖRÖYDOR DERUN'a, Arş. Gör. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN'e, Arş. Gör. Özgül DERE ÖZDEMİR'e, Arş. Gör. Müge SARI YILMAZ'a, Kimya Yüksek Mühendisi Tuğçe ŞENBERBER'e ve Seranit Granit Seramik Sanayi ve Ticaret A.Ş. çalışanı Makine – Elektrik ve Elektronik Mühendisi Seyit KAPLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Üretilen elektrik iletkenliğe sahip boyanın SEM analizlerinin gerçekleştirilmesinde bana yardımcı olan Arş. Gör. Dr. A. Seyhun KIPÇAK'a ve desteğinden dolayı Yrd. Doç. Dr. Nurcan TUĞRUL'a çok teşekkür ederim.

SANTEZ projesinin hayata geçmesini sağlayan ve projeyi destekleyen Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na teşekkür ederim. Ayrıca proje kapsamında bizden yardımlarını esirgemeyen Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uzaman yardımcısı Tekin VARLIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Sevgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2013

Emrah ÖZKAN

## İÇİNDEKİLER

---

|  | Sayfa |
|--|-------|
| SİMGE LİSTESİ.....   | vii   |
| KISALTIMA LİSTESİ.....   | viii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....   | ix    |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....  | xi    |
| ÖZET .....   | xiii  |
| ABSTRACT.....  | xiv   |
| <b>BÖLÜM 1</b>   |       |
| GİRİŞ.....   | 1     |
| 1.1    Literatür Özeti .....                                   | 1     |
| 1.2    Tezin Amacı .....                                       | 2     |
| 1.3    Hipotez .....   | 3     |
| <b>BÖLÜM 2</b>   |       |
| BOYA, GENEL ÖZELLİKLERİ ve ÜRETİMİ .....                       | 4     |
| 2.1    Boya Üretiminde Kullanılan Hammaddeler .....            | 5     |
| 2.1.1    Bağlayıcılar .....                                    | 9     |
| 2.1.1.1    Kuruyan yağ türü bağlayıcılar .....                 | 11    |
| 2.1.1.2    Sentetik emülsiyon esaslı maddeler .....            | 11    |
| 2.1.1.3    Kimyasal küre karıştırılan bağlayıcılar .....       | 11    |
| 2.1.1.4    İnorganik bağlayıcılar.....                         | 11    |
| 2.1.2    Pigmentler ( boyar maddeler ) ve dolgu maddeleri..... | 14    |
| 2.1.3    Yardımcı pigmentler ( extenders) .....                | 21    |
| 2.1.4    Katkı maddeleri .....                                 | 21    |
| 2.1.5    Kimyasal ajanlar .....                                | 23    |
| 2.1.6    Solventler ve incelticiler.....                       | 23    |
| 2.2    Boyalarda Kullanılan Bazı Tanımlar .....                | 25    |
| 2.3    Boya Üretimi .....                                      | 27    |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 2.4  | Boya Kuruma Mekanizması .....   | 30        |
| 2.5  | Boya Çeşitleri .....  | 32        |
| 2.6  | Elektrik İletkenliğe Sahip Boya .....                                       | 35        |
| <b>BÖLÜM 3</b>   |   |           |
| <b>YAPISAL ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER .....</b> |   | <b>38</b> |
| 3.1  | X ışını difraktometre cihazı (XRD) .....                                    | 38        |
| 3.2  | Fourier Transform İnfrared Spektrofotometresi (FT-IR).....                  | 40        |
| 3.3  | Diferansiyel Termal Analiz/Termogravimetri Cihazı .....                     | 45        |
| 3.4  | Taramalı Elektron Mikroskobu.....   | 47        |
| 3.5  | İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) .....  | 55        |
| <b>BÖLÜM 4</b>   |   |           |
| <b>DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....</b>                                       |   | <b>55</b> |
| 4.1  | Elektrik İletkenliğe Sahip Boyanın Üretimi .....                            | 55        |
| 4.2  | Elektrik İletkenliğe Sahip Boyanın Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi..... | 55        |
| 4.2.1  | İletken özelliğe sahip boyanın kristal faz özellikleri belirlenmesi .....   | 55        |
| 4.2.2  | İletken özelliğe sahip boyanın kimyasal bağ özelliklerinin belirlenmesi     | 56        |
| 4.2.3  | İletken özelliğe sahip boyanın termal davranışlarının belirlenmesi .....    | 57        |
| 4.2.4  | İletken özelliğe sahip boyanın tanecik boyutlarının belirlenmesi .....      | 58        |
| 4.2.5  | İndüktif eşleşmiş plazma .....  | 59        |
| 4.2.6  | Viskozitenin belirlenmesi .....   | 60        |
| 4.2.7  | Özgül ağırlığın belirlenmesi.....   | 60        |
| 4.3  | İletken Özellikli Boyanın Yeni Nesil Seramik Üzerine Uygulanması.....       | 61        |
| 4.3.1  | Güç zaman analizi .....   | 61        |
| 4.3.2  | Sıcaklık zaman analizi.....   | 62        |
| <b>BÖLÜM 5</b>   |   |           |
| <b>DENEYSEL SONUÇLAR .....</b>   |   | <b>63</b> |
| 5.1  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın Kristal Faz Özellikleri.....                 | 63        |
| 5.2  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın Kimyasal Bağ Özellikleri.....                | 63        |
| 5.3  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın Termal Analizi Sonucu .....                  | 65        |
| 5.4  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın Parçacık Boyut Dağılımı .....                | 67        |
| 5.5  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın ICP-OES Analizi Sonucu.....                  | 69        |
| 5.6  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın Viskozimetre Analizi Sonucu .....            | 69        |
| 5.7  | İletken Özelliğe Sahip Boyanın Piknometre Analizi Sonucu .....              | 69        |
| 5.8  | İletken Özelliğe Sahip Boyalı Filmin Güç Zaman Analizi Sonucu.....          | 70        |
| 5.8.1  | İnce boyalı filmin güç zaman analizi sonucu .....                           | 70        |
| 5.8.2  | Orta kalınlıkta boyalı filmin güç zaman analizi .....                       | 71        |
| 5.8.3  | Kalın boyalı filmin güç zaman analizi sonucu .....                          | 72        |
| 5.9  | İletken Özelliğe Sahip Boyalı Filmin Sıcaklık Zaman Analizi Sonucu .....    | 73        |
| 5.9.1  | İnce boyalı filmin sıcaklık zaman analizi sonucu .....                      | 74        |
| 5.9.2  | Orta kalınlıkta boyalı filmin sıcaklık zaman analizi.....                   | 75        |
| 5.9.3  | Kalın boyalı filmin sıcaklık zaman analizi sonucu .....                     | 76        |

## BÖLÜM 6

|                        |    |
|------------------------|----|
| SONUÇ ve ÖNERİLER..... | 78 |
| KAYNAKLAR.....         | 83 |
| ÖZGEÇMİŞ.....          | 83 |

## SİMGE LİSTESİ

---

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| °C              | Santigrat derece      |
| cm              | Santimetre            |
| cm <sup>3</sup> | Santimetre küp        |
| dk              | Dakika                |
| eV              | Elektronvolt          |
| g               | Gram                  |
| K               | Kelvin                |
| kV              | Kilovolt              |
| m               | Metre                 |
| mA              | Miliamper             |
| mN              | Milnewton             |
| µm              | Mikrometre            |
| nm              | Nanometre             |
| Pa              | Pascal                |
| s               | Saniye                |
| Tg              | Camsı geçiş sıcaklığı |
| V               | Volt                  |
| W               | Watt                  |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|         |   |
|---------|---|
| AB      | Avrupa Birliği  |
| ABD     | Amerika Birleşik Devletleri                             |
| CGS     | Santimetre Gram Saniye                                  |
| DTA-TG  | Diferansiyel Termal Analiz - Termogravimetri            |
| FT-IR   | Fourier Transform Infrared Spektroskopisi               |
| ICP-OES | İndüktif Eşleşmiş Plazma – Optik Emisyon Spektroskopisi |
| OECD    | Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü                  |
| Ör      | Örnek   |
| R       | Radikal Grup  |
| SANTEZ  | Sanayi Tezleri  |
| SB      | Stiren Bütadiyen  |
| SEM     | Taramalı Elektron Mikroskobu                            |
| TEM     | Transmisyon Elektron Mikroskobu                         |
| UV      | Ultra Viyole  |
| vb      | Ve Benzeri  |
| vs      | Vesaire   |
| XRD     | X Işını Difraktometresi                                 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|             | Sayfa  |
|-------------|--|
| Şekil 2. 1  | Boyanın görünümü ..... 4   |
| Şekil 2. 2  | Titanyum dioksit görüntüsü ..... 5   |
| Şekil 2. 3  | Pigment hacim konsantrasyonunun boya özelliklerine etkisi ..... 8                      |
| Şekil 2. 4  | Kopolimer içerisindeki stiren miktarının camsı geçiş sıcaklığına etkisi .... 13        |
| Şekil 2. 5  | Boya pigmentlerinin görünümü ..... 15  |
| Şekil 2. 6  | Beyaz renkli pigmentlerin karşılaştırmalı örtücülük oranları ..... 17                  |
| Şekil 2. 7  | Litopon görüntüsü ..... 17   |
| Şekil 2. 8  | Talk görüntüsü ..... 19  |
| Şekil 2. 9  | Montmorillonit görüntüsü ..... 20  |
| Şekil 2. 10 | Boya üretiminde ıslatma-dispersiyon ve stabilizasyon aşamaları ..... 29                |
| Şekil 2. 11 | Flokülasyon ve dispersiyon durumu ..... 29   |
| Şekil 2. 12 | TiO <sub>2</sub> kaplanmış metal oksit parçaları TEM görüntüsü ..... 37                |
| Şekil 3. 1  | X ışınları oluşum mekanizması ..... 39   |
| Şekil 3. 2  | Difraksiyon açısı görüntüsü ..... 40   |
| Şekil 3. 3  | FT-IR cihazının görüntüsü ..... 41   |
| Şekil 3. 4  | Bağlar arası titreşim tipleri ..... 43   |
| Şekil 3. 5  | BEI ve SEI görüntülerinin oluşma mekanizması ..... 51                                  |
| Şekil 4. 1  | XRD cihazının görüntüsü..... 56  |
| Şekil 4. 2  | FT-IR cihazının görüntüsü ..... 57   |
| Şekil 4. 3  | DTA-TG cihazının görüntüsü ..... 58  |
| Şekil 4. 4  | SEM cihazı görüntüsü ..... 59  |
| Şekil 4. 5  | ICP-OES cihazı görüntüsü..... 59   |
| Şekil 4. 6  | Viskozimetre cihazı görüntüsü ..... 60   |
| Şekil 4. 7  | Piknometre görüntüsü..... 61   |
| Şekil 4. 8  | Wattmetre cihazı görüntüsü ..... 61  |
| Şekil 4. 9  | Temasız termometre cihazı görüntüsü ..... 62   |
| Şekil 5. 1  | İletken özelliğe sahip kuru boyanın XRD paterni..... 63                                |
| Şekil 5. 2  | Elektrik iletkenliğe sahip a) sıvı boyanın b) kuru boyanın FT-IR spektrumu<br>..... 64 |
| Şekil 5. 3  | İletken özelliğe sahip kuru boyanın TG analiz sonucu..... 65                           |
| Şekil 5. 4  | İletken özelliğe sahip kuru boyanın termal analiz sonuçları a) DTG b) DTA<br>..... 66  |
| Şekil 5. 5  | Elektrik iletkenliğe sahip boyanın x500 SEM görüntüleri..... 67                        |
| Şekil 5. 6  | Elektrik iletkenliğe sahip boyanın SEM görüntüleri a) x1000 b) x5000..... 68           |
| Şekil 5. 7  | Elektrik iletkenliğe sahip boyanın x10000 SEM görüntüleri..... 69                      |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Şekil 5. 8  | 2 iletken şeritli iletkenliğe sahip ince boyalı filmin güç zaman analizi ....  | 70 |
| Şekil 5. 9  | 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip ince boyalı filmin güç zaman analizi.....   | 71 |
| Şekil 5. 10 | 2 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip orta kalınlıktaki boyalı filmin güç zaman analizi .....                             | 71 |
| Şekil 5. 11 | 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip orta kalınlıktaki boyalı filmin güç zaman analizi .....                             | 72 |
| Şekil 5. 12 | 2 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip kalın boyalı filmin güç zaman analizi.....  | 72 |
| Şekil 5. 13 | 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip kalın boyalı filmin güç zaman analizi.....  | 73 |
| Şekil 5. 14 | a) 2 iletken şeritli b) 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip ince boyalı filmin sıcaklık zaman analizi.....              | 74 |
| Şekil 5. 15 | a) 2 iletken şeritli b) 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip orta kalınlıktaki boyalı filmin sıcaklık zaman analizi..... | 75 |
| Şekil 5. 16 | a) 2 iletken şeritli b) 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip kalın boyalı filmin sıcaklık zaman analizi.....             | 76 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

|   | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 2. 1 Bazı homopolimerlerin camsı geçiş sıcaklıkları .....                       | 12    |
| Çizelge 2. 2 Uygulama alanının gerektirdiği camsı geçiş sıcaklıkları .....              | 13    |
| Çizelge 2. 3 Fırın kurumalı ve hava kurumalı boyaların karşılaştırılması .....          | 33    |
| Çizelge 4. 1 XRD cihazı çalışma koşulları .....   | 56    |
| Çizelge 4. 2 FT-IR cihazının çalışma koşulları .....                                    | 57    |
| Çizelge 4. 3 İletken özellikli boyanın DTA-TG analizinde kullanılan parametreler .....  | 58    |
| Çizelge 4. 4 İletken özellikli boyanın ICP-OES analizinde kullanılan parametreler ..... | 60    |

**YENİ NESİL SERAMİK ÜZERİNE UYGULANACAK OLAN İLETKEN ÖZELLİKLİ  
BOYANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Emrah ÖZKAN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sabriye PİŞKİN

Dünya nüfusundaki artış, küreselleşme ve sanayileşme sonucu artan ticaret olanakları, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA), mevcut enerji politikaları ve enerji arzı tercihlerinin devam etmesi durumunda dünya birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artacağını belirlemiştir. Yüksek talep artışının karşılanması, yeterli yatırım yapılması ve ekonomik verimliliğin artırılması için, ülkemizde 2000 yılı sonrasında enerji sektöründe yeni bir yapılanmaya gidilmiştir. Bu noktada özellikle kış aylarında ısınma amaçlı enerji kullanımında önemli bir yer kaplayan yüksek elektrik tüketimi ve bunun getirdiği yüksek maliyetler dolayısıyla bu yönde bir çalışma yapılması tasarruf amacıyla bir zorunluluk olmaktadır. Ülkemizin önceliklerini karşılayabilmek ve ekonomik fayda sağlamak amacıyla önerilen bu boya ile amaçlanan, düşük elektrik sarfiyatı ile daha konforlu ve sağlıklı ısınma sağlamaktır.

SANTEZ projesi kapsamındaki bu çalışma ile Türkiye’de ilk defa üretilen iletken özelliğe sahip boyanın viskozite, yoğunluk değerlerinin bulunması ve kristal faz özelliklerinin, kimyasal bağ yapısının, termal davranışlarının, parçacık boyut dağılımının, elementel analizinin yapılarak yapısal özelliklerinin belirlenmesi, ayrıca uygulama sonrası sistemden elde edilen sıcaklık miktarının ve sistemin harcadığı gücün zamana bağlı değişiminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu sayede boyanın yeni nesil seramikler üzerine uygulanma koşullarının saptanması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik iletkenliğe sahip boya, karakterizasyon

**DETERMINATION OF STRUCTURAL PROPERTIES OF CONDUCTOR WITH  
DYE WHICH WILL BE IMPLEMENTED ON NEW GENERATION CERAMICS**

Emrah ÖZKAN

Department of Chemical Engineering  
MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Sabirye PİŞKİN

Rising of world population and increasing trade opportunities as a result of globalization and industrialization has increased the demand for natural resources and energy. International Energy Agency (IEA), identified that world primary energy demand will increase by 40% between the years 2007-2030 in the case of continuation of current energy policies and energy supply preference. A new structure in our country was made in the energy sector after 2000 to reach the high demand growth, increase of sufficient investment and economic productivity. This is an important point in the use of energy for heating purposes during the winter months, especially space-saving due to higher power consumption and the resulting higher costs to conduct a study in this direction is becoming necessity in order to effort. Meet our country's priorities proposed with this paint are intended to provide economic benefits and low power consumption is to warm up with a more comfortable and healthy.

This study which is SAN-TEZ project aimed to determine the structural properties of the paint with instrumental methods such as crystal phase properties, chemical bond structure, thermal behavior, particle size distribution, elemental analysis and also this study aimed to determine viscosity and density values of paint which produced by this study for the first time in Turkey. Thus aimed to determine the conditions of application of the paint on new generation ceramics. In addition, the amount of temperature obtained and power consumed after application of the system is to determine the time dependent change.

**Key words:** Electrical conductivity paint, characterization

#### 1.1 Literatür Özeti

Dünya nüfusundaki artış, küreselleşme sonucu artan ticaret olanakları ve sanayileşme doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke ayrıca, 2000 yılından bu yana elektrik ve doğalgazda Çin'den sonra en fazla talep artışına sahip ikinci büyük ekonomi konumundadır. Bu nedenle enerji sektörü, ülkelerimizin kalkınma politikaları içinde hayati önem taşıyan stratejik bir konumdadır. Yüksek talep artışının karşılanması, yeterli yatırım yapılması ve ekonomik verimliliğin artırılması için, ülkemizde 2000 yılı sonrasında enerji sektöründe yeni bir yapılanmaya gidilmiştir. Ayrıca yasal düzenlemeler geliştirilmiş ve bu kapsamda 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmıştır. Ayrıca 2008 yılında, 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve 2010 yılında 27778 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliği yürürlüğe girmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ülkemizin artan enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılayabilmek amacıyla uzun vadeli planlama çalışmalarında Cumhuriyetimizin yüzüncü yılı olan 2023 yılında; enerji verimliliğinde AB düzeyine gelecek şekilde hızlı ve sürekli gelişme sağlamayı öncelikli hedefleri arasına almıştır [1].

Ülkemizde binalarda enerjinin etkin kullanılması ile yerel kaynakların korunması, ithal enerji talebinin düşürülmesi ve buna bağlı olarak daha az yakıt tüketilmesi ile zararlı emisyonların çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca, Türkiye

Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), yaşam kalitesinin yükseltilmesi hedefi doğrultusunda, 2023 yılına kadar belirlediği ulusal bilim ve teknoloji politikalarında teknolojik öncelikli faaliyet konuları arasına, “gereksinim duyulan enerjinin güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üretilmesi ve kullanılmasını” da almıştır [2]. Çevreye duyarlı ve enerji verimliliği sağlayan yapı malzemelerinin kullanılmasıyla, ülkemizin son dört yıldır üzerinde oldukça fazla durduğu binalarda enerji verimliliği ve 2009 yılında Türkiye’nin de taraf olduğu Kyoto Protokolü ile sorumlu olduğu CO<sub>2</sub> salımının azaltılması, gerçekleştirilebilecek bir hedef haline gelecektir. Bu hedefler doğrultusunda ülkemizde tüketilen enerjinin yaklaşık üçte biri binalarda; özellikle ısınma giderlerinde, aydınlatma ve elektrikli cihazların çalıştırılması amacıyla kullanıldığı düşünüldüğünde ısınma giderleri enerjinin büyük bir kısmını tüketmektedir. Bu yönde yapılacak çalışmalar sadece bireylerin ısınmasını karşılamayıp aynı zamanda enerji gereksinimlerinin sağlanması için kullanılan petrol, kömür ve doğalgazın daha az kullanılmasına olanak sağlayarak hem dışa bağımlılığı azaltacak hem de ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlayacaktır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için yeni bir ısıtma sisteminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çünkü metallik olmayan radyan elektrikli ısıtıcılar amorf grafit, siyah grafit kullanılarak oluşturulmuştur. Bu ürünlerin en büyük dezavantajı grafit içeriğinden dolayı mekanik dayanımlarının yetersizliği ve dolayısıyla yüksek ısılarda deformasyonların gözlenmesidir [3]. Elektrik iletkenlik özelliğine sahip boya ise ısıtma sisteminde ısıtma teli, ısıtma kablosu ve rezistans olmayan, ısı kaynağı olarak elektrik iletkenliğine sahip dolgu malzemesi içeren kaplama kullanılmaktadır. Bu kaplama, su bazlı metal karışım içeren bir yüksek teknoloji ürünüdür. Ayrıca iletken özelliğe sahip boyanın yeni nesil seramiklere uygulanması sonrası oluşan ısıtma sisteminin çalışması sırasında uzak kızılötesi ışınlar yayılmaktadır.

## **1.2 Tezin Amacı**

SANTEZ projesi kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada öncelikle boyayı oluşturan hammaddelerden başlanarak boya çeşitleri, boya üretimi ve boya endüstrisinde kullanılan bazı terimler araştırılmış daha sonra da elektrik iletkenliğe sahip boya hakkında bilgi edinilmesi amaçlı literatürdeki patent ve yayınlar incelenmiştir. Yeni

nesil seramik ısıtıcılarında kullanılan ısıtma tekniği olan elektrik iletkenliğe sahip boya ile elde edilen ısı kaynağı tamamen doğal ve çevreci bir ısıtma sistemidir. Bu teknikte hedef ısı kaynağımız olan güneşin ısıtmasına en yakın ısıtma elde etmektedir.

Üniversite - sanayi işbirliği içerisinde gerçekleştirilen düşük elektrik sarfiyatı ile çalışan, konforlu ve sağlıklı bir ısınma sağlayan bir ısıtıcı geliştirilmesi amaçlı kullanılan elektrik iletkenliğe sahip boyanın viskozite, yoğunluk, bozunma sıcaklığı, bağ yapısı, kristal faz içeriği ve boyanın zamana bağlı olarak sıcaklığındaki ve gücündeki değişimlerin belirlenmesi, boyayı oluşturan taneciklerin boyut dağılımının saptanması ve ağır metal içeriğinin analizi amaçlanmıştır.

### **1.3 Hipotez**

Türkiye’de ilk defa bu proje ile üretilmiş ve yeni nesil seramiklere uygulanacak olan elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulanmasının ve verimli kullanılabilmesinin sağlanması için viskozite, yoğunluk, kristal faz özellikleri, bağ titreşimleri, bozunma sıcaklığı, parçacık boyut dağılımı, ağır metal içeriği bilinmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması sonunda elektrik iletkenliğe sahip boyanın yoğunluğun  $1.22 \text{ g/cm}^3$ , viskozitesi  $13 \text{ Pa.sn}$ , maksimum parçacık boyutu ise  $11.62 \text{ }\mu\text{m}$ ’dir. Kuru bazda ise  $600^\circ\text{C}$  sıcaklığına kadar bozunmayan bu boya metal oksit içeriklidir, ayrıca kurşun ve kadmiyum ağır metallerini içermemektedir. Uygulandığı film üzerinde kullanılan iletken sayısı ve elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulam kalınlığı artışına bağlı olarak harcanan güç  $6.9 \text{ watt}$  ile  $54 \text{ watt}$  arasında değişirken elde edilen sıcaklık miktarı da maksimum  $70^\circ\text{C}$ ’ye kadar çıkmıştır.

### BOYA, GENEL ÖZELLİKLERİ ve ÜRETİMİ

Boya; çeşitli malzeme yüzeylerine, korunma, süslenme ve aydınlatma amaçları ile sürülerek dekoratif, koruyucu, sert ve ince bir tabaka oluşturan, ana maddeleri organik, metalik veya plastik esaslı pigment, bağlayıcı ve incelticilerden meydana gelmiş, renkli bir sıvı bileşimidir [4]. Günlük yaşantımızda kullanılan ürünlerin çoğu ya boyanmıştır ya da bir logo veya ürün bilgileri ile bezenmiştir. Boyalar önceleri çeşitli sanat eserlerinde dekoratif amaçlarla estetik değerlere hizmet etmiştir, günümüzde ise daha çok çeşitli yapı malzemelerini dış, atmosferik ve kimyasal etkilere karşı koruyucu, hijyenik ve yüzeysel ışığı düzenleyerek mimari kısımları aydınlatıcı bir malzeme olarak uygulanmaktadır (Şekil 2.1) [5].



Şekil 2. 1 Boyanın görünümü [6]

Boyalar uygulandıkları malzemelere renk, parlaklık, efekt gibi dekoratif özellikler kazandırırken, korozyona, su, yağ, asit, güneş ışığı gibi etkilere karşı da koruyucu özellikler kazandırmış olur [7].

## 2.1 Boya Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Boya endüstrisi yeni malzeme kullanımına açık, üretimdeki reçete değerleri hızlı bir şekilde değişebilen, devamlı olarak gelişen dinamik bir çalışma koludur. Boya üretiminde pek çok değişik hammaddeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hammaddeler bağlayıcılar, pigment ve dolgu maddeleri, çözücüler ve katkı maddeleri olmak üzere 4 ana başlık altında birleştirilebilir. Özellikle mineral esaslı hammaddeler boya üretiminde önemli bir yer işgal etmektedir. Mineral esaslı hammaddeleri tipik bir su bazlı boya reçetesinde %20 ile %50 arasında kullanılabilir. Mineral hammaddeleri, boya reçetelerindeki nihai kullanımlarından önce bir takım cevher hazırlama ve kimyasal işlem kademeleri ile kullanılabilir hale getirilmelidir. Titanyum dioksit ( $TiO_2$ ), çinko oksit ( $ZnO$ ), çinko fosfat  $Zn_3(PO_4)_2$ , kalsit ( $CaCO_3$ ), kalsine kaolen, talk ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ), mika ( $FeO(OH)$ ), kuvars ( $SiO_2$ ), dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ) ve barit ( $BaSO_4$ ) boyada kullanılacak bazı mineral hammaddelerine örnek olarak verilebilir. Pigmentler boyaya renk, örtücülük ve koruyuculuk kazandıran organik ve inorganik maddelerdir. Pigmentler herhangi bir çözeltide çözünmeyen maddelerdir. Renk vermek amacıyla kullanılanlara renk pigmenti, dolgu gücü ve maliyet düşürme amacıyla kullanılanlara dolgu maddeleri adı verilir.  $TiO_2$  boyada kullanılan en yaygın pigmenttir (Şekil 2.2) [8].



Şekil 2. 2 Titanyum dioksit görüntüsü [9]

Yüksek kırılma indeksi ve kimyasal dayanımı sayesinde  $TiO_2$ , herhangi bir tip boya için vazgeçilmez bir pigmenttir. Bununla beraber kalsit ( $CaCO_3$ )  $TiO_2$ 'ye göre çok daha ucuz, düşük çözünürlüklü bir dolgu maddesidir. Üretim prosesi de bir takım kimyasal maddelerin kullanıldığı ve enerji yoğun bir işlem olan  $TiO_2$  üretimine göre oldukça basittir. Bu sebeplerden dolayı  $TiO_2$ 'nin belli miktar  $CaCO_3$  ile ikamesi sadece üretim maliyeti anlamında değil, çevresel etki açısından da önemlidir. Dolgu maddeleri,  $TiO_2$ 'nin bir kısmı yerine kullanılarak maliyet düşüşü sağlamalarının yanı sıra boyanın sertlik, aşınma ve darbe dayanımı gibi bazı fiziksel özelliklerini de iyileştirebilmektedirler.

Kullanılan pigment ve dolgu maddelerinin performansları, tane morfolojisi, boyut dağılımı, kırılma indeksi, yağ emmesi, zeta potansiyel değeri gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler mineral tanelerinin birbirleri ile ve boya içindeki diğer hammaddelerle olan etkileşimlerini doğrudan etkilemekte; dolayısıyla boyaya sağlanacak olan özellikler değişmektedir.

Dolgu maddeleri de pigmentler gibi boya içerisinde çözünmeyen inorganik maddelerdir. Boyada kıvam verici olarak kullanılmalarının yanı sıra boya filminin kimyasal ve fiziksel direncini artırır. Boya taneciklerinin askıda kalmasını ve boyanın kendi içerisinde ve uygulandığı yüzeye iyi bir şekilde kenetlenmesini sağlarlar. Bütün bunların yanında boyaya beyazlık verirler, su bazlı sistemlerde örtücülüğü artırır. Bu özellikleri sayesinde dolgu maddeleri, boya reçetesinde en büyük maliyet kalemlerinden bir tanesi olan  $TiO_2$  pigmentinin tüketimini azaltıcı bir görev üstlenmişlerdir.

Dolgu maddelerinin boya filmi üzerindeki etkilerinin en iyi olabilmesi için bir takım özelliklerinin iyi bir şekilde bilinmesi ve ayarlanması gerekmektedir. Bunlar arasında tane boyut dağılımı, yağ emme kapasitesi, beyazlığı, kırılma indeksi değeri, özgül ağırlığı, sertliği vb. özellikler sıralanabilir. Bunların içerisinde tane boyut dağılımı en önemli parametrelerden birisidir. Geniş bir boyut aralığından ziyade dar ve ince bir boyut aralığında olması, dolguların performanslarını büyük oranda artırmaktadır. Böylesi bir boyut aralığının minimum enerji kullanılarak sağlanabilmesi, cevher hazırlamanın ana uğraş konularından biri olan öğütme ve klasifikasyon prosesinin

başarısına bağlıdır. Tane boyutu “Eş boyutlu veya Ultra ince” olarak sınıflandırılabilir. Bir malzemenin inceliğinden daha önemlisi, üst boyut ve ortalama boyutun yanı sıra, diklik faktörüdür. Tane boyut dağılımı eğrisinin eğimi yataya yakınsa geniş bir tane boyut aralığından söz edilebilir. Dik ise dar bir tane boyut aralığı söz konusudur. Örneğin  $d_{98} = 3 \mu\text{m}$ ,  $d_{50} = 0,4 \mu\text{m}$  olan bir malzeme ultra incelikte (ultrafine) olarak kabul edilirken,  $d_{98} = 3 \mu\text{m}$ ,  $d_{50} = 1,2$  olan bir malzeme ise eş boyutlu (isodiametric) olarak kabul edilmektedir.

Boya üretiminde dar boyut grubu aralığındaki dolgu malzemelerinin kullanılması durumunda;

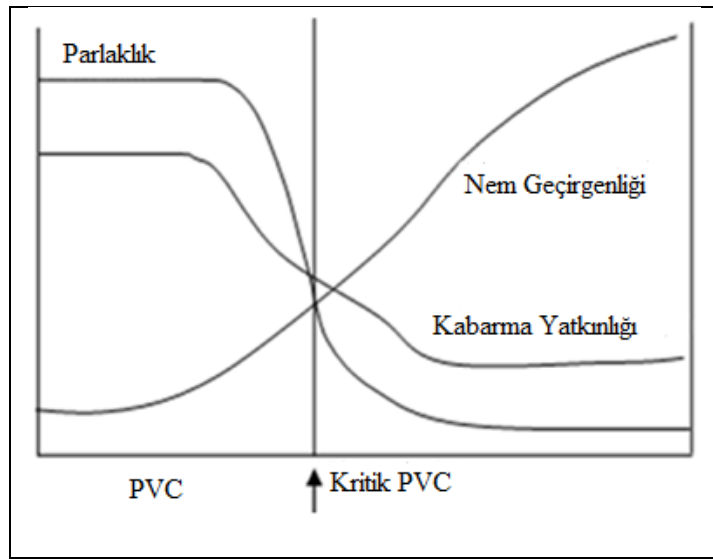
- Yüksek dolgulu iç cephe emülsiyon boyalarında örtücülüğün artması
- Solvent-bazlı sentetik boyalarda dispersiyonun kolaylaşması
- Çok perdahlı sistemlerde mükemmel perdaha (gloss) erişilmesi
- Su-azaltıcı kaplamalarda kuruma süresinin kapiler etki ile azalması
- $\text{TiO}_2$  yerine kısmen yer açıcı (spacing extender) olarak ikamesi durumları gözlenmektedir [8].

Eş boyutlu tane dağılımının önemi bazı çalışmalarda vurgulanmıştır. Bilim adamları tarafından yapılan çalışmalarda, eş boyutlu ve çok küçük boyutlu taneler karşılaştırılmış, bu iki farklı tane boyutu ile üretilen boyalar üzerinde gerçekleştirilen örtücülük testleri sonucunda biraz daha iri boyutlu olmasına rağmen eş boyutlu tanelerin çok küçük boyutlu tanelerden oluşan bir malzemeye göre daha yüksek örtücülük sağladığı görülmüştür. Çok küçük boyutlu tanelerin azlığı pigment taneleri arasında çok minik boşluklar bırakmaktadır. Filmin kuruması esnasında bu boşluklar hava ile dolarak kuru boşluklar (dry hiding) oluşturmaktadır. Eş boşluklu taneler ayrıca, filmdeki havanın hacmini artırmakta ve çabuk kurumasını sağlamaktadır.

Boya içerisindeki pigment miktarının uçucu olmayan bağlayıcılar ile pigmentlerin toplam miktarına oranına “Pigment Hacim Konsantrasyonu”, “Pigment Volume Concantration” (PVC) denilmektedir. 2.1 nolu denklem yardımıyla hesaplanabilen PVC, boyanın bir takım yapısal özelliklerine etkisi olan önemli bir kavramdır.

$$\text{PVC} = (\text{Pigment Hacmi} / (\text{Pigment Hacmi} + \text{Uçucu olmayan bağlayıcı hacmi})) \times 100 \quad (2.1)$$

Şekil 2.3'de pigment hacim konsantrasyonunun boya filmi üzerindeki etkileri görülmektedir. Pigment hacim konsantrasyonunun boyanın birçok özelliğine önemli etkilerinin olduğu bazı çalışmalar tarafından da gösterilmiştir. Bağlayıcının sarabileceği belirli bir pigment miktarı bulunmaktadır. Bu miktardaki PVC'ye kritik PVC denilmektedir. Bu değerin üzerinde boya özellikleri önemli oranda değişecektir. PVC değeri üretilecek olan boyadan beklenen özelliklere bağlıdır. Örneğin parlak boya üretimi için düşük PVC oranlarının kullanılması gerekirken, astar ve ilk kat boyalarda %90'lara kadar ulaşılabilen yüksek PVC oranları kullanılmaktadır.



Şekil 2. 3 Pigment hacim konsantrasyonunun boya özelliklerine etkisi [8]

Talk ve vollastonit gibi dolgu maddelerinin darbe dayanımı, aşınma dayanımı ve boya filminin yüzeye olan adezyonu artırdığı kanıtlanmıştır. Kalsit gibi dolgu maddelerinin organik ve inorganik maddelerle kaplanması boya içerisindeki performanslarını arttırabilmektedir. Son zamanlarda  $\text{CaCO}_3$ 'ün özellikle  $\text{TiO}_2$  ile kaplanması önemli bir potansiyel olarak görülmektedir.  $\text{TiO}_2$  ile kaplanmış  $\text{CaCO}_3$ 'lerin yüksek örtücülük değerleri ile  $\text{TiO}_2$  pigmentinin performansına yakın bir performans sergilediği gösterilmiştir. Kalsit, kaolen ve kalsine kaolenin  $\text{TiO}_2$  yerine kullanımını gösteren benzer çalışmalar da mevcuttur. Kolemanit kullanımının su bazlı boyalar için özellikle yanmayı geciktirici özelliği bir başka çalışmada vurgulanmıştır. Çalışmalar sonucu  $\text{TiO}_2$  ile hemen hemen aynı teknik özellikte ürünlerin elde edildiği belirtilmektedir. Bu uygulamaların pratik anlamda hayat bulması üretim maliyetlerini büyük oranda düşürecektir.

Pigment ve dolguların boya içerisinde homojen bir şekilde dağılmaları gerekmektedir. Tanelerin herhangi bir şekilde topaklaşması özellikle örtücülük ve parlaklık gibi boyanın en önemli özellikleri üzerinde olumsuz bir etki yaratacak  $TiO_2$  kullanım verimi de düşecektir. Bu noktada dağıtıcılar çok önemli bir rol oynamaktadırlar. Dağıtıcı miktarı ve cinsi boya sistemlerindeki dispersiyon/topaklaşma özellikleri üzerinde oldukça etkilidir. Dispersiyon ve bu dispersiyonun stabilizasyonu dağıtıcı olarak kullanılan polimerlerin sağladığı elektrosterik etki sonucu sağlanmaktadır. Literatürde yukarıda bahsedildiği gibi dolgu maddelerinin boyada kullanımı ile ilgili bir takım çalışmalar bulunabilmektedir. Ayrıca bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak değinilecek olan dağıtıcı/tane etkileşimleri de geniş bir şekilde çalışılmıştır. Ancak bu etkileşimler özellikle boya gibi birden çok farklı tipte tanenin bulunduğu sistemler açısından da genelde tek tane/dağıtıcı etkileşimi olarak çalışılmış, farklı tanelerin karışım halinde bulunması durumu ve bunların boyaya etkisi üzerinde çok fazla çalışma gerçekleştirilmemiştir [8].

- 1- Bağlayıcılar (Alkid veya reçine diye de adlandırılır)
- 2- Pigmentler (Boyar maddeler )
- 3- Extenders (Yardımcı pigmentler )
- 4- Katkı ve dolgu maddeleri (Talk, kalsit, barit vs. )
- 5- Kimyasal ajanlar ve yardımcıları (Disperse ediciler, yüzey düzelticiler, kabuk önleyiciler, kurumayı sağlayan yardımcıları, çökme önleyiciler vs. )
- 6- Solventler ve İncelticiler (boya imalatı ve uygulama sırasında akışkanlığı ve uygulamayı kolaylaştıran genelde petrol türevi sıvılar)
- 7- Özel amaçlı boyalarda özel amacı sağlayan diğer kimyasallar [4].

### **2.1.1 Bağlayıcılar**

Bağlayıcı tanımı genel anlamda boyanın cinsine bağlı olarak çeşitli kuruyan yağlar, alkid reçineleri, plastifiyanlardır. Bunlar koruyucu bir film oluşturur ve boya içinde renk, örtme, kıvamlilik, yoğunluk, dayanıklılık gibi özellikler taşıyan pigment, katkı ve dolgu maddeleri ile diğer kimyasal maddeleri bir arada tutmaya yararlar.

Bağlayıcılar boyalara önemli özellikler verdiklerinden kullanım yerlerine göre değişik bağlayıcı sistemleri kullanılmaktadır. Bağlayıcılar boyaya sertlik, elastikiyet, parlaklık, dış etkenlere ve kimyasallara karşı koruma, yapışma ve kuruma özellikleri gibi önemli özellikler verirler. Bağlayıcı türlerine bakacak olursak:

#### **2.1.1.1 Kuruyan yağ türü bağlayıcılar**

Geçmişten günümüze dek boya yapımında kullanılan temel malzemelerdir. Kuruyan bir yağın okside olması ve polimerleşmesi esasına dayanır. Bunlar genellikle bitkisel orijinli yağlar olup, örnek olarak bezir yağı, tunç ağacı yağı veya hayvansal balık yağı verilebilir. Ancak en yaygın olarak kullanılan bezir yağıdır.

#### **2.1.1.2 Sentetik emülsiyon esaslı maddeler**

Kuruyan yağlar ihtiva etmeyen bu tür malzemeye örnek olarak PVA veya akrilik dispersiyonları gösterilebilir. Bu maddelerle üretilen boyalar piyasada plastik boya olarak da adlandırılırlar. Katılaşma, bünyesindeki suyun buharlaşması ile olur. Müsait ortam koşullarında bu tür malzeme ile üretilen boyalar dokunma kuruluşu seviyesinde veya bir üst kat uygulamaya imkan verecek kuruluşu 1-2 saatte ulaşabilir.

#### **2.1.1.3 Kimyasal kütle katılaştırıcı bağlayıcılar**

Bağlayıcılar iki bileşenli malzemelerdir. Ana malzeme reçine, kullanım öncesinde kimyasal reaksiyonu oluşturacak madde sertleştirici veya hızlandırıcı ile karıştırılır. Sıvı halde uygulanan film başlatılmış veya aktive edilmiş reaksiyon sonucu katı hale geçer. Bu tür malzemelere örnek olarak en yaygın olarak epoksi veya poliüretan reçineleri verebiliriz.

#### **2.1.1.4 İnorganik bağlayıcılar**

Karıştırılmış olan suyun buharlaşması ve priz sonucu tabaka oluşturan çimento silikat türü maddelerdir. Su ile karıştırılarak çimento ve kireç kullanarak badana olarak kullanılır [5].

Temel bağlayıcılardan bazılarını örnek verecek olursak:

- Alkid: Ekonomik, üretim çeşitliliği, zayıf dış dayanım
- Akrilik: Sertlik, dış dayanım, renk dayanımı
- Poliester: Elastikiyet, dış dayanım, sanayi ve otomotiv
- Epoksi: İyi yapışma, iyi kimyasal ve korozyon direnç
- Nitroselüloz: Hızlı hava kuruma, vernik ve rötuş
- Silikon: Yüksek ısıya ve korozyona dayanıklı
- Vinil : Yapışma, hızlı kuruma, asit ve su direnci [7].

Akrilik polimerler: Boya endüstrisinde kullanılan akrilik polimerler yüksek adezyonları, esnek yapıları ve UV ışınları gibi dış etkenlere karşı dayanımlarının yanında nispeten uygun maliyetleri ile polivinil asetat emülsiyonları, fenolikler ve stiren-bütadiyen lateksler gibi bağlayıcıların içerisinde kendisine güçlü bir yer bulmuştur. Akrilikler 3 temel fiziksel halde bulunmaktadır. Katı taneler, polimer solüsyonları ve emülsiyonlar. Çevreye daha az zararlı bir yapı içermeleri ve üretim maliyetlerinin düşük olması, emülsiyon halinde kullanımın yaygın olmasını sağlamıştır. Akrilik polimerler akrilik monomerlerin polimerizasyonu sonucu üretilmektedirler. Akrilik monomerler akrilik ve metakrilik asitlerin esterleridir. Metil, etil, isobütil, n-butil, 2-etilhekzil, oktil, laurik, ve stearil bazı esterlere örnek olarak verilebilir. Bu esterler hidroksil, amino, amid grupları gibi fonksiyonel gruplara sahip olabilirler (hidroksietil metakrilat, dimetilaminoetil metakrilat, akrilamid). Polimerlerin adezyon kuvveti, üretimleri esnasında butilakrilat veya 2-etil hekzilakrilat gibi düşük camsı geçiş sıcaklığına (Tg) sahip monomerlerin kullanılması ile artırılabilir. Akrilik ve metakrilik asitlerin karboksilik asit grubuna bağlı üyeleri de polimerlerin adezyon kuvvetini artırıcı yönde etki etmektedir.

Polimerlerin koheziv dayanımları metil metakrilat ve metil akrilat gibi nispeten sert akrilik monomerler tarafından belirlenmektedir. Koheziv dayanım için molekül ağırlığı da önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmakta, bu iki özelliğin polimer kimyacıları tarafından dengeli bir şekilde ayarlanması önem arz etmektedir. Bulk, solüsyon, süspansiyon ve emülsiyon polimerizasyonu gibi çeşitli polimerizasyon yöntemleri bulunmaktadır.

Uygun monomerin seçilmesi ile polimerin Tg dolayısıyla uygulama alanı da belirlenmektedir. Tg polimerin sert ve genellikle kırılğan bir yapıdan yumuşak, kauçuk özellikleri gösterdiği yapıya geçtiği sıcaklık aralığını belirtmektedir. Tg düşük sıcaklıktaki polimer esnekliği, oda sıcaklığındaki sertlik durumu ve yumuşama noktası gibi özellikler için bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Çizelge 2.1’de bazı homopolimerlerin Tg’leri, Çizelge 2.2’de ise uygulama alanının gerektirdiği Tg’ler verilmiştir [8].

Çizelge 2. 1 Bazı homopolimerlerin camsı geçiş sıcaklıkları [8]

| Homopolimer      | Tg, °C | Homopolimer       | Tg, °C |
|------------------|--------|-------------------|--------|
| Akrilik asit     | 112    | İsopropil akrilat | -8     |
| Metil metakrilat | 106    | Etil akrilat      | -24    |
| Metil akrilat    | 8      | N-Butil akrilat   | -56    |

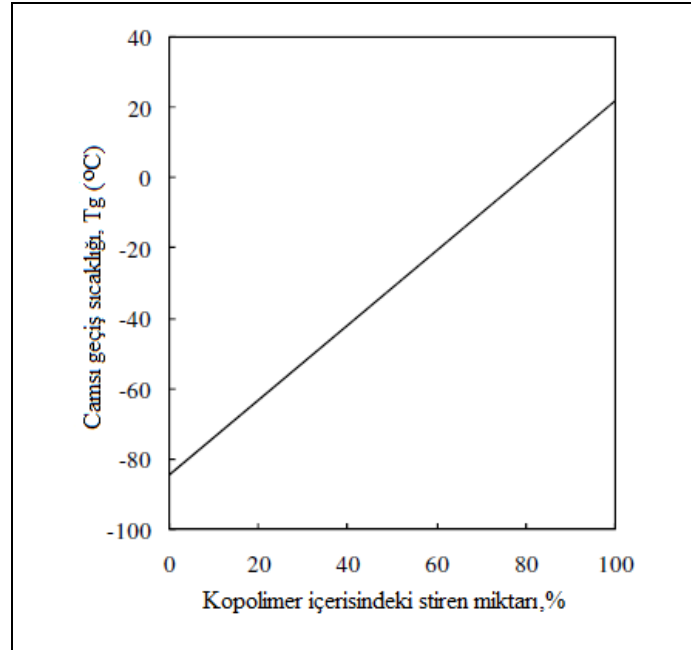
Emülsiyon polimerizasyonu sonucunda devamlı fazın su olduğu ve polimer tanelerinin bu faz içinde homojen olarak dağıldığı bir ürün elde edilmektedir. Uygulama sonrası kuruma ile beraber bu taneler bir araya gelecek ve homojen bir film yapısı elde edilecektir. Bununla beraber, kuruma işlemi polimerin Tg düşük bir sıcaklıkta gerçekleşirse film oluşumu tamamlanamaz. Düzgün bir film oluşumu için polimer ya Tg üzerindeki bir değere ısıtılmalı ya da birçok uygulamada olduğu gibi film oluşturucu bazı katkı maddeleri (Coalescing agent) kullanılmalıdır.

Film oluşturucu katkı maddesi olarak genellikle glikol eterler kullanılır. Bu maddeler film oluşumunun tamamlanması ile beraber malzemeyi, buharlaşarak terk eder ve fiziksel bir olumsuzluk yaratmazlar. Akrilik polimerler çeşitli dolgu maddeleri ile uygun bir şekilde karıştırılıp nanokompozit üretimi gerçekleştirilebilir. Bu şekilde polimerin mekanik ve ısı dayanımları artırılabilir.

Çizelge 2. 2 Uygulama alanının gerektirdiği camsı geçiş sıcaklıkları [8]

| T <sub>g</sub> , °C | Önerilen uygulama alanı         | T <sub>g</sub> , °C | Önerilen uygulama alanı |
|---------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 80 - 100            | Yüksek ısı dayanımlı kaplamalar | 10 - 40             | Dekoratif boyalar       |
| 50 - 65             | Parke vs. cilaları              | 25 - 35             | Mürekkep bağlayıcıları  |
| 35 - 50             | Genel endüstriyel kaplamalar    | -60 - 25            | Yapıştırıcılar          |

Polistiren-bütadiyen: Kaplama dayanımı, pigment bağlama, uygulandığı yüzeye ve bağlayıcının kendi içerisindeki bağlanma gücünün artırılması amacıyla kullanılırlar. Stiren ve bütadiyen monomerlerinin kullanım oranı istenilen sertlik ve esneklik özelliğinin elde edilebilmesi için ayarlanabilir. SB kopolimeri içerisindeki stiren miktarının artırılması kopolimerin camsı geçiş sıcaklığını da artırmaktadır (Şekil 2.4). Tipik bir SB lateks, su ile dengelenmiş %45-55 oranında polimer içermektedir.



Şekil 2. 4 Kopolimer içerisindeki stiren miktarının camsı geçiş sıcaklığına etkisi [8]

SB'nin avantajları, üstün bir mekanik dayanım, pigment örtme gücüne katkısı, parlaklığın artırılmasına katkısı, adezyon kuvvetine katkısı, yüksek miktarda dolgu maddesi bağlayabilme özelliği olarak sayılabilir.

Alkidler: Alkid kelimesi, al ekinin alkol'den ve daha sonra kid haline gelmiş olan sit ekinin de asit kelimesinden alınması ile türetilmiştir. Alkidler yağ asitleri ile modifiye edilmiş poliesterler olarak tanımlanmaktadır.

Modifiye edilmemiş reçineler ise doymuş poliesterler olarak adlandırılmaktadır. Alkidler polibazik asitler, polioller, ve yağ asitleri (yağ içermeyen alkidler dışında) olacak şekilde üç temel bileşenle sentezlenmektedirler. Dolayısıyla bu bileşenlerin yapısı ve kullanım oranı alkid reçinesinin özelliklerini belirlemektedir.

Uzun yağlı alkidler alifatik çözücülerde, orta yağlı alkidler alifatik aromatik çözücü karışımlarında, kısa yağlı alkidler ise aromatik çözücülerde çözünürler. Uzun yağlı alkidler dış cephe boya ve metal boyalarda, orta yağlı alkidler metal boyalar ve endüstriyel ilk kat boyalarda, kısa yağlı alkidler ise endüstriyel boyalar ve verniklerde kullanılırlar. Bununla beraber yağsız alkidler genellikle melamin reçineleri ile beraber fırın boyalarda kullanılırlar.

### **2.1.2 Pigmentler ( boyar maddeler ) ve dolgu maddeleri**

Boyalara renklerini veren ve bağlayıcı içinde çözünmeyen organik ve anorganik yapıdaki mikron büyüklüğündeki katı partiküllerdir. Boyaya renk veren ve yanı sıra opaklık özelliği kazandıran malzemelerdir. Ancak bu özelliklerin yanı sıra kullanılan pigment türüne ve kullanım amacına göre kuru film kalınlığının artması boyayı bir anlamda fiziksel olarak donatma, zararlı mor ötesi ışınları absorbe etme veya yansıtma, metal yüzeylerde korozyonu önleme ve boyanın dayanımını artırma gibi sonuçları da elde edilebilir. Pigmentlerin boyaya renk vermesi, güneş ışığının görülen renge ait ışınlarını yansıtmasına dayanan fiziksel bir olaydır. Pigmentler tabii, sentetik, organik ve inorganiktir. Kurşun ve çinko, boya pigmentlerine çok defa katılan maddelerdir. Ancak bunlar pulvarize edilmiş metaller olarak değil kurşun karbon, kurşun sülfat ve çinko oksit gibi kimyevi metal bileşikler olarak kullanılır. Beyaz kurşun ya saf kurşun karbon veya saf kurşun sülfattır. Umumiyetle metalin ilk boyanması için kullanılan kırmızı kurşun bir kurşun oksittir.

Esas olarak pigmentler sadece verilen renge göre tatbik edilir. Bugün pigmentlerin birçok dekorlarda tesiri arttırdığı bilinmektedir. Nadiren tek başına kullanılır. Çeşitli renklere göre pigment seçimi ve miktarının tayini özel bir sanattır [9].

Alttaki rengi muhafaza etmek için boyanın hassasiyetini ve gücünü saklama işi, kullanılan çeşitli pigmentlere göre çok fazla değişir. Umumiyetle koyu pigmentler, çok donuk olanlar, parlak pigmentlerden çok daha tesirlidir. Pigmentli boyanın sürülmesini kolaylaştıran yağın kırılma indeksi arasındaki fark, boyanın saklama gücünü geniş çapta tespit eder. Fark ne kadar çok olursa saklama gücü o kadar fazla olur.

Boyanın muhafaza gücüne tesir eden diğer bir faktör pigmentin tane büyüklüğüdür. Kullanılacak pigment ne kadar iyi olursa kullanıldığı boyanın muhafaza gücünde o kadar büyük olur. Keza boya filmde düzgünlüğünün temin edilebilmesi için iyi bir öğütmede mühimdir. Bu bilhassa, makinelerin emaye boyalarında çok aranan bir husustur. Ticari boya pigmentlerindeki (Şekil 2.5) ortalama tanecik boyutu 0,0001 ile 0,0006 milimetredir [4].



Şekil 2. 5 Boya pigmentlerinin görünümü [10]

Temel pigment çeşitlerine bakacak olursak:

**İnorganik Pigmentler:** Renk olarak donuk ve örtücüdürler, dış dayanımları iyi ve solvent dirençleri yüksektir, ucuzdurlar. Titantum dioksit, demir oksit, krom oksit, kurşun kromat sülfat molibdat inorganik pigmentlere örnek olarak verilebilir.

**Organik Pigmentler (Sentetik):** Yüksek parlaklık, renk şiddeti ve ışığa dayanım özellikleri vardır. Değişik örtücülük ve dışa dayanım gösterirken pahalı malzemelerdir. Azo, fitalosiyanin, vat, quinacridone organik pigmentlere örnektir.

**Metalik Pigmentler:** Yüksek örtücülük gösterip değişken irilik ve saflıktadırlar. Reflektör görevi yaparlar.

**Sedefsi (İnci) Pigmentler:** Metalik pigmentlere benzeyen bu pigmentlerin örtücülükleri daha düşüktür. Değişken irilik, ışıltı ve renklerde olmakla birlikte rötüşta renk tutma problemleri vardır. Şeffaftırlar. Mika bu tip pigmentlere örnek olarak gösterilebilir [6].

Bazı önemli pigmentleri detaylı inceleyecek olursak:

**TiO<sub>2</sub>:** TiO<sub>2</sub> kimyasal olarak 1791 yılında tanımlanmış olmasına rağmen, ticari olarak ilk TiO<sub>2</sub> pigment kullanımı 1916 yılında gerçekleştirilmiştir. TiO<sub>2</sub>'nin ergime noktası 1660 °C, özgül ağırlığı 4,2-4,5 civarındadır. En önemli mineralleri rutil (TiO<sub>2</sub>), ilmenit (FeTiO<sub>3</sub>) ve anataz'dır (TiO<sub>2</sub>). Bu minerallerden TiO<sub>2</sub>'nin, elde edilmesinin zorluğu ve üretiminin enerji yoğun bir işlem olması, fiyatının pahalı olmasına neden olmaktadır.

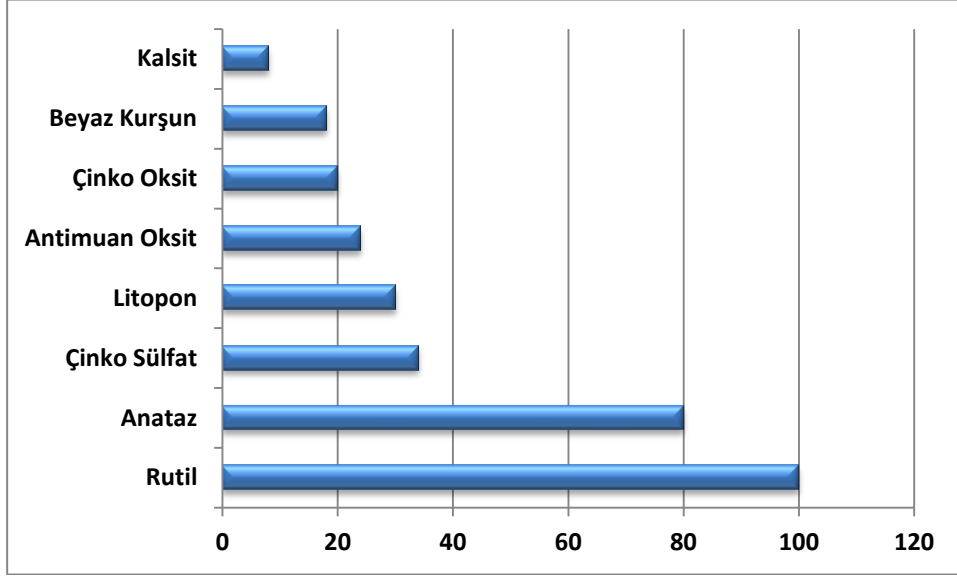
Rutil mineralinin kristal yapısı tetragonaldir. Sertliği 6-6,5 ve özgül ağırlığı 3,9-4,2-g/cm<sup>3</sup>'dür. Siyah, sarı, kahve ve kırmızı gibi farkı renklerde bulunabilmektedir. İlmenit'in kristal yapısı trigonaldir. Sertliği Moh's ölçeğine göre 5-6 ve özgül ağırlığı 4-4,5' g/cm<sup>3</sup>'dür. Rengi siyahtır. Metalik ve yarı metalik cilalıdır.

Rutil ve anataz TiO<sub>2</sub> aynı kimyasal formüle sahip olmalarına karşılık fiziksel özellikleri farklıdır. Anataz ticari olarak ilk kullanılmaya başlanılan TiO<sub>2</sub> türü olmasına rağmen, rutil, daha üstün optik performansı sayesinde daha fazla kullanılır hale gelmiştir.

Rutil, anataza göre daha yüksek kırılma indeksine dolayısıyla daha yüksek bir örtücülüğe sahiptir. Beyazlatma gücü ve dış etkenlere karşı dayanımı daha fazladır. Bu özelliklerinden dolayı rutil pigmenti, dış cephe boyalarında tercih edilirken anataz pigmenti ise iç cephe boyalarında kullanılmaktadır.

TiO<sub>2</sub>'nin en önemli özelliği 2,7 gibi yüksek bir kırılma indeksi değerine sahip olmasıdır. Şekil 2.6'da bazı malzemelerin kırılma indekslerine bağlı olarak değişen kapaticılık oranları görülmektedir. Boya dışında TiO<sub>2</sub>, kağıt, seramik, cam, uzay ve havacılık, tıp, askeri sanayi gibi pek çok alanda da kullanılmaktadır. Diğer beyaz renkli pigmentlere göre çok üstün beyazlatma ve kapaticılık özelliklerinden dolayı boya sektöründe kullanımı %25 oranındadır. Plastik sektöründe ise, %20 gibi bir payla, öncelikle kapı,

pencere, plastik boru ve dış cephe kaplamaları olmak üzere çok geniş kullanım alanları vardır [6].



Şekil 2. 6 Beyaz renkli pigmentlerin karşılaştırmalı örtücülük oranları [8]

Çinko sülfür ve baryum sülfat içeren bir karışım olan litopon (Şekil2.7), çinko oksit, çinko sülfat, antimuan oksit ve beyaz kursun, kullanımları çok daha az olan beyaz pigmentlerdir. Bunun dışında siyah, renkli ve organik pigmentler de boya üretiminde kullanılmaktadır.



Şekil 2. 7 Litopon görüntüsü [11]

TiO<sub>2</sub> ısı tepkimeleriyle bozulmaya uğrayabilir. Bu şekilde bozulma boyada tebeşirlenme olarak tabir edilen olumsuz bir etki yaratır. Bunu önlemek için TiO<sub>2</sub> yüzeyleri diğer oksitli bileşiklerle kaplanırlar. Bunun için çinko oksit, zirkonyum dioksit, alüminyum

veya silisyum dioksit kullanılabilir. Bu kaplamaların tebeşirlenmeyi önleme yanında kolay öğütme ve örtücülük gücünde artış gibi olumlu başka etkileri de bulunmaktadır.

Kalsit: Kimyasal yapısı  $\text{CaCO}_3$  olan bir mineraldir. Rombaeder, skalenöeder şeklinde kristallenebilir. Sertliği Moh's ölçeğine göre 3'tür ve kolay öğütülür. Kullanım oranları farklı tip boyalar için değişiklik göstermekte; bununla beraber su bazlı inşaat boya formülasyonlarına % 25-35 oranında girebilmektedir.

Genellikle sedimanter kayaçların içerisinde oluşur. Kalsiyum karbonat suda kolayca çözünmez iken kalsiyum bikarbonat suda çözülebilmektedir. Kalsit için üç önemli teknolojik proses uygulanmaktadır. Birincisi öğütme, ikincisi çöktürme ve sonuncusu ise kaplamadır. Öğütme kuru veya yaş olarak yapılabilmektedir. Eğer yaş öğütme gerçekleştirilmişse kalsit, nihai kullanım alanına pulp halinde nakledilmekte ve o şekilde kullanılmaktadır. Örneğin kağıt endüstrisi kullandığı kalsitin yaklaşık %80'ini pulp halinde temin etmektedir.

$\text{CaCO}_3$  kalsine edildiğinde  $\text{CO}_2$ 'i kaybederek  $\text{CaO}$  oluşturur. Oluşan kireç, su ile karıştırılarak sönmüş kireç veya kireç sütü elde edilir. Daha sonra çözeltiden  $\text{CO}_2$  gazı geçirilir veya çözelti  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ile reaksiyona sokulur. Bu şekilde elde edilen ürüne "Çöktürülmüş Kalsiyum Karbonat", "Precipitated Calcium Carbonate" (PCC) adı verilmektedir. Öğütülmüş kalsite göre çok daha saf olan bu malzemenin tane boyut dağılımının istenilen özelliklerde ayarlanması çok daha kolaydır. Boyalarda kabarma ve yüzmeyi önler. PCC stearik asit ile muamele edilirse hidrofobik bir yapı ortaya çıkar. Oluşan bu malzemeye kaplanmış  $\text{CaCO}_3$  denir. Polar olmayan sistemlerde kullanılırlar.

Kalsit boyada kullanılan ve fiyatı en ucuz olan dolgu maddelerindedir. Mikron altı boyutundaki kalsitler genellikle parlak boyalarda ve mürekkep yapımında kullanılırken, orta incelikteki kalsitler yarı mat iç cephe boyalarında ve iri boyutlu kalsitler ise astar boyalarda kullanılır. Reçine içinde dağılma derecesini artırmak için taneler rosin veya yağ asitleri ile kaplanabilmektedir. Kalsitin dış cephe boyalarında kullanımı yağmurla gelen sülfürik asitin kalsiyum sülfat oluşturacağı göz önüne alınırsa dikkatli olunması gereken bir durumdur.

Kalsine kaolen: Kalsine kaolenin asit ve baz direnci yüksektir. Bu yüzden özellikle dış cephe inşaat boyalarında, sanayi astar boyalarında yaygın olarak kullanılır. Kalsine

kaolen kâğıt ve boya sektöründe titanyum dioksit tüketimini azaltma amaçlı kullanılmaktadır. Kalsinasyon sıcaklığına bağlı olarak farklı tiplerde malzeme elde edilmektedir. Eğer kalsinasyon 650 °C'de yapılırsa metakaolen, 1050 °C'de mullit ve 1300 °C'de refrakter yapı oluşur. Metakaolen yüksek dielektrik kapasitesine ve iyi ısı direncine sahiptir. Mullit en yaygın kullanılan tipidir. Titanyum dioksit kullanımı, örtücülük ve parlaklıkta neredeyse hiç bir kayba uğramaksızın %20-40 oranında azaltılabilir. Aşındırıcılığının az olması bir diğer avantajıdır. Fiyatı TiO<sub>2</sub> fiyatının 1/5'idir. Kaolen doğal halde hidrofildir. Bu haliyle özellikle emülsiyon boyalarda kullanım alanı bulmuştur. Hidrofilik yapı bazı iyonların etkisiyle hidrofob veya organofilik yapıya geçmeye müsaittir.

Yapılan önceki çalışmalarda su bazlı bir boya reçetesinde, boya kalitesinde bir düşüş yaşanmadan %7,4 oranında TiO<sub>2</sub>'nin kalsine kaolen ve kalsit karışımı ile ikame edilebileceği görülmüştür

Talk: Talk (Şekil 2.8), boyada pigment çökmesini önemli oranda azaltabilir. Ayrıca boyadaki kabarcık oluşumu ve çatlamlar da talk kullanımı ile önlenmektedir. Özellikle dış cephe boyalarında talk kullanımı, bu özellikleri sebebiyle olumlu sonuçlar vermektedir [9].



Şekil 2. 8 Talk görüntüsü [12]

Talkın sahip olduğu yapraksı yapı, rutubetin metale geçmesini engelleyerek kullanıldığı boyanın korozyona karşı direncini de artırmış olur. Ayrıca talkın yapışma özellikleri de nispeten iyidir; bu yüzden dolgu ve astar boyalarında da kullanılır. Bununla beraber talkın tebeşirlenme ve küf tutması kalsitten daha fazla olduğu için, reçete içinde tek başına kullanılması sakıncalıdır.

Na-bentonit: Bentonit su ile karıştırıldığında koloidal özellik göstermesi, su içerisinde şişmesi, yüksek plastisite ve iyon değiştirme kapasitesine sahip olması gibi özellikleri nedeni ile; sondaj çamuru eldesinden, yemeklik yağların ağartılması, su-solvent bazlı reolojik katkı maddesi eldesi, atık suların temizlenmesi, kedi altlığı ve nem alıcı kil üretimi, hayvan yemi katkısı, nükleer atıkların depolanması, nanokompozit üretimine kadar uzanan geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

Montmorillonit'in (Şekil 2.9) kristal yapısına göre smektit grubundaki killerin teorik formülü;  $[Al_4Si_8O_{20}(OH)_4].nH_2O$  şeklindedir. Jeolojik zaman içerisinde tetraedral yapraktaki  $Si^{4+}$  yerine  $Al^{3+}$  ve oktaedral yapraktaki  $Al^{3+}$  yerine  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  veya  $Li^+$  iyonları gelebilir. İyon değişimleri, yapının elektriksel dengesinin bozulmasına ve pozitif yük noksanlığına neden olmaktadır ki bu pozitif yük noksanlığı birim tabakalar arasında alkali veya toprak alkali iyonların girmesi ile giderilmektedir.



Şekil 2. 9 Montmorillonit görüntüsü [13]

Negatif yüklü durumda olan bentonit esaslı kil mineralleri, yapılarını elektriksel bakımdan yüksüz duruma getirebilmek amacıyla;  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Al^{3+}$  gibi katyonları adsorplarlar. Bu katyonlar kilin temel Si-Al yapı ünitesinin dışında bulunurlar, zayıf elektriksel kuvvetlerle tutulurlar ve kil mineralinin bir çözelti içerisinde bulunması durumunda çözeltideki diğer bazı katyonlarla yer değiştirebilirler.

Kıvamlandırıcı killeri, boyaya tiksotropik özellik kazandırarak boyanın uygulama sonrası istenmeyen bir şekilde akmasını engeller. Ayrıca kıvam verici ve jel yapıcı bir katkı malzemesi olarak boya içerisindeki pigmentlerin çökmesini engeller. Bu özellikler hem su hem de solvent bazlı boyalar için geçerlidir. Ancak polar olmayan sistemlerde

kullanılabilmesi için doğal halde hidrofil olan yapısının, hidrofob yapıya dönüştürülmesi gerekmektedir. Kil ham veya aktive edilmiş olarak kullanılabilir.

Boya sanayi'nde kullanılacak bentonitin ise katyon değiştirme kapasitesinin yüksek yani kaliteli kil olması gerekmektedir. Killerin yan yüzeyleri OH gruplarınca zengindir. Bu grupların boya bağlayıcıları ile yaptıkları hidrojen bağı köprüleri sayesinde boyanın tiksotropik özelliği arttırılır [8].

### **2.1.3 Yardımcı pigmentler (extenders)**

Boya içine girildiğinde direkt örtücülük vermeyen fakat diğer bazı özellikler (yoğunluk, matlık verme vs.) kazandıran maddelerdir [4].

### **2.1.4 Katkı maddeleri**

Boyanın yoğunluk yüzey düzgünlüğü, matlığı, maliyeti gibi unsurları ayarlamak amacıyla boya içine girilen katı maddelerdir [4].

Islatıcılar, dağıtıcılar, reoloji düzenleyiciler, köpük gidericiler, film oluşturucular, pH ayarlayıcılar boyada kullanılan katkı maddelerine örnek olarak verilebilir. Islatıcılar yüzey gerilimini düşüren yüzey aktif maddelerdir. Bu sayede pigmentlerin su bazlı sistemlerde daha rahat homojenize olması sağlanır. Islatıcı ve dağıtıcılar anyonik, katyonik ve nötr elektrik olarak sınıflandırılabilirler. Boya ve kaplama sistemlerinde ıslatıcı ajan olarak genellikle noniyonik ve anyonik yüzey aktif maddeler kullanılır. Katyonik maddelerin kullanımı ise kısıtlıdır. Noniyonik yüzey aktif maddeler içerisinde, alkil fenol etoksilatlar, yağ asidi etoksilatlar, asetilenik glikoller ve bunların etoksilat türevleri sayılabilir.

Anyonik yüzey aktif maddelere örnek olarak ise sülfonatlar, karboksilatlar, fosfatlar, sodyum alkil sülfonatlar verilebilir. Islatıcı ajanlar, sterik bariyer sayesinde belli bir derece dispersiyon sağlayabilirler. Ancak nispeten küçük molekül ağırlıkları dolayısıyla sağladıkları bu dispersiyon sınırlıdır. Anyonik ıslatıcı ajanlar yüklerini adsorbe oldukları tane yüzeyine aktarabilirler, ancak çoğu zaman bu yük yeterli derecede elektrostatik itme kuvvetinin sağlanmasına olanak verecek düzeyde değildir. Aynı zamanda

boya/hava ve boya/uygulama yüzeyi gibi yerlerde yoğunlaşarak köpük ve zayıf adezyona sebep olabilirler.

Tanelerin boya içerisinde dağılabilmesi için, bağlayıcı veya boya sıvısının yüzey gerilim değerlerinin, pigment veya dolgu maddelerinin yüzey geriliminden daima daha az olması gerekmektedir. Suyun yüzey geriliminin 72 mN/m, birçok bağlayıcının 35-45 mN/m ve boya tanelerinin 50-90 mN/m olduğu düşünüldüğü zaman, özellikle su bazlı boyalarda ıslatıcı ajan kullanımının zorunlu olduğu görülmektedir.

Polisiloksan gibi uygun silikon katkıları portakal kabuğu görünümü, çatlama, köpürme gibi fiziksel kusurların oluşmasını önler. Eğer boyanmış yüzeyin içerisine yüzey gerilimi farklı bir damla veya farklı bir boya tabakası gelirse boya içerisinde krater şeklinde boşluklar oluşabilir. Yüzey gerilim farklılığı 1-2 mN/m dahi olsa bu oluşumlar gözlenebilmektedir. Düşük yüzey alanlı bölgeden yüksek yüzey alanına sahip bölgeye doğru oluşacak akış bu kraterleri oluşturmaktadır. Silikon katkısı yüzey gerilimi farklılığını ortadan kaldırarak krater oluşumunu engellemektedir.

Mineral yağlar veya silikonlar köpük kesiciler olarak kullanılabilir. Tipik bir mineral yağın %80'i taşıyıcı yağ, %15'i hidrofobik tane ve %5'i emülsifiye edici ajanlardan oluşmaktadır. Hidrofobik taneler köpük tabakaları arasına taşınarak buradaki kohezif kuvvetlerin azalmasına ve köpüğün stabilizasyonunun bozulmasına sebep olmaktadır.

Selülozdan üretilmiş olan hidroksi etil selüloz su bazlı boyalarda yaygın olarak kullanılan noniyonik bir polimerdir. Boya viskozitesini kontrol etmesinin yanı sıra boyaya fiziksel ve mekanik katkısı da bulunmaktadır. Lateks boyalarda ise hidrofobik olarak modifiye edilmiş hidroksi etil selüloz kullanılmaktadır.

Boya sistemlerinde kullanılan en yaygın dağıtıcılar molekül ağırlıkları 1.000 ve 20.000 g/mol arasında değişen poliakrilik veya polimetakrilik asit türevleridir. Bu maddeler suda çözünürlüklerinin sağlanması için amonyum, sodyum veya potasyum hidroksit ile nötralize edilir. Bazı yeni türler organik amin türevleri ile nötralize edilmektedir. Bununla beraber, sodyum ve potasyum poliakrilatlar çok yüksek su direncinin istendiği kaplama uygulamalarında kullanılamazlar. Bunun nedeni sodyum veya potasyum iyonlarının kurumuş boya filmi içerisinde kalması ve su hassasiyeti yaratmasıdır. Sonuç olarak amonyum poliakrilat kullanımı daha iyi su direnci sağlamaktadır.

Poliakrilik asit türevlerine ek olarak diğ er bazı polikarboksilik polimerler (maleik asit, suda ç özünebilen monomerlerle (polietilen glikol akrilat) veya suda ç özünmeyen monomerlerle (stirenle birlikte fümarik asit) boya ve kaplama sistemlerinde dispersan olarak kullanılabilir.

Dağı tıcılar su bazlı boyalarda inorganik pigment ve dolgu maddeleri için mükemmel bir elektrostatik stabilizasyon sağ larlar ancak katı sıvı ara yüzeyindeki (tane/bağ layıcı+tane/su) yüzey gerilimini düş üremezler. Bu sebeple su bazlı boya sistemlerinde dağı tıcı ve ıslatıcı ajanların bir arada kullanımı zorunludur [8].

### **2.1.5 Kimyasal ajanlar**

Boyaya düşük oranlarda girildiğ i halde boya üretimi, boya kürlenmesi veya boyanın depolanması ve uygulanması sırasında boyaya önemli özellikler kazandıran dispers ediciler, ıslatıcılar, pigment yüzmesini önleyiciler, düzgün yayılmayı sağ layıcılar, ç ökme önleyiciler, köpük kesiciler, akış kanlığı kontrol ediciler, kabuk önleyiciler, sarkma önleyiciler, kurutucular, matlaşt ırıcılar, fungusitler (küf ve bakteri önleyiciler), kayganlaşt ırıcılar, elektrik direncini azaltan katkılar, UV sararması önleyiciler, katalistler vs kimyasallardır.

### **2.1.6 Solventler ve incelticiler**

Boya üretimi ve uygulaması sırasında bağ layıcıya ve boyaya uygun bir uygulama kıvamı (viskozite) sağ layarak boya içindeki diğ er bileş iklerin homojen bir faz oluşt urması amacıyla boyaya ilave edilen sıvı malzemelerdir. Bunlar uygulama sonrası bağ layıcı, pigmenti koruyucu ve dekoratif bir film halinde bırakarak boyanın uygulandığ ı yüzeyden buharlaş ararak yüzeyi terk ederler. Bu malzemeler boya akış kanlığ ının istenilen seviyeye getirilmesi ve uygulamayı kolaylaşt ırmak için kullanılır. Emülsiyon esaslı boyalar dış ındaki boyalar genellikle kullanıma uygun kıvamda hazırlanmıştır. Ancak gerekli hallerde uygun tür malzemelerle inceltilebilirler. İnceltme iş lemi gerekli hallerde yüzeye daha iyi nüfuz etmesini sağ layabileceğ i gibi püskürtme yönteminin kullanıldığ ı hallerde de boya kalınlığ ının, viskozitesinin ayarlanmasında da yararlanılmaktadır. Emülsiyon esaslı boyalarda ise inceltmesi ile olmaktadır.

İnceltmenin fazla yapılması, boyanın opaklığı, örtücülüğü ve diğer özellikleri üzerinde olumsuz sonuçlar doğurur. İnceltmenin yapılmasının gerektiği hallerde boya üreticisinin tavsiyeleri doğrultusunda önerilen uygun incelticilerin kullanılması gereklidir.

Mineral ispirto ve türbentin, normal yağ ve vernik boyalar için tiner olarak kullanılır. Kokusuz deoresinous boyalar için inceltici olarak kokusuz madeni ispirto kullanılır. Ksilol, soğuk tatbikli katran-zift boyları için tinerdir. Sarı vernik reçinesi tineri alkoller, ketonlar asetatlar ve sık sık damıtılmış katran gibi solventlerin karışımıdır. Su, çimento boya, badana ve sulu boyalar için tinerdir.

Bezir yağı da tiner olarak, bilhassa harici ağaç boyların ilk astarlarında faydalıdır. Gerek ham yağ ve gerekse kaynatılmış yağ bu gaye için kullanılır. Atmosferik şartların ham yağın geç kurummasına sebep olması halinde kaynatılmış yağ kullanılması tercih edilir.

Solventlerin çeşitli boylarda kullanılması için şu özelliklere dikkat edilir.

1- Çözünürlük gücü

2- Buharlaşma hızı

3- Kaynama noktası

4- Alevlenme noktası

5- Kokusu

6- Toksinite

7- Korozyon

8- Fiyatı [3]

Boylarda çözücü kullanımının amacı boyanın üretimi, depolanması ve uygulanabilmesi için gerekli olan viskozite değerinin ayarlanması ve düzgün bir film oluşmasını sağlamaktır. Kullanılan çözücüler genellikle uçucu organik sıvılardır ve uygulama sonunda film tabakasından tamamı ile uzaklaşırlar.

Toluen, ksilen gibi aromatik hidrokarbonlar, heptan, benzin, white spirit gibi alifatik hidrokarbonlar, metanol, etanol, izobütanol, amil alkol gibi alkol türevleri, metil asetat,

etil asetat ve metil propiyonat gibi esterler, aseton, hekzanon, diaseton alkol gibi ketonlar, metil glikol, etil glikol, butil glikol gibi glikol esterler, metil glikol asetat, bütülglikol asetat gibi glikol eter esterleri, dipentene-n, depanol gibi terpenler ve tabii ki su, organik kaplamalarda çözücü olarak kullanılan malzemelere verilebilecek bazı örneklerdir [8].

## 2.2 Boyalarda Kullanılan Bazı Tanımlar

**Kuruma:** Boyaların sıvı veya pasta halinden katı hale geçme olayına kuruma; bu iş için geçen zamana ise kuruma zamanı denir. Otomotiv boyalarında genellikle ilk önce solvent buharlaşarak yüzeyden uzaklaşır daha sonra ise boya filmi atmosferden oksijen emerek sertleşme sürecine girer. Boyalar hemen kurumuş gözükseler de kimyasal setleşme dediğimiz tam kürlenme süresini en az 72 saatte tamamlar.

Boyalar kurumalarına göre;

- 1- Hava oksidasyonu ile kuruyan boyalar (Kuruyan yağlarla yapılmış sentetik boya sistemleri)
- 2- Solvent uçması ile kuruyan boyalar (Selülozik boyalar)
- 3- Kimyasal reaksiyon ile kuruyan boyalar (Çift komponentli boya sistemleri - Akrilik, Poliüretan, Epoksi, Polyester vs.)
- 4- Isı ile kuruyan boyalar (Alkid Melamin sistemler - Fırın kurumalı boyalar, Elektrostatik toz boyalar) vs olmak üzere çeşitli tiplere ayrılabilirler.

**Viskozite:** Akışkanların akmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanır. Boya cinslerine ve bağlayıcı tiplerine bağlı olarak değişik viskozite bakma yöntemleri vardır. Viskozite belirlenirken sıcaklık ile viskozite arasındaki ilişki çok önemli olup boyanın kalitesine direkt etki eder.

**Sertlik:** Boyaların iz ve çizilmeye karşı olan dirençleridir.

**Parlaklık:** Işığın yüzey tarafından absorbe edilmeyen kısmının yansımasıdır. Bakış açısına göre değişir.

- 1- Çok parlak boyalar 85 gloss ve üstü

2- Parlak boyalar 70 - 85 gloss

3- Yarı parlak boyalar 30 - 70 gloss

4- Yarı mat boyalar 6 - 30 gloss

5- Mat boyalar 0 - 6 gloss

Renk: Maddeler üzerilerine düşen beyaz ışık hüzmesindeki ışıklardan frekansları kendi elektron titreşim frekanslarına uygun olanı absorbe eder kalanı yansıtır. Yansıyan o maddenin rengidir.

Örtme gücü: Boyanın tatbik edildiği yüzeyi tam olarak kapatabilme yeteneğidir.

Esneklik: Boya filminin boyanan yüzeyin eğilmesi ve bükülmesi halinde çatlama, kırılma ve kopma olmamasıdır.

Yapışma: Boya ile boyanan yüzey arasındaki çekme kuvveti ve yüzeyin pürüzlülüğü sayesinde oluşan film tabakasının yüzeyde tutunması. İyi bir yapışma için yüzeyin yağsız, passız, toz ve kirlere iyice temizlenmiş olması gerekmektedir.

Kanama: Kuru film üzerine boya tatbikinde boya filmine pigment ve bağlayıcı transferinden dolayı meydana gelen görünümüdür.

Reoloji ve boya: Boyanın üretim aşamasından, uygulama aşamasına kadar geçirdiği tüm süreçlerde ve boya kalitesinin belirlenmesinde reolojik özellikler son derece etkilidir.

Boyanın rahat proses edilebilirliği (pompalanabilirlik, disperse edilebilirlik..vb.), kararlı bir şekilde depolanabilir olması, uygulama sırasında gerekli akışkanlıkta olurken uygulama sonrası istenilen ölçüde yayılması, kürlenme sonrasında da beklenen kuru film özelliklerine sahip olması gerekir. Bütün bu süreçleri sağlıklı yönetebilmek için boyanın reolojik davranışına ve yapısal özelliklerinin anlaşılmasına ihtiyaç vardır.

Bunu yapabilmek için birçok analiz tekniği bulunmakla beraber; malzemenin yapısal özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyebilmemize olanak sağlayan teknik, salınımlı reolojik test tekniğidir.

Yüzey gerilimi: Yüzey enerjisi, yüzeydeki moleküllerin, sıvı yığınındaki moleküllere göre daha fazla olan serbest enerjileridir. Tüm maddelerin yüzey enerjileri (2.1), bunların bir birim yüzey alanı oluşturmaları için gerekli işe eşdeğerdir.

$$\text{Toplam Yüzey Serbest Enerjisi}=\gamma\times A \quad (2.1)$$

$\gamma$ :Yüzey gerilimi

A: Yüzey büyüklüğü

Termodinamiğin 2. Yasasından yapılan çıkarımlarla şu denge kuralı türetilir: Kapalı bir sistem için en kararlı konum, yani denge konumu, o sistem için mümkün olan en düşük enerjili konumdur.

Farklı yüzey gerilimlerinde iki yaş boyayı ele alırsak, bunların film oluşturma sürecinde aynı ölçüde düşük bir yüzey serbest enerjisine sahip olmaları için, yüzey gerilimleriyle ters orantılı büyüklükteki yüzey alanlarına sahip olmaları gerekecektir. Yani ,  $\gamma_B > \gamma_K$  ise  $\gamma_B \times AB = \gamma_K \times AK$  olması için  $AB < AK$  olması gerekecektir. Başka bir deyişle, yüzey gerilimi daha düşük olan boya, daha geniş yüzeyleri tolere edebilecektir. İki boyanın da aynı toplam yüzey alanına, A, sahip birer film oluşturmaları durumunda düşük yüzey gerilimine sahip olan örnek, daha kararlı bir yapıya sahip olacaktır.

Daha yüksek yüzey gerilimine sahip olan örneğin de diğeri kadar kararlı olması ancak sahip olduğu yüzeyin azalmasıyla mümkündür. Boya dilinde bunun adı “ yüzeyden kaçma “ veya “ıslatamama” dır.

Yüzey aktif maddeler: Boya endüstrisinde özellikle de son zamanlarda hızla gelişen sulu sistemlerde yüzey aktif maddeler suyun yüksek yüzey geriliminden dolayı kullanılmaktadır. Yüksek yüzey gerilimi nedeniyle boya içeriğindeki maddelerden özellikle pigment ve dolgular gibi katı maddelerin su tarafından mükemmel bir şekilde ıslatılması gerekmektedir. Bu da ancak yüzey aktif maddelerin kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Yüzey aktif maddeler su ile katı ara yüzeyinde birikerek su molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını zayıflatarak moleküllerin katıların küçük girinti çıkıntılarına kolayca nüfuz etmesine yardımcı olmaktadır [4].

### 2.3 Boya Üretimi

Boya üretimi önceki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılan hammaddelerin uygun bir öğütücü içerisinde homojen bir şekilde karıştırılmasını içermektedir. Günümüzde bunun için dikey veya yatay boncuk değirmenleri ve yüksek hızlı karıştırıcı kazanlar

kullanılmaktadır. Su bazlı boyalar için karıştırıcı kazanlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

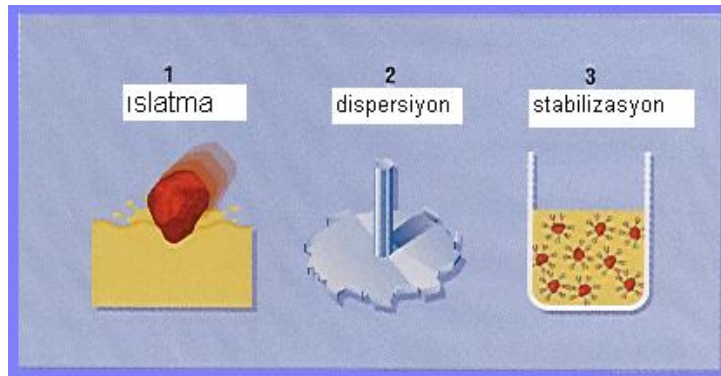
Boya üretimi için, karıştırıcı kazan içerisine her bir hammadde belirli bir sıra ile kademeli olarak katılır. Birinci aşamada su ve ıslatıcı, köpük kesici gibi bazı yüzey aktif maddeler katılmaktadır. Karıştırma hızı yaklaşık 5-8 m/s civarındadır. Bu aşamada pigment dispersiyonu için uygun bir ortam yaratılır. Mineral tanelerinin eklendiği sonraki aşama dispers formülasyonu ya da “mill base” olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamada mineral taneleri en inceden en iri boyutlu doğru kademeli olarak katılıp karıştırılmaktadır. Homojen bir dağılma için karıştırma çevresel hızının 20 m/s civarında olması gerekmektedir. Son aşama ise “let down” olarak adlandırılır ve bu aşamada bağlayıcı ve bazı katkı maddeleri eklenerek, karışım yine 5-8 m/s gibi nispeten düşük bir hızla karıştırılarak boya üretimi tamamlanır.

Pigment ve dolgu maddeleri sıvı ve bağlayıcı içerisinde homojen bir şekilde dağılmalıdır. Dispersiyon aşaması, örtücülük, parlaklık ve renk gibi bazı önemli boya özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu hammaddelerin homojen bir şekilde dağıtılamaması boyanın performansını kötü etkilediği gibi, en pahalı hammaddelerden bir tanesi olan  $TiO_2$ 'in de kullanım veriminin düşmesine, dolayısıyla boya üretim maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

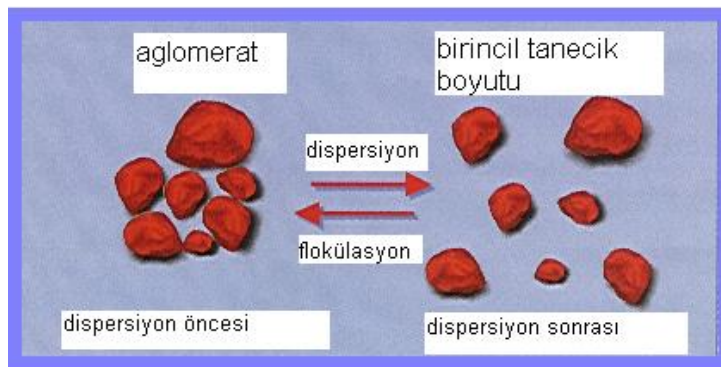
Dispersiyon prosesi 3 ana aşamadan meydana gelir. Birincisi pigment ve dolgu maddelerinin ıslatılmasıdır. Bu aşamada tane ara yüzey ilişkisi, katı/hava ara yüzeyinden, katı/sıvı ara yüzeyine geçer. Tanelerin belirli oranda ıslatılmasının ardından floklar, aglomeratlar ve agregatlar mekanik bir kuvvetin uygulanması (yüksek hızlı karıştırıcı) neticesinde daha küçük tanelere ayrılırlar. Yüksek hızlı karıştırıcıların dağıtma aşaması için optimum çevresel hızı 20 m/s civarındadır.

Dispersiyonun son aşaması ise dispersiyonun stabilitesidir. Tipik bir dispersiyon sisteminde “Brownian” hareketi sonucu küçük taneler arasında devamlı bir çarpışma meydana gelmektedir. Bu çarpışma dispersiyonun stabilizasyon eksikliği ile beraber tekrar flokülasyona sebep olabilir. Bu üç aşamayı gösteren şematik resim Şekil 2.10'da görülmektedir.

Taneler arasında bazı itici ve çekici kuvvetler bulunmaktadır. Çekici kuvvetler; taneler arasındaki dipollerin etkileşimi neticesinde oluşan Van der Waals kuvvetleri, polimer köprüleri, hidrojen bağları, elektrostatik çekici kuvvetlerdir. İtici kuvvetler ise yüklü taneler arasındaki elektrostatik itici kuvvetler ve örneğin tane üzerine adsorplanmış polimer tabakaları arasında oluşan sterik itici kuvvetlerdir. Herhangi bir sistem içerisinde bulunan elemanlar mümkün olan en düşük enerji seviyesinde kalmak isterler. Bu davranış boya gibi sistemlerde flokülasyona sebep olmaktadır (Şekil 2.11). Sterik bariyer ve elektrostatik itme dispersiyonun tekrar floküle olmasını engelleyebilir. Uzun zincirli katkı maddesi tane yüzeylerine adsorbe olarak disperse olmuş tanelerin tekrar flokülasyonunu engeller. Katkı maddesi ne kadar düz ve uzun bir zincire sahipse sağlayacağı stabilizasyon da o kadar yüksek olacaktır. Sistemin polarizasyonunun artması durumunda katkı maddesinin etkisi azalır. Bununla beraber sistemin polarizasyonu ne kadar yüksekse elektrostatik itme tarafından sağlanan stabilizasyon da o derecede kuvvetli olacaktır. Film oluşumu sırasındaki buharlaşma sonucu sistemin polaritesi değişecek, dolayısıyla boya içerisindeki tanelerin dispersiyon stabilizasyonu da etkilenecektir [3].



Şekil 2. 10 Boya üretiminde ıslatma-dispersiyon ve stabilizasyon aşamaları [7]



Şekil 2. 11 Flokülasyon ve dispersiyon durumu [7]

Dispersiyon katkı maddeleri tanelerin elektrik yüklerini modifiye edebildikleri gibi sterik bariyer de yaratabilirler. Aynı zamanda taneler üzerine polimer adsorpsiyonunu kolaylaştırıp aglomerasyon veya flokülasyona karşı bir rol oynarlar.

Üzerine dağıtıcı polimer adsorplanmış olan taneler birbirlerine yaklaştıkları zaman polimer zincirleri hareket kabiliyetlerinin veya serbestliklerinin bir kısmını kaybetmektedirler. Bu kayıp sistemin entropisinde bir düşüşe sebep olmaktadır. Sistem entropisindeki bu düşüş ise itme kuvvetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu şekildeki stabilizasyona sterik veya entropik stabilizasyon denilmektedir [9].

#### **2.4 Boya Kuruma Mekanizması**

Genel olarak boyaların kurutulmasında solvent evaporasyonu ile kuruma ve kimyasal reaksiyon ile kuruma yöntemleri uygulanır.

Solvent evaporasyonu ile kuruma: Boya, ihtiva ettiği uçucu sıvıların (solvent) buharlaşması ve polimerleşme ile kurur. Solvent içinde çözünmüş hâlde bulunan lineer polimer, solvent uçunca bir film oluşturur. Selülozik boyalan ve PVA bazlı emülsiyonları örnek olarak gösterebiliriz. Bu çeşit boyalar film meydana getirdikten sonra ihtiva ettikleri solvent karışımı ile temas ettikleri zaman tekrar çözünebilirler. Fırınlama film oluşumunu hızlandırır.

Solvent Buharlaşmasıyla Film Oluşturan Tipik Reçineler:

- Selülozik
- Klor Kauçuk
- Vinil
- Emülsiyon
- Bitümlü

Kimyasal reaksiyon ile kuruma: Boya üretiminde kullanılan bağlayıcılar çapraz bağ yapma özelliğine sahip ise boya filmine sağlamlık ve sertlik kazandırılır. Sertleşen boya filmi kendi solventi ile tekrar çözünmez. Bu durumda boyanın performansı yükselir veya azalır. Kimyasal reaksiyon ile kurumayı iki farklı yöntemle yapabiliriz:

- Oksidasyon polimerizasyonu

#### Polimerizasyon

- Oksidasyon Polimerizasyonu:

#### Oksidatif Boyalar

- Çift bağlara sahip yağ asitlerinin oksijen ile reaksiyonu
- Film oluşumu uzun zaman alır
- Fırınlama sadece çözügen uçuşunu hızlandırır
- Uygulama kolaylığı
- Düşük maliyet
- Zayıf kimyasal ve su direnci
- Antikorozyf pigment kullanımı ile iyi korozyon direnci

Bu tür kimyasal reaksiyon; doymamış, kuruyan yağlardan yapılmış bağlayıcılar ile havanın oksijeni arasında olur. RH yağ asidi ester olarak kabul edildiğinde; hidroperoksit olur.

Hidroperoksit stabil olmadığından iki serbest radikale ayrışır. Bunlardan biri hidroksildir. Diğer bir ester molekülü diğer serbest hidroksil radikali ile birleşebilir ve alkali radikali oluşturur. Aynı zamanda başka bir ester molekülü diğer serbest radikalle reaksiyona girebilir. Boyanın kuruması esnasında serbest radikaller oluşur. Bu radikaller yağdaki konjuge ve izole bağların bulunduğu karbondaki gerçekleşir. Bu şekilde birleşen moleküller, gittikçe büyüyerek polimer meydana getirirler.

Reaksiyon başladıktan bir müddet sonra peroksit ve hidroperoksit miktarı maksimuma ulaşır ve sonra düşmeye başlar. Oksijen miktarı boya filmi üzerinde fazladır. Polimerizasyon başlar ve viskozite kuru bir film tabakası teşekkül edene kadar yükselir. Oksijen konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle ilk kuruma yüzeyde olur. Oksijen içlere nüfuz ettikçe iç taraflarda kurumaya başlar. Bağlayıcı ağırlığının hemen hemen % 10–12'si kadar oksijen absorbe edilir. Bu şekilde kuruyan boyalarda kullanılan

kurutucuların esas fonksiyonu katalitiktir ve iki yönde etki eder. Oksijenin boya filmine geçişini etkiler. Peroksitlerin serbest radikallere dönüşümünü hızlandırır.

Kobalt ve mangan naftanat gibi kurutucular ise her iki fonksiyonu da gösterirler ve bunlara primer kurutucular denir. Kurşun naftanat ise sadece oksijen geçişini hızlandırır. Bu çeşit kurutuculara da sekonder kurutucular denir. Kalsiyum naftanat da bu gruba girer [15].

Polimerizasyon:

- Film oluşumu kimyasal reaksiyon ile gerçekleşir.
- Oda sıcaklığında yeterince sert ve kalıcı film oluşmaz.
- Sertlik, fiziksel ve kimyasal direnç için çapraz bağlanma gerekir [8].

Bazı boya bağlayıcılarının polimerizasyonu yüksek sıcaklıklarda olur. Bu çeşit boyalara fırın boyalar denir. Polimerizasyonun olabilmesi için sıcaklığın, boya cinsine göre 90-200 °C' ye yükseltilmesi gerekir. Buna malenin formaldehit ihtiva eden boyaları örnek verebiliriz. Diğer taraftan normal sıcaklıkta katılma polimerizasyonu ile kuruyan boyalar da mevcuttur. Bunlar çift veya üç komponentli boyalardır. Kullanılmadan önce karıştırılır.

Bunlara örnek olarak Epoksi- Poliamid sistemleri verebiliriz. Bütün koruma çeşitlerinde ortak olan ve kurumaya etken olan diğer faktörler boya filminin kalınlığı, tatbik edilen yüzeyin cinsi, rutubet, sıcaklık ve ışıktır [14].

Katılma polimerizasyonu

- Reaksiyon sonucu yarı ürün oluşmaz
- Bu tip polimerizasyona örnek olarak 2K (2 Komponentli) sistemler verilebilir.
- Oda sıcaklığında dahi reaksiyon gerçekleşir
- Sınırlı kullanım süresi [5]

## 2.5 Boya Çeşitleri

Boyalar genel olarak dört ayrı çeşitte sınıflandırılabilir.

Kurutma methoduna göre:

1. Fiziksel kurumalı boyalar (Ör: Fırın kurumalı boyalar)
2. Kimyasal kurumalı boyalar (Ör: Serleştirici girilerek kurutulan boyalar)

Kimyasal kurumalı boyalar kendi içerisinde hava kurumalı ve fırın kurumalı (Çizelge 2.3) olarak iki kategoriye ayrılırlar.

Çizelge 2. 3 Fırın kurumalı ve hava kurumalı boyaların karşılaştırılması [7]

|                      | Fırın Kurumalı Boyalar |                        |                      | Hava Kurumalı Boyalar |                     |
|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Özellik              | Alkid-Amino Parlak     | Polyester-Amino Parlak | Akrilik-Amino Parlak | Antikorozyf Alkid     | 2 K Epoksi          |
| Parlaklık            | İstenilen parlaklık    | İstenilen parlaklık    | İstenilen parlaklık  | İstenilen parlaklık   | İstenilen parlaklık |
| Elastikiyet          | ++                     | ++                     | +                    | ++                    | ++                  |
| Kimyasal Direnç      | +                      | ++                     | ++                   | +                     | ++                  |
| Su Direnci           | +                      | ++                     | ++                   | ++                    | +++                 |
| Korozyon Direnci     | +                      | +                      | +                    | +++                   | +++                 |
| UV – Con             | 7                      | 8                      | 10                   | 6                     | 5                   |
| Dış (solma) Dayanımı | 8                      | 10                     | 10                   | 7                     | 5                   |
| Uygulama Kolaylığı   | ++                     | +                      | +                    | +++                   | +                   |
| Fiyat / Kg           | 125                    | 157                    | 150                  | 100                   | 136                 |

Özelliklerine göre:

1. İnşaat boyları
2. Uçak boyları
3. Ahşap boyları
4. Zemin boyları
5. Gemi boyları
6. Sanat boyları
7. Gıda boyları
8. Oto boyları
9. İşaretleme boyları (Ör:trafik levhaları)

Çevreye olan etkisine göre:

1. Su bazlı boylar
2. Solvent bazlı boylar

Reçinesine göre:

1. Selülozik boylar
2. Akrilik boylar
3. Epoxy Boyalar
4. Sentetik Boyalar
5. Alkid Boyalar
6. Poliüretan Boyalar
7. Isıya Dayanıklı Boyalar
8. Fırın Kurumalı Boyalar
9. Nem Kùrlenmeli Boyalar [16]

Kullanılacak boyların TSE standartlarına uygun olması istenmektedir. Su bazlı boylarda TS 5808'e, sentetik boya ve verniklerin TS 39'a, dış cephe hazır sıvalarının ve

boyalarının TS 7847'ye uygun olması gerekir [14].

## **2.6 Elektrik İletkenliğe Sahip Boya**

Dünya nüfusunundaki artış, küreselleşme sonucu artan ticaret olanakları, sanayileşme doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA), mevcut enerji politikaları ve enerji arzı tercihlerinin devam etmesi durumunda dünya birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artacağını belirlemiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke ayrıca, 2000 yılından bu yana elektrik ve doğalgazda Çin'den sonra en fazla talep artışına sahip ikinci büyük ekonomi konumundadır. Bu nedenle enerji sektörü, ülkelerimizin kalkınma politikaları içinde hayati önem taşıyan stratejik bir konumdadır.

Yüksek talep artışının karşılanması, yeterli yatırım yapılması ve ekonomik verimliliğin artırılması için, ülkemizde 2000 yılı sonrasında enerji sektöründe yeni bir yapılanmaya gidilmiştir. Ayrıca yasal düzenlemeler de getirilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmıştır. Ayrıca 2008 yılında, 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve 2010 yılında 27778 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliği yürürlüğe girmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ülkemizin artan enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılayabilmek amacıyla uzun vadeli planlama çalışmalarında Cumhuriyetimizin yüzüncü yılı olan 2023 yılında; enerji verimliliğinde AB düzeyine gelecek şekilde hızlı ve sürekli gelişme sağlamayı öncelikli hedefleri arasına almıştır [1].

Ülkemizde binalarda enerjinin etkin kullanılması ile yerel kaynakların korunması, ithal enerji talebinin düşürülmesi ve buna bağlı olarak daha az yakıt tüketilmesi ile zararlı emisyonların çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), yaşam kalitesinin yükseltilmesi hedefi doğrultusunda, 2023 yılına kadar belirlediği ulusal bilim ve teknoloji politikalarında teknolojik öncelikli faaliyet konuları arasına, "gereksinim duyulan enerjinin güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üretilmesi ve

kullanılmasını” da almıştır [2]. Çevreye duyarlı ve enerji verimliliği sağlayan yapı malzemelerinin kullanılmasıyla, ülkemizin son dört yıldır üzerinde oldukça fazla durduğu binalarda enerji verimliliği ve 2009 yılında Türkiye’nin de taraf olduğu Kyoto Protokolü ile sorumlu olduğu CO<sub>2</sub> salımının azaltılması, gerçekleştirilebilecek bir hedeftir haline gelecektir. Bu hedefler doğrultusunda ülkemizde tüketilen enerjinin yaklaşık üçte biri binalarda; özellikle ısınma giderlerinde, aydınlatma ve elektrikli cihazların çalıştırılması amacıyla kullanıldığı düşünüldüğünde ısınma giderleri enerjinin büyük bir kısmını tüketmektedir. Bu yönde yapılacak çalışmalar sadece bireylerin ısınmasını karşılamayıp aynı zamanda enerji gereksinimlerinin sağlanması için kullanılan petrol, kömür ve doğalgazın daha az kullanılmasına olanak sağlayarak hem dışa bağımlılığı azaltacak hem de ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlayacaktır.

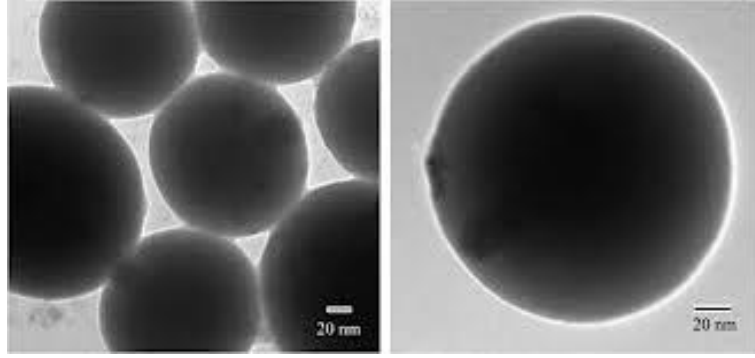
Elektrik iletkenliğe sahip boya üretimi fikri bu noktadan doğmuş olup hedef düşük enerji sarfiyatı ile konforlu ve sağlıklı ısıtma sağlanmasıdır.

Literatürde elektrik iletkenliğine sahip dolgu malzemelerine en çok inorganik oksitlerin tabaka formunda kullanımı şeklinde rastlanmıştır. Tabaka formunda en sık rastlanan örnek de üç boyutta dağılımı aynı formda olan metal oksitler ve onların üzerine antimon dopantlı kalay oksit kaplanmış formudur [14].

Metal oksit pigmentleri ilk olarak titanyum dioksitin üzerine kaplanması ile 1940’lı yıllarda başlamış, ilk ticari uygulamaları 1960’lara kadar uzanmış ve sonrasında gelişim kaydetmiştir. Zamanla silisyum dioksit, demir oksit, grafit, karbon siyahı gibi malzemeler tek başına ve birden fazla katmanlı şekilde uygulanmıştır [15].

Bu bulgulara ek olarak iletken dolgu malzemeleri ile iletken olmayan silisyum dioksit parçacıklarının birlikte kullanımının, tek başına iletken dolgu malzemesinin kullanıldığı sistemlerden daha iyi iletkenlik özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir [16].

Yüzeyi kalay, antimon oksit ve titanyum dioksit ile kaplanmış metal oksit parçacıkları dolgu malzemesi olarak kullanılmış, akrilik reçine bağlayıcı olarak kullanılmış su bazlı boya sistemleri oluşturulmuştur. Malzeme yüzündeki metal oksitlerin belirli bir elektrik akımı altında ışınım yapma özelliği uygun reçine sistemi kullanılarak, akışkan veya yarı-akışkan malzeme formuna adapte edilmiştir [3].



Şekil 2. 12 TiO<sub>2</sub> kaplanmış metal oksit parçaları TEM görüntüsü [17]

Şeffaf elektrik iletkenliğe sahip polimerik film, birincil koruyucu polimer, multi-laminasyon yapılmış katman ve elektrod da içeren çeşitli katmanlardan oluşturulmuştur. Bu çalışmada laminasyon kimyasal buhar biriktirme yöntemi ile yapılmıştır [18].

Metallik olmayan radyan elektrikli ısıtıcılar amorf grafit, siyah grafit kullanılarak oluşturulmuştur. Bu ürünlerin en büyük dezavantajı grafit içeriğinden dolayı mekanik dayanımlarının yetersizliği ve dolayısıyla yüksek ısılarda deformasyonların gözlenmesidir [3]. Metal oksit modifiyeli malzemeler ve benzer pigmentler kullanılarak oluşturulmuş ısıtıcılar mevcuttur. Sıvı veya katı ortamında düşük voltajda ısıtma sağlayan, iki elektrod arasında antimon dopantlı kalay oksit, silisyum dioksit ve titanyum dioksit ile kaplanmış malzeme içeren akışkan içeren sistem su geçirmeyen yüzeylerde uygulanmıştır [19].

---

### YAPISAL ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

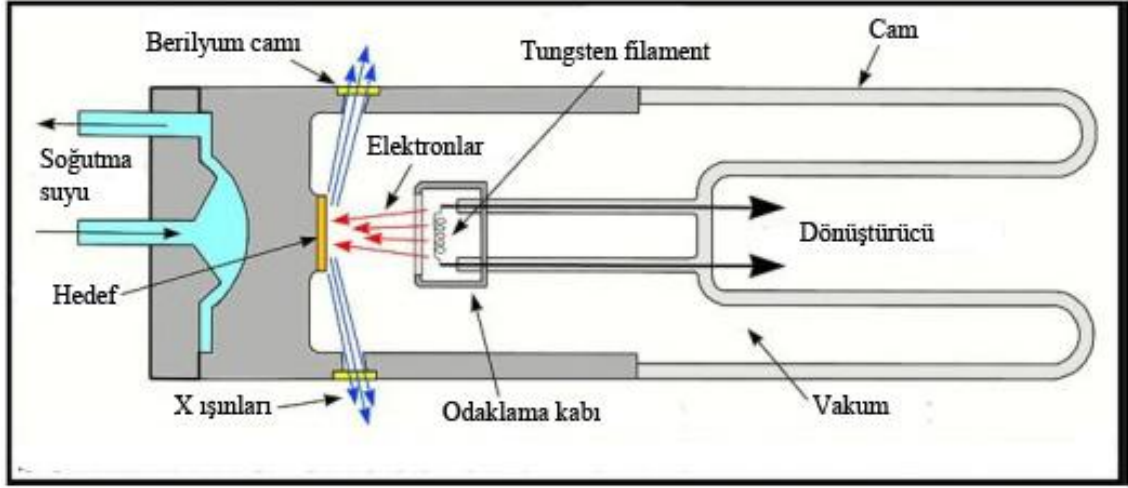
#### 3.1 X ışını difraktometre cihazı (XRD)

X ışınları 1895 yılında Alman fizikçi William Roentgen tarafından keşfedilmiş ve ne olduğu tam olarak açıklanamadığı için bu ismi vermiştir. X ışınları elektromanyetik dalgalardır, çıplak gözle görülmezler; dedektörler vasıtasıyla varlıkları saptanabilir, floresan ışımaya neden olurlar, bu da varlıklarının bir göstergesidir. Enerji taşırlar enerjileri dalga boyları ile ters orantılıdır.

1912 yılında Von Laue X ışınlarının kristal düzlemlerden yansıma gösterdiğini kanıtlamıştır. 1935'te ise Le Galley ilk olarak X ışını toz difraktometresini tasarlamıştır. Ticari olarak ise ilk defa 1947 yılında Philips ilk ticari toz difraktometresini tanıtmıştır [20].

X-ışınları havası boşaltılmış bir tüp (Şekil 4.1) içinde ısıtılan katoddan çıkan elektronların anoda çarpmasıyla elde edilirler.

Bu elektronlar doğrusal olarak yollarına devam ederken anottaki atomlardan birinin elektroduna çarparlar ve karakteristik radyasyon oluşur, veya çekirdeğin yanından geçerken çekirdeğin çekimi ile yavaşlarlar ve yön değiştirirler. Bu şekilde de kesiksiz radyasyon oluşur.



Şekil 3. 1 X ışınları oluşum mekanizması [21]

X-Ray tüpünde anot saf bir metaldir. XRD uygulamalarında genel olarak Cu, Mo, Fe ve Cr tüp kullanılmaktadır. Laboratuvarımızda bulunan XRD cihazında Cu tüpü kullanılmaktadır. Çalışma esnasında aşırı ısınan tüpün zarar görmemesi için soğutma ünitesi kullanılmaktadır.

Enstrümantal analiz cihazlarından biri olan X-ışını difraktometre cihazı (XRD) malzemenin içerdiği kristal fazları belirlemede kullanılan cihazdır. Havası boşaltılmış bir tüp içerisinde üretilen X ışınlarının örneğin üzerine gönderilmesi temeline göre çalışır. Çalışma prensibinin temelinde Bragg kanunu bulunmaktadır. Bragg eşitliği (4.1), sadece monokromatik X ışınları için geçerli olan ve XRD analizlerinde kullanılan kristal düzlemler arasındaki mesafeyi hesaplamak için kullanılan temel denklidir.

Difraksiyon demeti ve geçilen demet arasındaki açı daima  $2\theta$  dır (Şekil 4.2); bu açı difraksiyon açısı olarak bilinir ve deneysel çalışmalarda bu açı ölçülür.

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad (4.1)$$

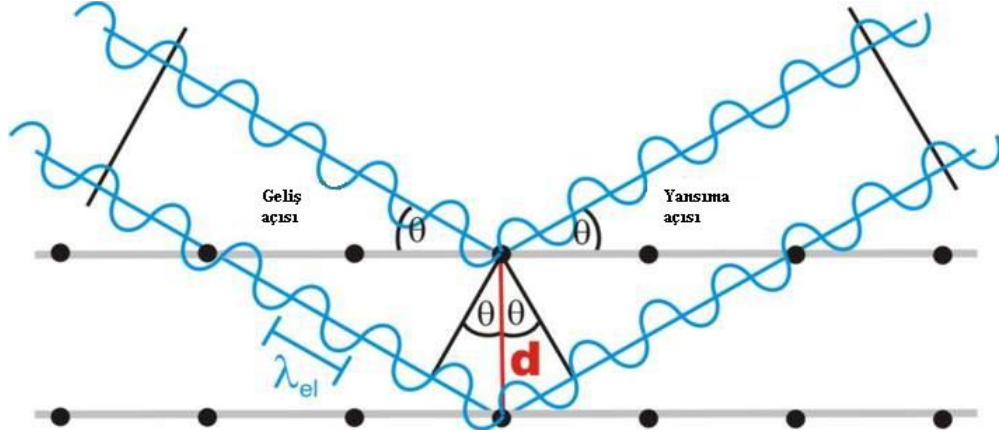
burada

$\theta$ : Difraksiyon açısı

n : Katsayı

$\lambda$  : X- ışınının dalga boyu

d : Malzeme içerisindeki kristal düzlemler arası uzaklık



Şekil 3. 2 Difraksiyon açısı görüntüsü [22]

XRD malzemenin içerdiği fazları belirlemekte, düzlemler arası uzaklığı bilinen filmlerin X ışınlarının kırınım diyagramından yararlanıp Scherrer formülü (4.2) kullanılarak tanecik boyutunu belirlemede, örgü sabitlerini bulmada, mikroyapı analizlerinde, faz analizlerinde kullanılır.

$$D=0.9\lambda/B(\text{radyan})\cos(\theta_B) \quad (4.2)$$

Burada

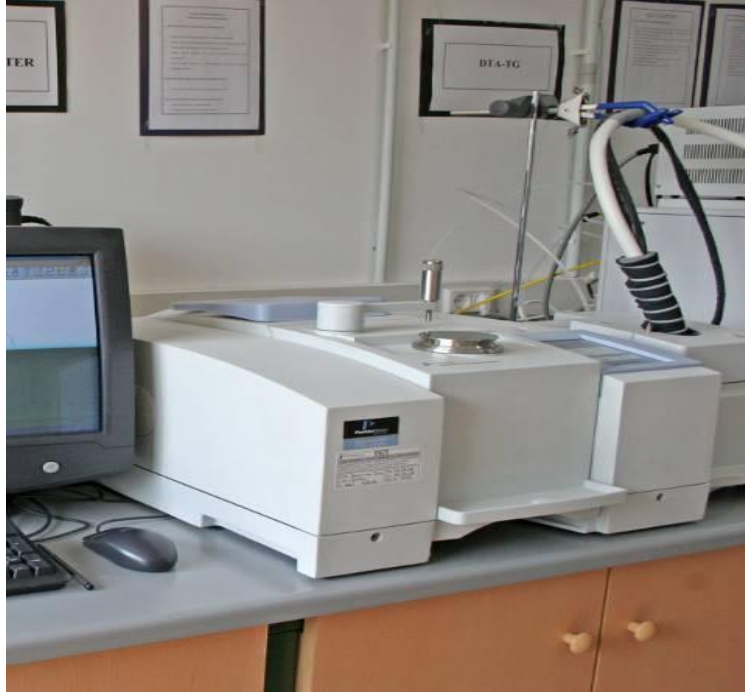
$\lambda$ , kırınımında kullanılan x ışını dalga boyu,

B, kırınım deseninde gözlenen maksimum piklerin yarı maksimumdaki genişlikleri [23].

### 3.2 Fourier Transform Infrared Spektrofotometresi (FT-IR)

Fourier transform infrared spektrofotometresi cihazı (Şekil 4.4) bir molekül veya bileşik yapısında bulunan bağlar hakkında tanımlayıcı bilgiler vermektedir.

Elektromanyetik ışınlar ile madde arasındaki etkileşimden yararlanan yöntemlerdir. Madde ışın etkileşimi ışının elektrik alanı ile maddenin bağ elektronları arasında gerçekleşir.



Şekil 3. 3 FT-IR cihazının görüntüsü

Maddenin yapısına göre değişir. Işının belirli dalga boyları madde tarafından absorblanır. Bu enerji maddeyi yani onu oluşturan atomları veya molekülleri uyarılmış hale getirir. Tanecikler eski hallerine dönerken bu enerjiyi geri verir. Spektroskopik yöntemlerin temelinde absorpsiyon ve emisyon yatmaktadır. Bu olaylar enerji düzeyinde değişim yaratır ve bu enerji düzeyleri arasındaki geçişler sonucu ortaya çıkan spektrum ölçülür. FTIR yönteminde de maddenin ışığı absorblanması özelliği ölçülür.

Moleküllerin IR ışığını ( $0.78 - 1000 \mu\text{m}$  dalga boylu veya  $12800 - 10 \text{ cm}^{-1}$  dalga sayılı) absorpsiyonuyla titreşim ve dönme enerji seviyelerine uyarılmalarının ölçümüne dayanır. İnfrared Bölgesi üçe ayrılır: 1- Yakın ( $0.78 \mu\text{m}-2.5 \mu\text{m}$ ), 2- Orta ( $2.5 \mu\text{m}-25 \mu\text{m}$ ), 3- Uzak infrared ( $25 \mu\text{m}-1000 \mu\text{m}$ ) Genellikle  $4000 \text{ cm}^{-1}$  ile  $400 \text{ cm}^{-1}$  arasında kalan orta IR bölgesi kullanılır. Uzak IR bölgesi metal ametal bağlarını içerdiği için özellikle anorganik bileşiklerin (Koordinasyon Bileşikleri) yapılarının aydınlatılması açısından önemlidir.

İnfrared ışınını absorplayabilmesi için bir molekülün titreşim veya dönme hareketi sonucunda, molekülün dipol momentinde net bir değişme meydana gelmelidir. Sadece bu şartlar altında, ışının değişen elektrik alanı ile molekül etkileşebilir ve moleküldeki hareketlerin birinin genliğinde bir değişmeye neden olur.

İki atomlu bir molekülde gerilme titreşiminin mekanik modeli atomik gerilme titreşiminin özellikleri, bir yayın iki ucuna bağlanmış iki kütlede oluşan mekanik bir modelle ifade edilebilir: Yayın iki ucundaki kütlelerden birinin yayın eksenini yönünde çekilip bırakılması basit harmonik hareket denen olaya neden olur. Sabit bir yere bağlı bir yayın ucuna asılı tek bir kütlede titreşimini gözönüne alalım. Yayın ucundaki kütle yayın eksenini yönünde çekilerek denge halinden  $y$  kadar uzaklaştırılırsa, yayı ilk haline getirmek için gerekli kuvvet  $F$ ,  $y$  ile orantılı olur (Hook yasası):  $F = -ky$  [24].

$O_2$  ve  $Cl_2$  gibi homonükleer türlerin dönmesi veya titreşmesi sırasında, dipol momentlerinde net bir değişim olmaz; bu nedenle böyle bileşikler infrared bölgede absorpsiyon yapmazlar. Bu tip birkaç bileşik hariç, diğer bütün moleküller türler infrared ışığını absorplarlar.

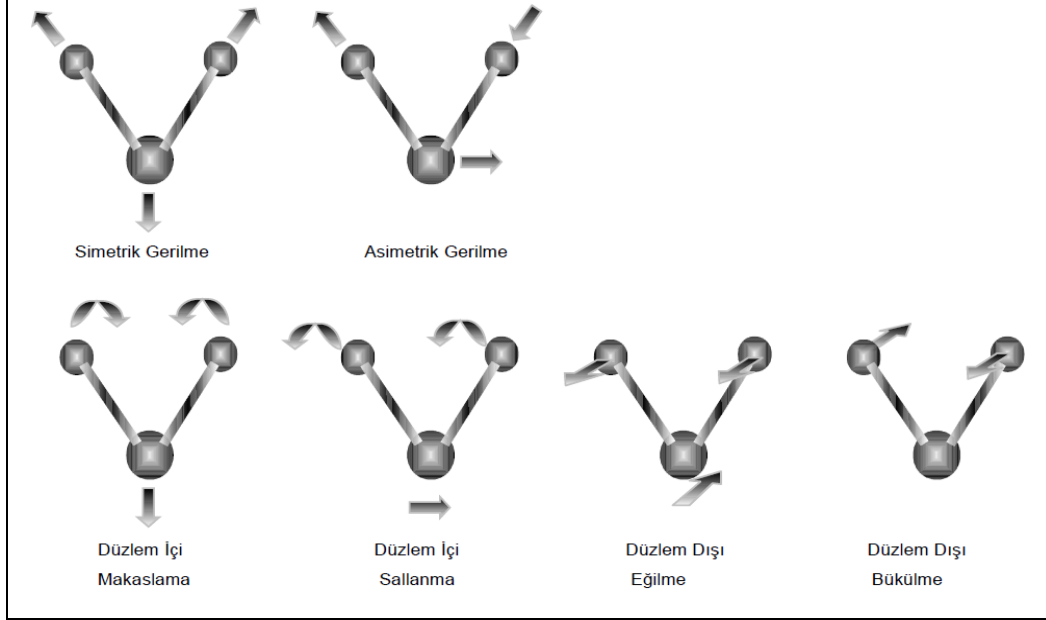
Bir moleküldeki atomların birbirine göre yerleşim durumları tam olarak sabit olmayıp, moleküldeki bağlar etrafında çok sayıda titreşim ve dönme sonucu devamlı değişir. Basit iki veya üç atomlu bir molekül için, böyle titreşimlerin sayısını, özelliğini ve bu titreşimlerle absorplanan enerji arasındaki ilişkiyi açıklamak kolaydır. Böyle bir analiz, çok sayıda atomdan meydana gelen moleküller için imkansız değilse bile, zor olur. Büyük moleküllerde sadece çok sayıda titreşim merkezi bulunmaz, ayrıca bazı titreşim merkezleri arasında etkileşim de söz konusudur ve bu etkileşimlerin de göz önüne alınması gerekir.

Titreşimler gerilme ve eğilme denilen iki grupta toplanabilir. Gerilme titreşiminde iki atom arasındaki bağ eksenini boyunca atomlar arasındaki uzaklığın devamlı değişmesi söz konusudur. Eğilme titreşimleri ise iki bağ arasındaki açının değişmesi ile karakterize edilir. Titreşim tipleri Şekil 4.5'de şematik olarak görülmektedir.

FT-IR analizinde kaynaktan çıkan ışınlar monokromatörden geçirilerek örnek üzerine düşürülür ve daha sonra örnekten çıkan ışınlar dedektör vasıtasıyla analiz edilir.

Infrared absorpsiyon spektrofotometrelerinde ışık kaynağı olarak, elektrik akımı yardımı ile ısıtıldıkları zaman siyah cisim ışınması yapan ve yüksek sıcaklıklarda bozunmayan katılar kullanılır. Infrared ışın kaynakları, elektrikle 1500 ile 2000 K'e kadar ısıtılabilen inert katılardır. Bir siyah cisminin sürekli bir ışınması oluşur. Bu sıcaklıklardaki maksimum ışın şiddeti  $5000$  ile  $5900 \text{ cm}^{-1}$  (2 ile  $1,7 \mu\text{m}$ ) arasında olur.

Uzun dalga boylarında şiddet,  $670 \text{ cm}^{-1}$  ( $15 \text{ }\mu\text{m}$ )'de maksimum değerinin yaklaşık % 1' ine kadar düzenli olarak düşer. Kısa dalga boylu kısımda ise, düşüş daha hızlıdır ve şiddetteki benzer bir azalma  $10000 \text{ cm}^{-1}$  ( $1 \text{ }\mu\text{m}$ ) civarında gözlenir.



Şekil 3. 4 Bağlar arası titreşim tipleri [25]

Nernst Çubuğu: 1 ile 2 mm çaplı ve 20 mm uzunluğunda silindir biçimine getirilmiş nadir toprak",elementlerinin oksitlerinden ibarettir. Silindirin bir ucuna dirençli bir ısıtma elemanı için yeterli elektriksel bağlantı sağlayacak platin teller gömülür. "Sistemden akım geçtiğinde 1200 ile 2200 K arasında bir sıcaklık meydana gelir. Nernst kaynağı büyük bir negatif elektriksel direnç sıcaklık katsayısına sahip olup, akım istenen sıcaklığı sağlayacak büyüklüğe erişmeden önce bir dış kaynak ile donuk kırmızı bir renge kadar ısıtılmalıdır.

Globar Kaynağı: Çoğunlukla 50 mm uzunluğunda ve 5 mm çapında silisyum karbür bir çubuktur. Bu da elektrikle ısıtılır (1300 ile 1500 K) ve pozitif direnç katsayısına sahip olma gibi bir üstünlüğü vardır. Öte yandan, ark yapmasını önlemek için su soğutmalı elektrik bağlantılarına gerek vardır. Globar ve Nernst kaynaklarının spektral enerjileri, Globar kaynağının çok daha büyük bir çıktı verdiği  $5 \text{ }\mu\text{m}$ 'nin altındaki bölge hariç birbirine yakındır.

Ayrıca, akkor tel ışın kaynağı, cıva arki, tungsten telli lamba, karbon dioksit lazer ışın kaynağı da ışık kaynağı olarak kullanılır.

Bir spektrofotometrede ışık kaynağından çıkan polikromatik yani çok dalga boylu ışık demetinden monokromatör adı verilen düzeneğe yardımı ile monokromatik yani tek dalga boylu ışık seçilir ve bu ışık ince bir aralıktan geçirilerek örneğe gönderilir. Bu monokromatörlerde mercek bulunmaz, onun yerine çok sayıda parlak yüzeyli toplayıcı aynalar kullanılır.

İnfrared dedektörleri genel olarak üç tiptir: (1) termal dedektörler; (2) piroelektrik dedektörler (çok özel bir termal dedektör), (3) fotoiletken dedektörler. İlk ikisi genellikle fotometre ve dispersif spektrofotometrelerde bulunur. Fotoiletken dedektörler ise Fourier dönüşümlü cihazlarda bulunur. Termal dedektörler cevabı ışının ısıtma etkisine bağlı olan termal dedektörler en kısa dalga boylu infrared dalga boyları hariç, infrared dalga boylarının hepsini tayin etmek için kullanılırlar. Bu düzeneklerde ışın küçük bir siyah cisim tarafından absorplanır ve oluşan sıcaklık yükselmesi ölçülür. Bir spektrometreden çıkan ışın demetinin şiddeti çok küçüktür ( $10^{-7}$  ile  $10^{-9}$  W). Bu yüzden gözlenebilir bir sıcaklık değişiminin oluşabilmesi için, absorplayıcı elemanın ısı kapasitesi olabildiğince düşük olmalıdır. Absorplayıcı elemanın kalınlığını ve boyutunu en aza indirmek ve yüzeyine düşen infrared ışın demetini bu elemanın yüzeyine düşürmek için her türlü çaba harcanır. En iyi şartlar altında, sıcaklık değişimleri binde birkaç Kelvin aralığındadır. Fotoiletken dedektörler İnfrared fotoiletken dedektör, iletken olmayan bir cam üzerine kurşun sülfür, cıva, kadmiyum tellür veya indiyum antimonit gibi yarı iletken maddelerin ince bir film halinde kaplanmasıyla hazırlanmıştır ve yarıiletken maddeyi atmosferden korumak için bir kılıf içine yerleştirilmiştir. Işının bu malzemeler tarafından absorpsiyonu iletken olmayan değerlik elektronlarını yüksek enerjili iletken seviyeye çıkarır ve böylece yarıiletkenin elektriksel direnci azalır. Tipik olarak, bir fotoiletken bir voltaj kaynağı ve bir yük direnci ile seri bağlanır ve yük direnci boyunca meydana gelen voltaj düşüşü ışın demetinin şiddetini ölçmek için kullanılır [31].

FTIR spektroskopisinde katı, sıvı ve gaz örneklerin analizleri gerçekleştirilebilir. Katılarda KBr kullanarak pellet yöntemi veya ATR yöntemi ile analiz gerçekleştirilirken sıvılarda sadece ATR yöntemi uygulanır. Gaz analizleri için özel ekipman gerekmektedir.

### 3.3 Diferansiyel Termal Analiz/Termogravimetri Cihazı (DTA-TG)

Bir maddenin veya bu maddenin türevlerinin belli bir sıcaklık programı altında özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin incelenmesi, tepkimede absorplanan veya açığa çıkan ısının ölçülmesi için kullanılan metotların hepsine termal analiz metotları (TA) denir.

Termal analiz metotları polimerlerin, alaşımların, killerin, minerallerin komplekslerinin, tuzların, tuz karışımlarının, farmasötiklerin incelenmesinde ve kalite kontrol amaçlı kullanılır.

Termal analizler sabit bir basınç altında gerçekleştirildikleri için geçerli olan termodinamik eşitliği Gibbs-Helmholtz (4.3) eşitliğidir.

$$DG = DH - TDS \quad (4.3)$$

G = Sistemin serbest enerjisi

H = Sistemin entalpisi

S = Sistemin entropisi

T = Sıcaklı (K)

$aA + bB \rightarrow cC + dD$  şeklindeki bir tepkimede  $DG = 0$  ise sistem dengededir.  $DG$  negatif ise reaksiyon kendiliğinden oluşur.  $DG$  pozitif ise tepkime gerçekleşmeyecektir.

Sıcaklığın bağımsız olduğu yöntemlerde Gibbs-Helmholtz eşitliğinin türevi (4.4) alınırsa

$$d(DG)/dT = -DS \quad (4.4)$$

denklemini elde edilir.

Bu durumda  $DS$  negatif ise sıcaklığın artması ile  $DG$  negatif olacaktır, eğer  $DS$  pozitif ise sıcaklığın azaltılması ile  $DG$  negatif olacaktır. Sonuçta  $DG$  sıcaklık ayarlaması ile negatif hale getirilip reaksiyonun kendiliğinden oluşması sağlanacaktır.

Termal analiz metodlarından en çok kullanılan olan

- Termogravimetri (TG)
- Diferansiyel termal analiz (DTA)

incelenecektir.

Termogravimetri (TG): Bu yöntemde programlı olarak arttırılan veya azaltılan sıcaklık sonucunda analiz edilecek maddenin kütlesinde meydana gelecek olan azalmalar, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak incelenecektir. Sonuçta elde edilen sıcaklık kütle eğrilerine termogram veya termal bozunma eğrileri denilir. Sıcaklık artışı sonucunda meydana gelen kütle kayıpları genel olarak su gibi uçucu bileşiklerin yapıdan ayrılması veya maddenin ayrışmasıdır.

Termogravimetri cihazı hassas bir terazi, iyi bir fırın, kütle ve sıcaklık değişimini otomatik olarak kaydeden bir sistem, inert gazlı bir temizleyici ve analiz sırasında gaz kesebilen veya değiştirebilen parçalardan oluşmuştur.

Kullanılan numune miktarı 5 mg ile 50 mg arasında değişmektedir. Örneğin koyuluğu özel örnek kabı ortamda oluşacak gazları adsorplamamalıdır ve hiç bir şekilde kataliz etkisi taşımamalıdır. Numunenin özelliğine göre alüminyum, seramik veya platin numune kabı kullanılır. Bu örnek kabı terazinin içerisine yerleştirilir. Terazinin örnek koyulan kısmının dışındaki diğer bütün kısımları fırından izole edilmiştir. Terazi kolları elektromıknatısın kolları arasına yerleştirilmiş bir kola tutturulur. Elektromıknatıstan geçen akım elektrik sinyali olarak kaydedilir.

Sistemdeki fırın 25-1600°C arasında, sıcaklığın istenilen sürelerde istenildiği kadar arttırılabilecek şekilde programlanabilir.

Örneğin oksijenle teması sonucunda oluşacak olan yanma olayını engellemek için sistemden azot veya argon gazı geçirilmelidir. Ayrıca fırın içerisinde oluşan parçalanma ürünlerinin fırın içerisinde kalması, parçalanmanın daha yüksek sıcaklıklarda oluşmasına neden olur. Bu nedenle de sistemden sürekli inert gaz geçirilerek fırının içi temizlenmelidir. Böylece parçalanma daha düşük sıcaklıklarda başlar ve biter.

Diferansiyel Termal Analiz (DTA): Bu yöntemde numune ve termal olarak inert olan referans maddeye aynı sıcaklık programı uygulanır. İkisi arasındaki fark, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçülür. Bu iki madde bir arada ısıtılır. Sıcaklık düzgün bir şekilde arttırılır. TG deki gibi sadece kütle kaybına bağımlı olmadığı için daha geniş bir kullanım alanı vardır. Isının absorblandığı veya açığa çıktığı her numuneye uygulanabilir. Fiziksel

olarak absorpsiyon ve kristalizasyon olayı ekzotermik bir olaydır. Desorpsiyon, süblimleşme, erime ve buharlaşma olayları ise ekdotermiktir. Kimyasal olarak ise polimerleşme ve oksitlenme ekzotermik; bozunma, dehidrasyon ve indirgenme olayları ise endotermiktir.

Örnekteki kimyasal tepkime, faz değişimi veya yapısal bir bozunma sonucunda örnek ile referans arasında bir sıcaklık farkı oluşur.

Örneğin sıcaklığı ( $T_0$ ) ve referans maddesinin sıcaklığı ( $T_r$ ) arasındaki DT farkı sürekli olarak kaydedilir.

Fırında numune ve referans koymak için birbirinden izole edilmiş iki kap bulunur. Kapların çok yakın bir yerine iki adet termal çift yerleştirilir. Numunenin termal çiftinin çıkışı mikrobilgisayara bağlanır. Bilgisayar numune sıcaklığını arttırırken diğer taraftan fırına giren akım şiddetini kontrol eder. Numune ve referans termal çiftleri arasında meydana gelen DE potansiyel farkı yükseltilecek DT sıcaklık farkına dönüştürülür. Ve böylelikle termogram elde edilir [26].

Özet olarak termal analiz yöntemleri sayesinde sıcaklık değişimine bağlı olarak maddede meydana gelen faz değişimlerinin meydana geliş sıcaklıklarını ve maddedeki kütle azalma miktarını belirlemede kullanılmaktadır. Ayrıca malzemelerin bozunma sıcaklıklarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

### **3.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)**

Taramalı elektron mikroskobu yüksek çözünürlüklü resim oluşturmak için vakum ortamında oluşturulan ve aynı ortamda elektromanyetik lenslerle inceltelen elektron demeti ile incelenecek malzemeyi analiz etme imkanı sunar. 1935 yılında Max Knoll ilk SEM'i üretmiş ticari üretime geçiş ise 1965 yılında olmuştur.

Mikroskopta oluşturulan resimler, elektron demetinin malzeme ile olan etkileşiminden ortaya çıkan ışınlar veya geri yansıyan elektronlar sayılarak oluşturulur. Bunlar ikincil elektron yansımaları (secondary electron image) ve geri yansımaya uğramış elektronlar (backscattered electrons) olarak adlandırılırlar.

Çözme gücü, çözme derinliği, büyütme özellikleri cihazın avantajı iken; cihazın sürekli bir vakum altında çalışması, iletken numune gereksinimi ve bakım masraflarının yüksek oluşu dezavantajlarıdır.

Odak ve alan derinlikleri yüksek olması, ayırım gücünün yüksek olması, mikro analitik kapasitesi ve büyütme gücü taramalı elektron mikroskopunu ışık mikroskobu yerine kullanım sebepleridir.

Modern SEM'ler 5 temel bileşeni vardır.

- Bir elektron kaynağı (veya elektron tabancası)
- Odaklama ve saptırma-düzenleme optikleri (kolon)
- Numune platformu
- Detektör sistemleri
- Görüntünün alınması ve kontrol sistemi

Elektron Tabancası: Filament, elektrik akımı verilerek ısıtılır. Bu sayede yeterli enerjiye sahip elektronlar filamentin ucunda birikerek bir elektron bulutu oluştururlar. Eğer filamente verilen akım kaldırılırsa bu elektronlar filament tarafından tekrar absorbe edilirler.

Eğer filamentin yanına bir pozitif yüklü bir plaka (Anot) yerleştirilirse, elektronlar bu anotun çekim etkisi altında kalırlar. Bu durumda da elektronlar anot tarafından absorbe edilirler.

Eğer anotla elektron bulutu arasına negatif yüklü bir plaka (katod) yerleştirilirse anoda doğru yönlene elektronlardan dikey doğrultuda bir ışınım elde edilir.

Elektron kaynağı; ayırım gücü açısından bir SEM'in en önemli kısmıdır. Kullanılan kaynağa göre numunede inilecek boyut için oldukça belirleyicidir. Elektron kaynağı çeşitleri:

- Tungsten Cathode
- LaB6 (Lanthanum Hexaboride) : daha iyi görüntü sağlar. Kaynak yeniyenken daha ince elektron demeti sağlar.

- Field Emission Gun (FEG) : Kullanan SEM'ler günümüzde daha kuvvetli bir voltaj kullanarak çok daha ince bir elektron demeti oluşturabilmekte ve bunun numune üzerinde odaklanması ile çok daha iyi görüntüler alınabilmektedir. Bu kaynak türleri kimyasal analizin de olumlu etkiler.

Apertürler difraksiyon bölgesini, başka bir deyişle hangi bölgenin görüntüsünün alınacağını belirlemede kullanılır.

Büyük apertür daha düşük çözünürlük verir, ancak, yüzey topografisi ve EDX analizini daha mümkün hale getirir.

Küçük apertür yüksek çözünürlük ve daha ayrıntılı görüntü sağlar.

Görüntüde büyütme – küçültme lensler ve elektromanyetik düzeltme yapan scan coil tarafından hem optik hem de elektronik olarak gerçekleşir.

Elektron numune etkileşimlerinde ise etkileşimin derinliği kullanılan voltaja göre artar. Etkileşimin hacminin genişliği atom numarasına göre değişir.

Elektronların numune içindeki yayılımı (ampul şekilli) voltaja, numune atom numarasına ve yoğunluğuna, ışın demetine kıyasla numunenin eğimine bağlıdır. Çarpışma sonucu elektronlar ya backscattered (geri saçılmış) veya secondary (ikincil) veya Auger elektronları ortaya çıkarır [22].

Geri saçılan Elektronlar: Geri saçılan elektronlar, gelen elektronlar ile incelenen numunedeki atomların çekirdekleri ile arasındaki elastik (enerji transferi olmayan) çarpışmalardan dolayı oluşur (Rutherford saçılımı).

Numunedeki atomların atom numarası ne kadar büyük olursa o kadar çok sayıda geri saçılan elektron elde edilir. Elastik çarpışmada, gelen elektronların enerji kaybı çok küçüktür ( $<1\text{eV}$ ).

Geri saçılan elektronlar ile elde edilen görüntüler, incelenen numunedeki atomların atom numaraları hakkında bilgi verir. Atomik numarası küçük olan elementler daha az sayıda elastik elektron yansıtır (düşük parlaklık) ve atom numarası büyüdükçe elastik bir şekilde yansıtılan elektronların sayısı artar (yüksek parlaklık). Atom numarasına bağlı olarak ortaya çıkan bu durum SEM fotoğrafında bir kontrast meydana getirir.

Genel olarak backscattering elektronlar 50 eV den daha büyük enerji seviyelerine sahiptir. Etki ettiği atom çekirdeği kadar ulaşır. Bu olay yüzeyden oldukça derinlerde 1000nm civarında gerçekleştiği için geniş bir açısal aralıkta, çoklu çarpışmalar söz konusudur.

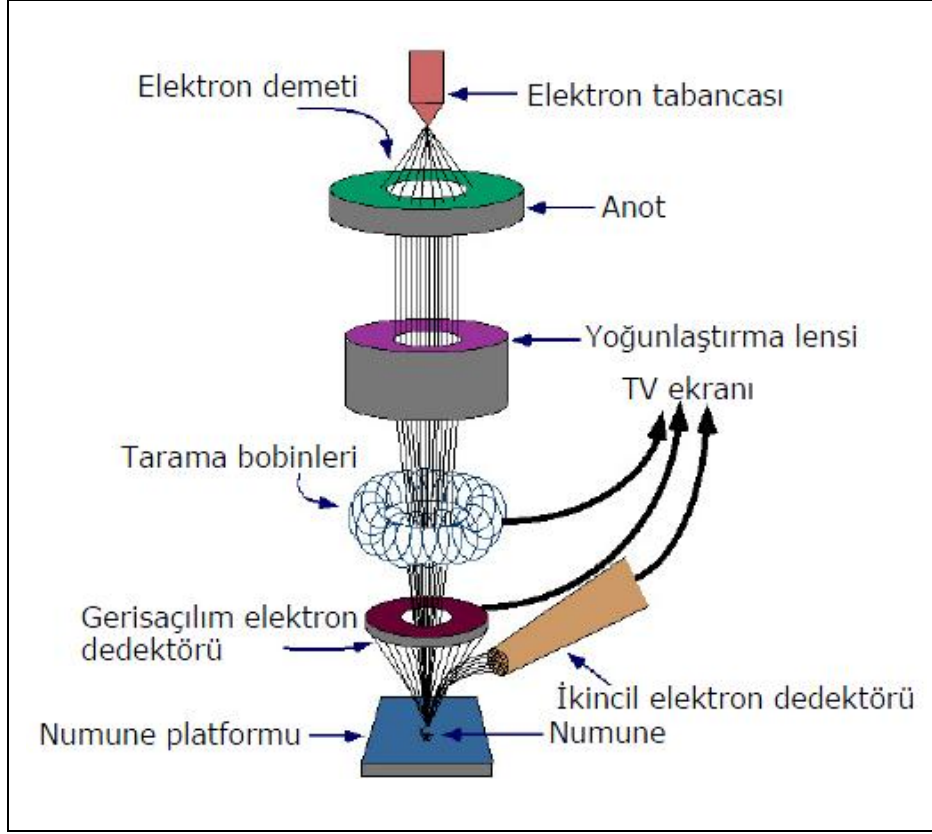
İkincil Elektronlar: Bu elektronlar gelen elektronlar ile iletkenlik bandındaki zayıf bağlı elektronlar veya valans elektronları arasındaki elastik olmayan (enerji transferine yol açan) çarpışmadan dolayı meydana gelir.

Transfer edilen enerji elektronların bağlanma enerjilerini yenmeye yeterli büyüklüktedir. Böylece incelenen numuneden elektron koparılmış olur. Bu elektronlar ikincil elektronlar olarak isimlendirilir. İkincil elektronlar düşük enerjili elektronlardır. Detektöre 100-300V arasında bir pozitif voltaj uygulanması ile kolaylıkla toplanabilirler. Bu yolla ikincil elektronların %50-100 arasındaki kısmı toplanabilir. Böylece incelenen bölgenin 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiş olur.

Çukurda kalan bölgelerden kaynaklanan ikincil elektronlar sayısı, tümseklerden kaynaklanan elektronların sayısından farklıdır. Bundan dolayı fotoğrafta değişik bölgeler için kontrast görülür.

İnelastik saçılım (Inelastic Scattering) küçük açıdır. X-ışınları, sekonder elektronlar düşük enerji seviyelidir ve genellikle 2eV -< 50 eV, mertebesindedir. Yüzeyde ince bir kısımda etkindir ve yüzey yapısı ile ilgili bilgileri görüntüye aktarır.

Elektronların optik sınırlamaları (Difraksiyon, Kromatik ve küresel aberasyonlar), çalışma mesafesi, çalışma voltajı (kV), apertür boyutları, kaynak (gun) akımı, numunenin konumu, kontrast – parlaklık, büyütme, vakum sistemi görüntü ve mikro analiz kalitesini etkileyen etmenlerdir [27].



Şekil 3. 5 BEI ve SEI görüntülerinin oluşma mekanizması [27]

### 3.5 İndüktif Eşleşmiş Plasma (ICP)

ICP (Inductively Coupled Plasma) yani türkçesi indüktif eşleşmiş plasma olan elementlerin tayininde kullanılan bir cihazdır. ICP'de yüksek düzeyde enerji söz konusudur ve alev emisyon spektroskopisinde yapılamayan tayinler ICP ile kolaylıkla yapılabilir. Kütle spektroskopisi ve optik emisyon spektroskopisi olarak iki çeşidi bulunmaktadır.

ICP'nin çalışma prensibi şu şekildedir: Radyo frekansı (RF) argon gazıyla alev haline gelerek plazmayı oluşturur. Plazmanın oluşabilmesi için, RF (Radyo Frekans) sinyal kaynağına ihtiyaç vardır. RF gücü Torch'un ucunda bulunan bakır boru görünümündeki sarmal yapı ile uygulanır. RF sinyal ile indüklenerek plazma haline getirilir. Numune plazmaya püskürtüldüğünde atomizasyon işlemi (numune içindeki elektronlar bir üst enerji seviyesine çıkması ve atoma enerji verme işlemi durdurulduğunda eski haline geri dönmesi ve aldığı enerjiyi ışık olarak yayması) gerçekleşir. Açığa çıkan bu ışık enerjisini dedektör ölçer.

Ayrıca kullanılan argon gazının 3 temel görevi vardır. Bunlar:

- Plazmayı oluşturmak
- Numuneyi sürüklemek
- Dışarıdan geçirilerek tüplerin soğumasını sağlamaktır.

Bunun dışında numuneyi püskürtmek için çeşitli nebülizerler (sisleştirciler) kullanılır. Bunlar çapraz akış, konsantrik veya babington tipi sisleştirciler olabilir.

ICP'nin bilinen ilk problemlerinden biri örneğin verilmesiyle ilgiliydi. Eğer plazma yaklaşık 4-5 Mhz gibi frekanslarda çalıştırılırsa göz yaşı damlası şeklinde plazma elde edilir. Böyle olursa numune plazmanın yüksek sıcaklık bölgesine numune nüfuz edemez ve tayinde hatalar ortaya çıkar.

Bunun yanında ICP'de kimyasal girişim açısından sorun oluşmamaktadır. ICP'nin en önemli kısmı nebülizerin dizaynıdır. Emisyon sinyalindeki gürültünün büyük bir kısmı nebülizasyon problemlerinden kaynaklanmaktadır.

ICP'nin özelliklerine bakacak olursak:

1. Yüksek sıcaklıkta (7000 -10000 K) oluşur.
2. Yüksek elektron yoğunluğu (birkaç iyonlaşma girişi) vardır.
3. Kimyasal olarak inert bir ortamda serbest atomlar oluşur.
4. Alt seviyelerde moleküler türler yok veya çok azdır.
5. Optik olarak incedir.
6. Elektrodsuzdur.
7. Patlayıcı gaz yoktur.

İnert kimyasal ortamın anlamı, serbest atomların bağıl olarak plazma içinde uzun ömürlü olması demektir. Argon ICP'lerdeki yüksek elektron yoğunluğu kolayca iyonlaşabilen elementlerin ilavesi ile önemli oranda değiştirilemez [28].

Her hangi bir maddenin yapısını değerlendirmekte o sıvının veya gazın akışkanlığını viskozite yardımı ile ölçmek en verimli yoldur. Örnek verecek olursak bir sıvının viskozitesi bir boru hattının dizaynında yada madeni yağ, kimyasal madde gibi sıvıların boru hatları vasıtasıyla bir noktadan başka bir noktaya taşınmasında önemli bir

parametredir. Viskozite ölçümünün özellikle petro kimya sanayii dışında ayrıca gıda, basım (mürekkep), eczacılık, kozmetik gibi geniş bir alana yayılmış endüstrilerin üretim prosesi sırasındaki kalite kontrolünde olduğu gibi aynı zamanda kalite ve performansın geliştirilmesi [29].

Viskozluk bir maddenin akışını yavaşlatan bir özelliktir. Sıvı yakıtları, yağlama yağlarını, boyaları ve diğer birçok maddeleri karakterize etmekte kullanılan bir özelliktir. Viskozluğun tersine de akışkanlık denir. Viskozite büyüdükçe akışkanlık azalır. Viskozite (viskozluk) genel olarak sıvı ve gazda uygulandığı halde, katılara da uygulanır. Gazların viskozitesi çok az, katıların viskozitesi çok fazla, sıvıların viskozitesi ise sıvının cinsine ve sıcaklığa bağlı olarak geniş aralıklarda değişir.

Sıcaklığın artması ile sıvılarda viskozite katsayısı küçülür, gazlarda ise artar. Yoğunluğu ( $d$ ), yarı çapı ( $r$ ) olan bir kürenin, yoğunluğu ( $d_l$ ) olan bir sıvı içindeki yerçekimi kuvvetine bağlı olarak, düşüşünden faydalanarak viskozite katsayısı hesaplanabilir. Bu formüle Stokes Formülü denir. Bu formül meteorolojide su damlacıklarının hızlarının bulunmasında da kullanılır.

Belli sıcaklıktaki ve miktardaki bir sıvı yağın, akış zamanının aynı miktardaki ve 20°C'deki suyun akış zamanına oranına Engler viskozitesi denir.

Belli bir sıcaklıktaki bir akışkanın, mutlak viskozitesinin akışkanın yoğunluğuna bölünmesinden, Kinematik viskozite katsayısı elde edilir. Bu katsayının CGS sistemine göre birimi stokestir.

Petrol sanayiinde viskozite önemlidir. Bir petrol ürününün borudan akıp akmayacağı, pompalanıp pompalanmayacağı ürünün viskozitesine bakılarak anlaşılır.

Viskozite ölçümü konusunda kullanılan belli başlı metodları şöyle özetlemek mümkündür:

Rotasyonel viskozimetre: Viskozite akışkanın içerisine daldırılmış olan silindirik yapıdaki rotoru döndürmek için kullanılan torkdan yararlanılarak tespit edilir.

Kapiler viskozimetre: Viskozite akışkanın bir kapiler içinde akmasını sağlamak yoluyla bulunur. Ölçüm kapilerin her iki ucundaki basınç farklılığı ile veya süre ile tespit edilir.

Falling-ball viskozimetre: Silindirik yada küre şeklindeki standart bir cismin belirli bir mesafeden akışkan içinde serbest düşüşünü sağlayarak viskozite ölçülür. Bu sırada düşüşün süresi ölçülür.

Kap tipi viskozimetreler: Dibinde bir delik bulunan (Orifis) bir kaba doldurulan akışkanın, kabı boşaltması için gerekli sürenin tespiti ile belirlenir [30].

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 4.1 Elektrik İletkenliğe Sahip Boyanın Üretimi

Bu tez çalışmasında yeni nesil seramik üzerine uygulanacak olan boya; Türkiye’de ilk defa SANTEZ projesi kapsamında üretilmiştir. Üretilen ürün PT2012-00262 numaralı patent ile koruma altına alınmıştır.

İletken özelliğe sahip boyanın yapısal özelliklerinin belirlenmesinden önce viskoz boya 105°C’de etüvde kurutulmuş ve öğütülmüştür.

#### 4.2 Elektrik İletkenliğe Sahip Boyanın Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi

İletken özellikli boyanın kristal faz özellikleri, kimyasal bağ yapısı, termal davranışı, parçacık boyut dağılımı, viskozite ve yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Bununla beraber boyanın farklı sürüm kalınlıklarında, güç zaman ve sıcaklık zaman eğrileri elde edilmiş ve yeni nesil seramik üzerine uygulama kriterleri tespit edilmiştir.

##### 4.2.1 Kristal faz özelliklerinin belirlenmesi

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın kristal faz özellikleri x ışını difraksiyon analizi gerçekleştirilerek belirlenmiştir. Çalışmamızda numunelerimiz Şekil 4.1’de gösterilen Philips Panalytical X’Pert Pro X-Işını difraktometre cihazıyla incelenmiştir.



Şekil 4. 1 XRD cihazının görüntüsü

Toz halindeki numune alüminyum numune kabına tamamen dodurulup üst yüzeyin düz bir hale gelmesi sağlandıktan sonra cihazın numune kısmına yerleştirilmiştir. XRD cihazı çalışma koşulları Çizelge 4. 1’de verilmiştir.

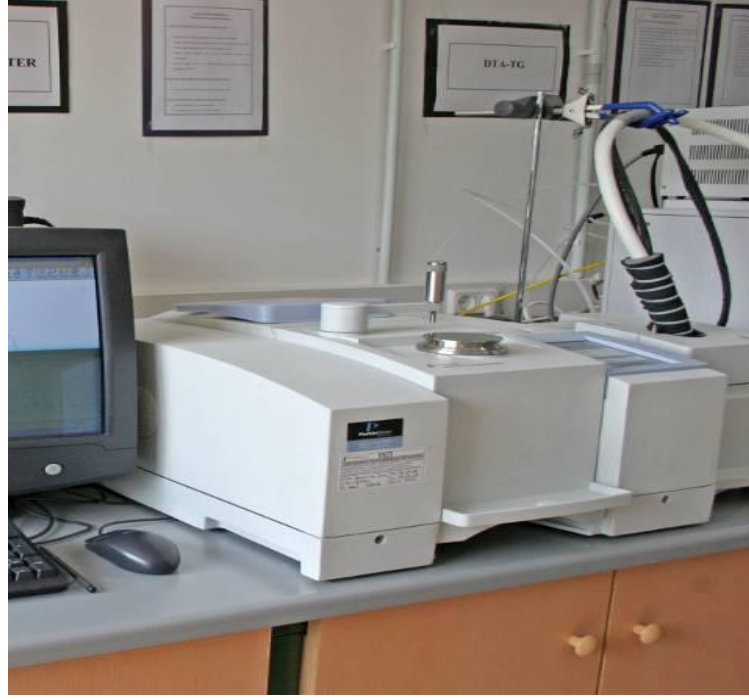
Çizelge 4. 1 XRD cihazı çalışma koşulları

| Çalışılan Volt | Çalışılan Amper | Tüp Çeşidi   | Açı Aralığı | Dalga Boyu |
|----------------|-----------------|--------------|-------------|------------|
| 45 kV          | 40 mA           | CuK $\alpha$ | 0°-90°      | 0.15418 nm |

#### 4.2.2 Kimyasal bağ özellikleri

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın kimyasal bağ yapısı FT-ITR spektroskopisi yöntemi ile incelenmiştir.

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın yapılan FT-IR analizinde Şekil 4.2’de gösterilen Perkin Elmer Spectrum One marka cihaz kullanılmıştır. İletken özelliğe sahip boyanın analizinde kullanılan parametreler aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4. 2 FT-IR cihazının görüntüsü

Çizelge 4. 2 FT-IR cihazı çalışma koşulları

| Kullanılan Yöntem | Analiz Dalga Sayısı Aralığı | Analiz Tekrar Sayısı |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|
| ATR               | 4000-650 cm <sup>-1</sup>   | 4                    |

#### 4.2.3 Termal davranışların belirlenmesi

Elektrik iletkenliğe sahip kuru boyanın termal davranışları DTA-TG yöntemi ile incelenmiştir.

Malzemelerin termal analizlerinde Perkin Elmer Pyris Diamond DTA/TG cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.3). Numuneye yapılan analizde kullanılan değerler Çizelge 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4. 3 DTA-TG cihazının görüntüsü

Çizelge 4. 3 İletken özellikli boyanın DTA-TG analizinde kullanılan parametreler

| Numune Türü  | Sıcaklık Aralığı | Isıtma Hızı | Kroze Tipi | Atmosfer Tipi |
|--------------|------------------|-------------|------------|---------------|
| Sıvı ve Kuru | 30-600°C         | 10°C/dk     | Platin     | Oksijen       |

#### 4.2.4 Tanecik boyutlarının belirlenmesi

Elektrik iletkenliği özelliğine sahip boyanın mikro yapıları ve tanecik boyutları Şekil 4.4'te gösterilen CamScan marka SEM cihazı ile incelenmiştir. Elektrik iletkenliğe sahip boya yapışkan bant yardımıyla cihazın örnek kabına sabitlenerek altın ile kaplanmış ve iletken hale getirildikten sonra analiz için hazır hale getirilmiştir. Boya numunesine x500 x1000, x5000 x10000, büyütme uygulanmıştır.



Şekil 4. 4 SEM cihazı görüntüsü

#### 4.2.5 İndüktif eşleşmiş plasma (ICP)



Şekil 4. 5 ICP-OES cihazı görüntüsü

İletken özelliğe sahip boyanın ICP-OES (Şekil 4.5) analizinin yapılabilmesi için öncelikle numune mikrodalga ile nitrik asit ve hidroflorik asit kullanılarak çözümlendirilmiştir. İletken özelliğe sahip boyaya uygulanan ICP-OES analizinde kullanılan parametreler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4 İletken özellikli boyanın ICP-OES analizinde kullanılan parametreler

| Plazma Gücü | Plazma Akış Hızı | Auxiliary Akış Hızı | Nebulizer Akış Hızı |
|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 1.45 kW     | 15 lt/dak        | 0.8 lt/dak          | 1 lt/dak            |

#### 4.2.6 Viskozitenin belirlenmesi

Yapılan çalışmada rotasyonel tip viskozimetreden (Şekil 4.6) yararlanılmış olup numune içerisine daldırılan silindirik yapıdaki viskozimetre rotorunun dönmesi sağlanmış ve viskozite değerine ulaşılmıştır.



Şekil 4. 6 Viskozimetre cihazı görüntüsü

#### 4.2.7 Özgül ağırlığın belirlenmesi

Sıvılar için özgül ağırlık bulma yöntemi olarak piknometre kullanılır. Bu yöntemde hacmi ve ağırlığı bilinen bir kap yoğunluğu bulunmak istenen sıvı ile doldurulur ve sıvının ağırlığı bulunur. Ağırlık/hacim oranından yoğunluk değeri elde edilir. Yapılan çalışmada Şekil 4.7’de gösterilen TQC Simex marka piknometre kullanılmıştır.



Şekil 4.7 Piknometre görüntüsü

### 4.3 İletken Özellikli Boyanın Yeni Nesil Seramik Üzerine Uygulanması

Üretilen boyanın yeni nesil seramik üzerine uygulanması için sürme kalınlığı (ince, orta, kalın), iletken şerit sayısı (2,3), güç-zaman ve sıcaklık-zaman analizleri gerçekleştirilmiştir. İletken özelliğe sahip boya filme laminasyon vasıtası ile uygulandıktan sonra bu filmin yeni nesil seramik üzerine monte edilmesi ile iletken özelliğe sahip boyanın yeni nesil seramik üzerine uygulanması gerçekleştirilmiş olmaktadır.

İletken özelliğe sahip boya uygulanmış filmin güç zaman ve sıcaklık zaman analizlerinin uygulanabilmesi için wattmetre ve temazsız termometre kullanılmıştır.

#### 4.3.1 Güç zaman analizi

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulanmış olduğu filmin güç zaman analizleri wattmetre (Şekil 4.8) yardımı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. 8 Wattmetre cihazı görüntüsü

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın güç değerinin bulunabilmesi için wattmetre kullanılmıştır. Boyanın başlangıç anından itibaren 1., 5., 10., 15., 30., 60. ve 90. dakikalardaki akım ve gerilim değerlerinin yardımı ile güç zaman grafiği elde edilmiştir.

#### 4.3.2 Sıcaklık zaman analizi

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulanmış olduğu filmin güç zaman analizleri temassız termometre (Şekil 4.9) yardımı ile gerçekleştirilmiştir.



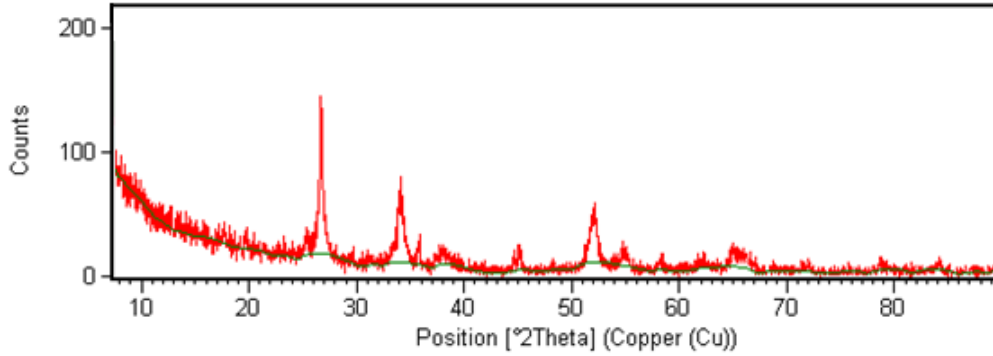
Şekil 4. 9 Temassız termometre cihazı görüntüsü

Filme uygulanan boyanın analizin başlangıç anından itibaren 1., 5., 10., 15., 30., 60. ve 90. dakikalardaki sıcaklık değerleri kaydedilmiş ve böylece sıcaklık zaman grafiği elde edilmiştir.

### DENEYSEL SONUÇLAR

#### 5.1 İletken Özelliğe Sahip Boyanın Kristal Faz Özellikleri

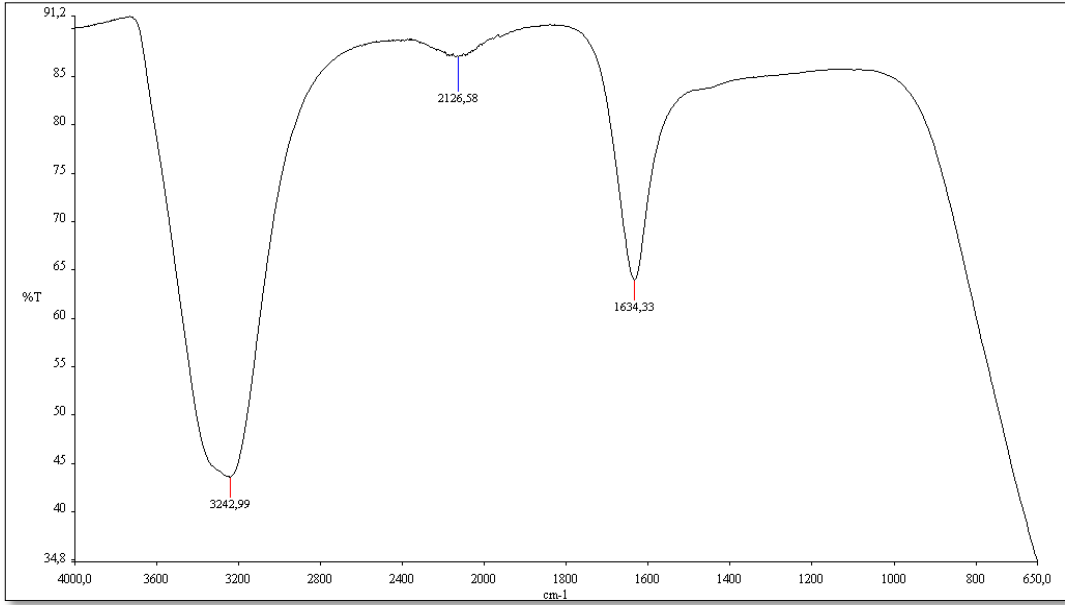
Philips Panalytical X'Pert Pro X-Işını difraktometre cihazıyla incelenen elektrik iletkenliğe sahip boyada bulunan kristal fazların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen analiz sonucunda Şekil 5.1'de verilen patern elde edilmiştir. XRD paterni incelendiğinde elektrik iletkenliğe sahip boyanın metal oksit içerikli olduğu tespit edilmiştir.



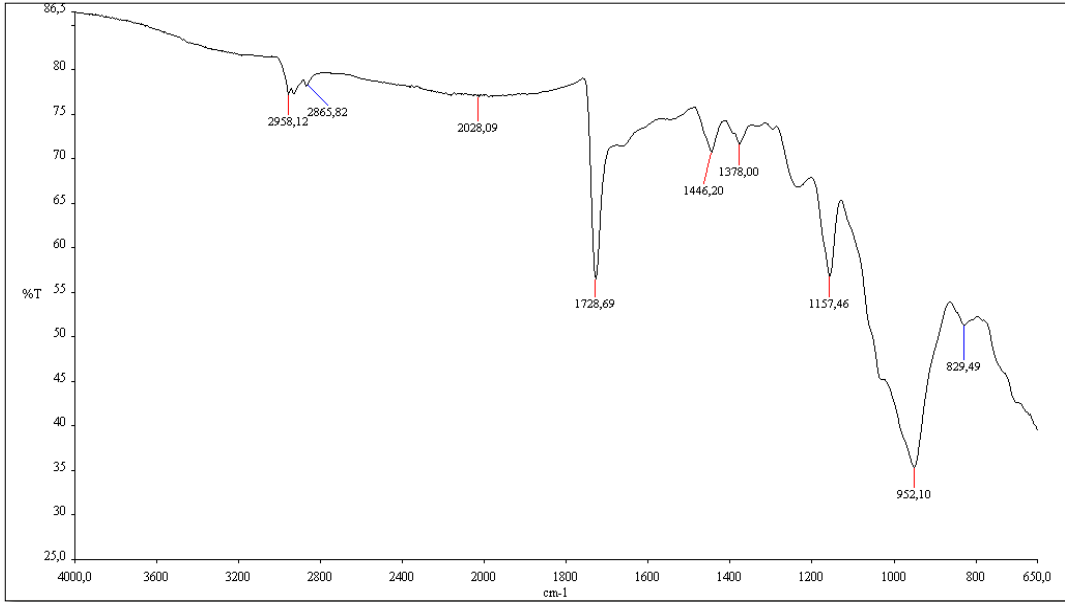
Şekil 5. 1 İletken özelliğe sahip kuru boyanın XRD paterni

#### 5.2 İletken Özelliğe Sahip Boyanın Kimyasal Bağ Özellikleri

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın sıvı hali ve kurutulmuş hali Perkin Elmer Spectrum One marka FT-IR cihazı kullanılarak 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında ATR yöntemiyle dört tekrar yapılarak gerçekleştirilmiştir.



a)



b)

Şekil 5. 2 Elektrik iletkenliğe sahip a) sıvı boyanın b) kuru boyanın FT-IR spektrumu

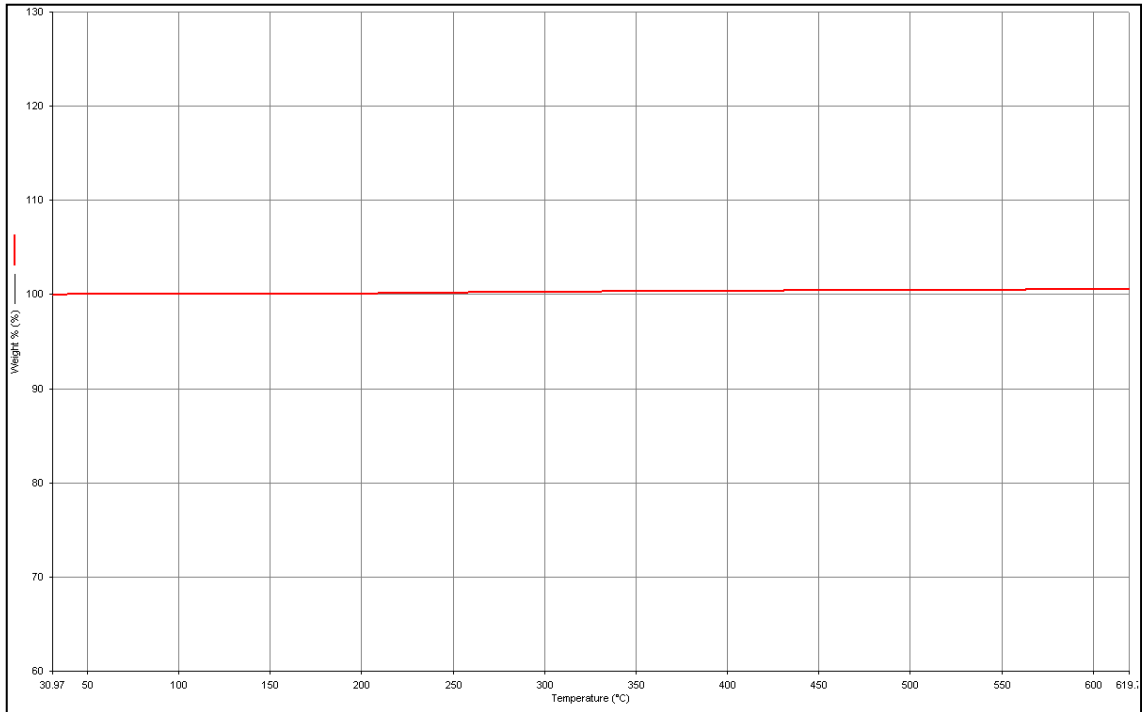
Şekil 5.2 a) incelendiğinde elektrik iletkenliğe sahip boyanın sıvı halinin FT-IR spektrumu boya yapısında H<sub>2</sub>O varlığından kaynaklanan (3242.99 cm<sup>-1</sup>) ve bünye içerisindeki (1634.33 cm<sup>-1</sup>) O-H bağlarının titreşimlerinin bulunduğu görülmektedir.

Elektrik iletkenliğe sahip kuru boyanın FT-IR spektrumu (Şekil 5.2 b)) incelendiğinde boya yapısındaki 2958.12 cm<sup>-1</sup>, 2865.82 cm<sup>-1</sup>, 2028.09 cm<sup>-1</sup>, 1728.69 cm<sup>-1</sup>, 1446.20 cm<sup>-1</sup>, 1378.00 cm<sup>-1</sup>, 1157.46 cm<sup>-1</sup>, 952.10 cm<sup>-1</sup> ve 829.49 cm<sup>-1</sup> piklerinin karakteristik metal oksit bağlarını temsil ettikleri görülmektedir.

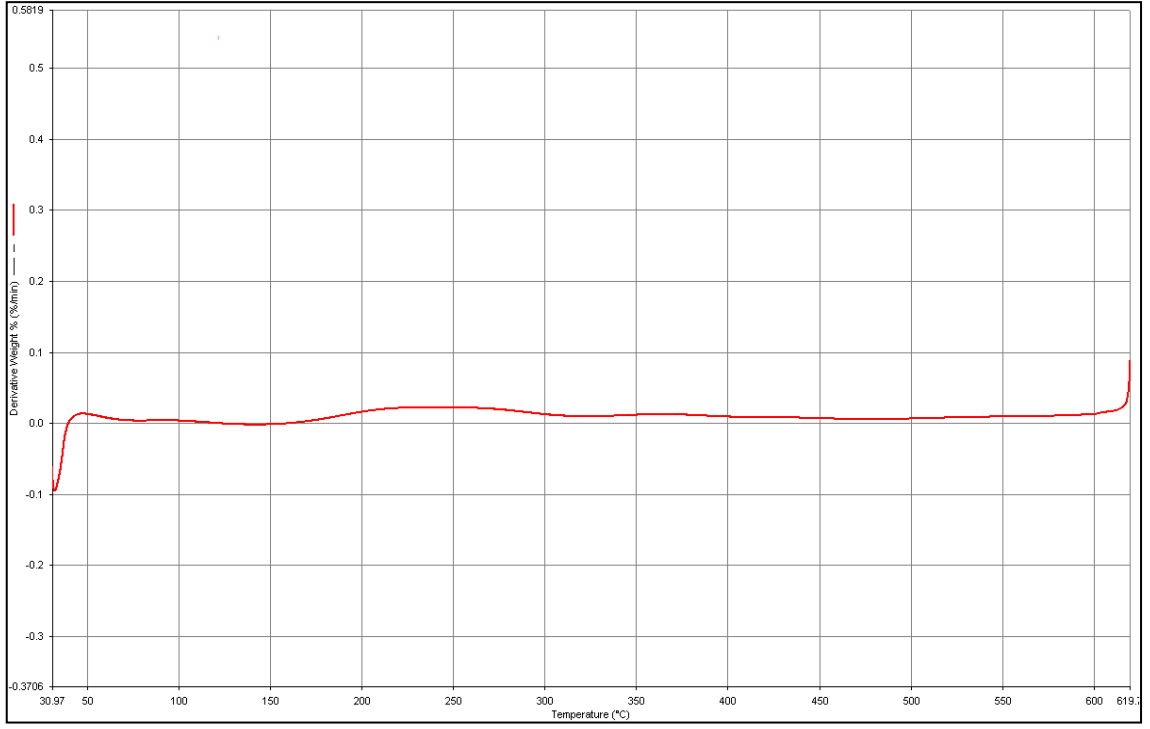
### 5.3 İletken Özelliğe Sahip Boyanın Termal Analizi Sonucu

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın termal analizleri gerçekleştirilmiş, Şekil 5.3'te verilmekte olan TG ve Şekil 5.4'te verilmekte olan DTG ve DTA eğrileri elde edilmiştir.

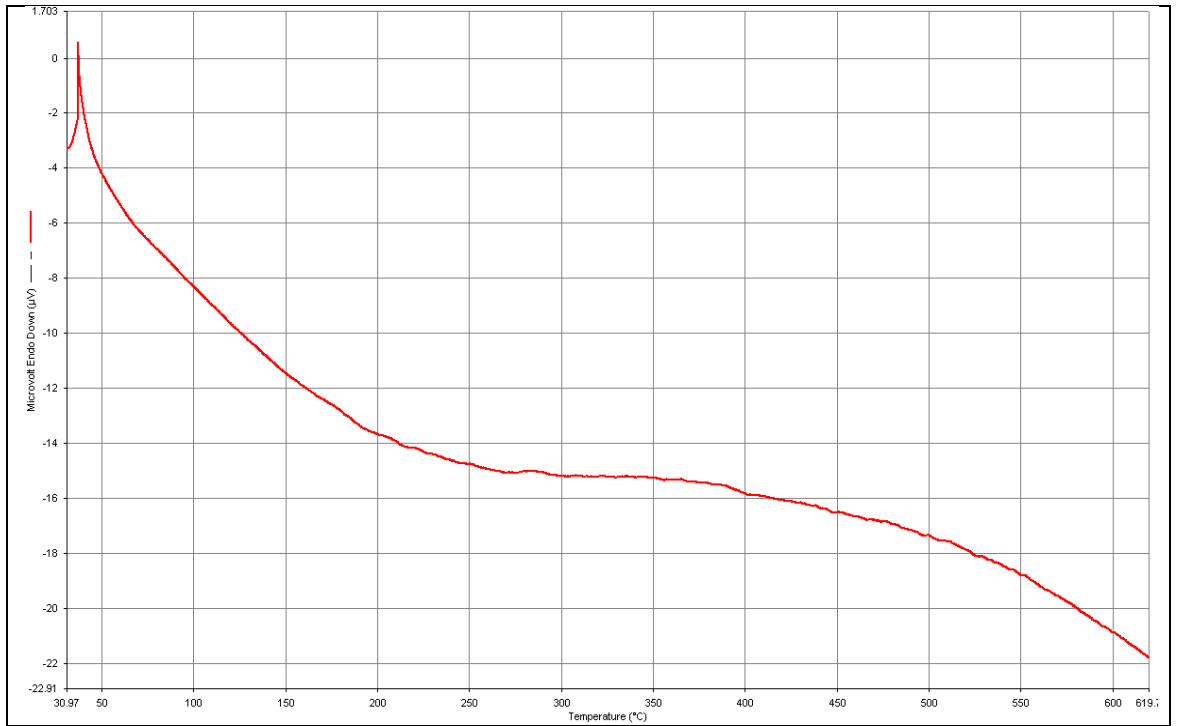
TG eğrisi incelendiğinde 600 °C'ye kadar ısıtıldığında yapısında herhangi bir kütle kaybı görülmemektedir. Boyanın yapısında herhangi bir bozunma, parçalanma ve vb reaksiyonları meydana gelmediği tespit edilmiştir. 600°C'nin altındaki sıcaklıklarda kullanılan boyanın kullanım ömrü sınırı olmamaktadır ve bu sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklarda boyanın işlevini yitireceği göz önünde bulundurularak uygulamalarda bu sıcaklığın altında çalışılmasının sağlanması gerekmektedir.



Şekil 5. 3 İletken özelliğe sahip kuru boyanın TG analiz sonucu



a)



b)

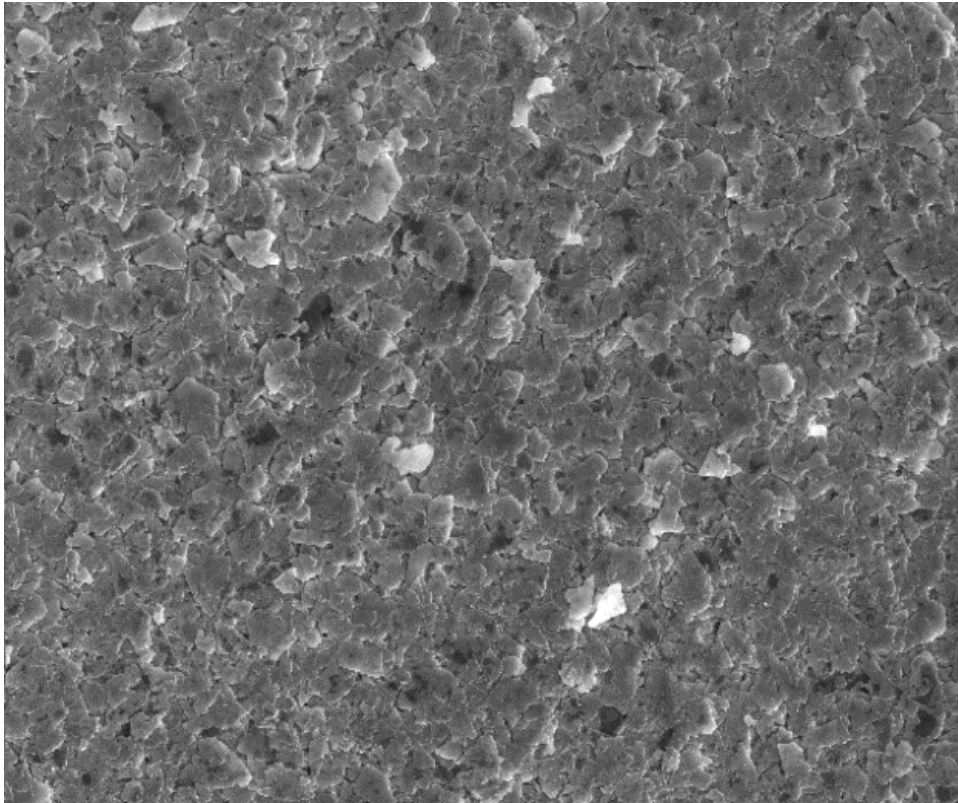
Şekil 5. 4 İletken özelliğe sahip kuru boyanın termal analiz sonuçları a) DTG b) DTA

DTG eğrisi incelendiğinde kütle değişimini temsil eden herhangi bir pik gözlenmemektedir. Sonuçlar TG eğrisi ile uyum içindedir.

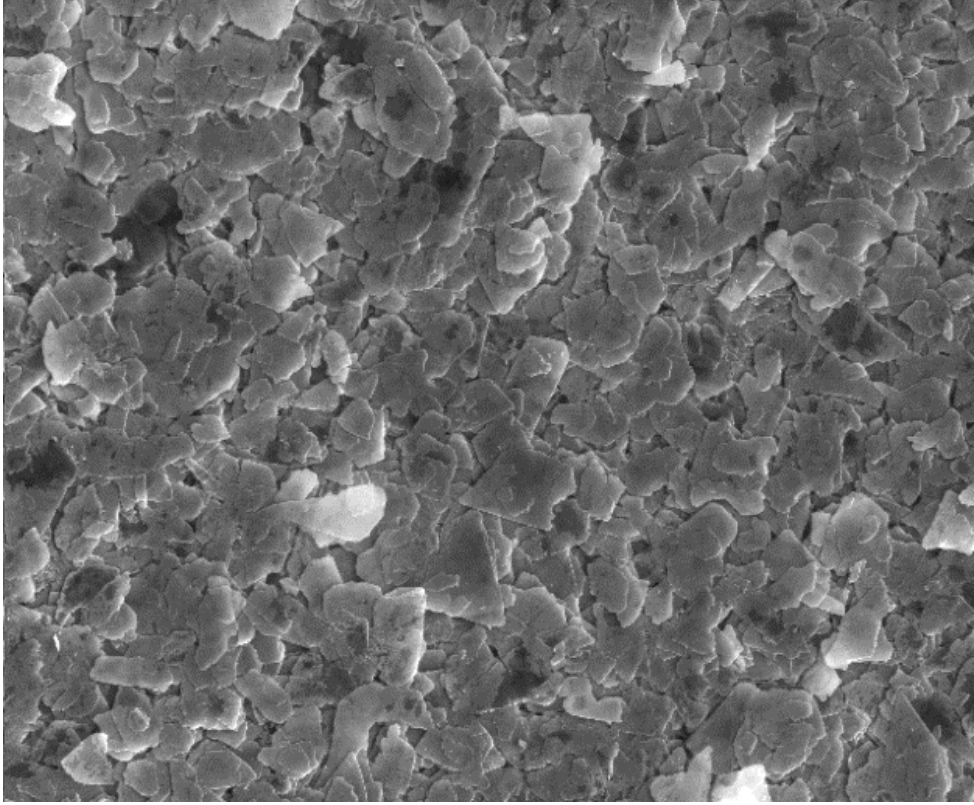
DTA eğrisi incelendiğinde ise endotermik ya da ekzotermik reaksiyonları temsil eden herhangi bir pik gözlenmemekte olup ısıtma esnasında boya içeriğinde herhangi bir hal ve faz değişimi meydana gelmediği sonucuna ulaşılmıştır.

#### **5.4 İletken Özelliğe Sahip Boyanın Parçacık Boyut Dağılımı**

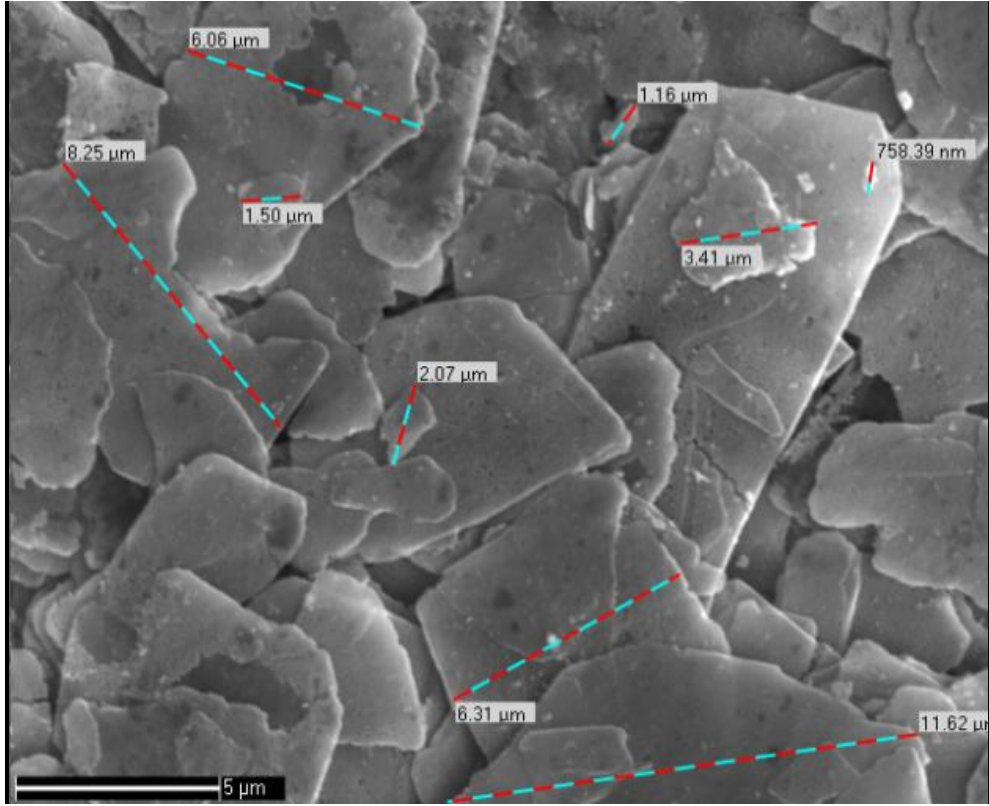
Şekil 5.5'te verilmekte olan x500, x1000, x5000, x10000 büyütme değerlerindeki SEM görüntüleri incelendiğinde elektrik iletkenliğe sahip boyanın tanecik boyutlarının 758 nm ile 11.62  $\mu\text{m}$  aralığında olduğu görülmüştür. Elde edilen bu değerler filme uygulanacak olan boyanın uygulama kalınlığının alt sınır değerinin belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır.



Şekil 5. 5 Elektrik iletkenliğe sahip boyanın x500 SEM görüntüleri

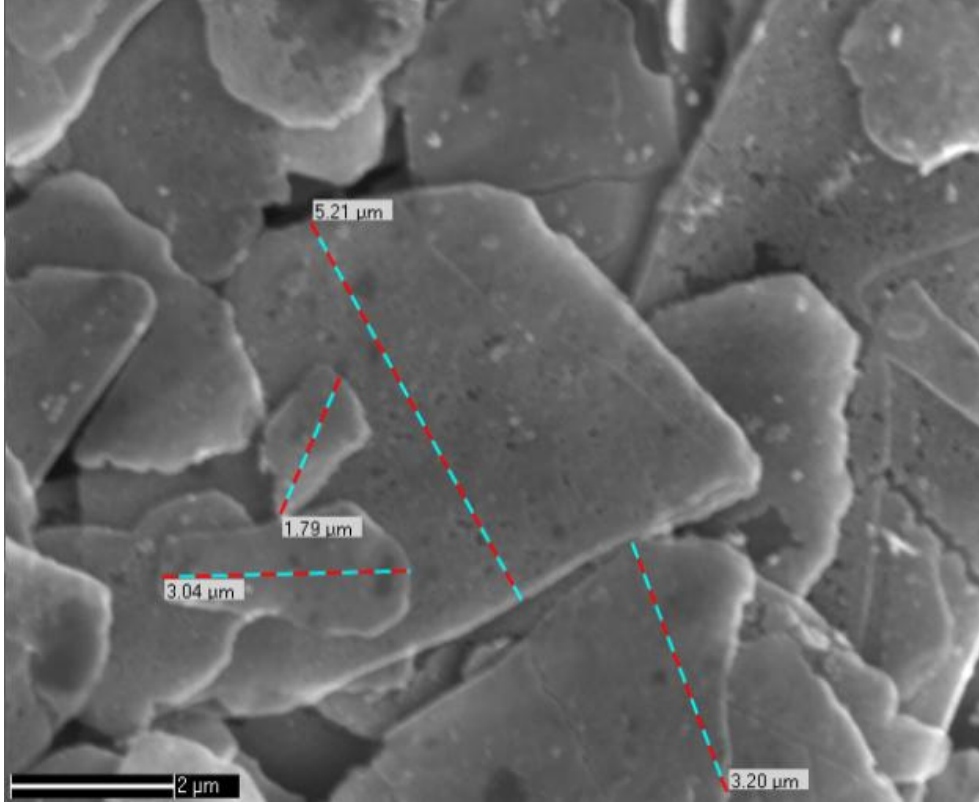


a)



b)

Şekil 5. 6 Elektrik iletkenliğe sahip boyanın SEM görüntüleri a) x1000 b) x5000



Şekil 5. 7 Elektrik iletkenliğe sahip boyanın x10000 SEM görüntüleri

### 5.5 İletken Özelliğe Sahip Boyanın ICP-OES Analizi Sonucu

İletken özelliğe sahip boyanın yapısı içerisindeki elementlerin analizi ICP-OES cihazında analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre iletken özelliğe sahip boya içerisinde insan sağlığına zararlı kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) ağır metallerini içermemektedir.

### 5.6 İletken Özelliğe Sahip Boyanın Viskozimetre Analizi Sonucu

Analizi yapılan elektrik iletkenliğe sahip boyanın oda sıcaklığında viskozitesi rotasyonel tip viskozimetre yardımı ile incelenmiş ve elektrik iletkenliğe sahip boyanın viskozite değeri 13 Pa.sn olarak elde edilmiştir.

### 5.7 İletken Özelliğe Sahip Boyanın Yoğunluk Analizi Sonucu

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın yoğunluğu piknometre yardımı ile 100 cm<sup>3</sup> hacim kaplayan boyanın ağırlığının belirlenmesiyle 1.22 g/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Elde edilen bu yoğunluk ve viskozite değerleri elektrik iletkenliğe sahip boyadan sıcaklık elde

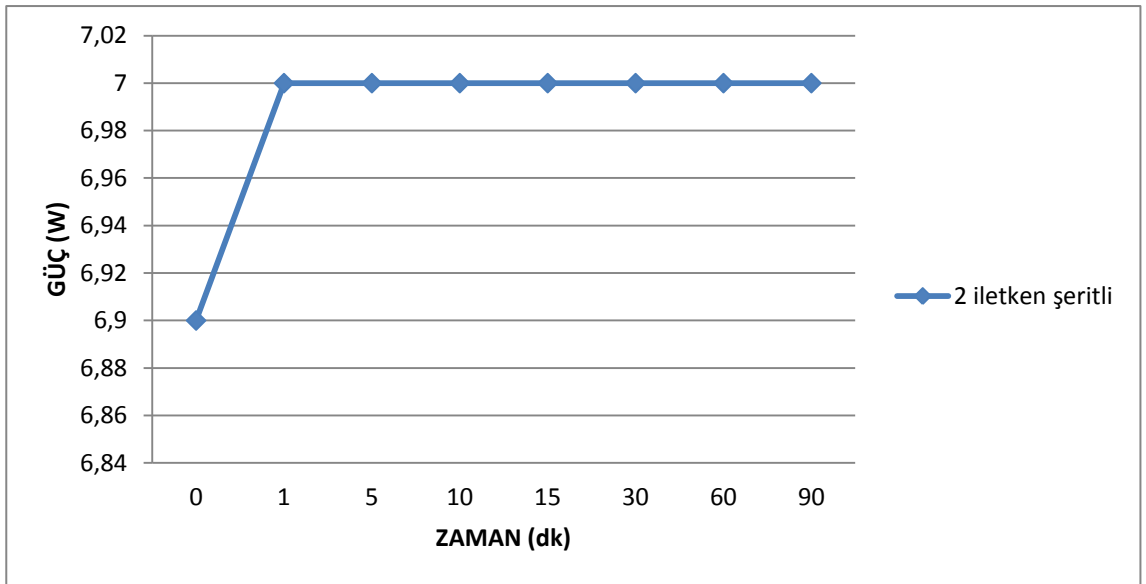
edilebilmesi ve kullanılacak olan alana uygulanabilmesi için aktarılması gereken film filme istenilen kalınlıkta sürülebilmesi açısından uygun değerler aralığındadır.

## 5.8 İletken Özelliğe Sahip Boyalı Filmin Güç Zaman Analizi Sonucu

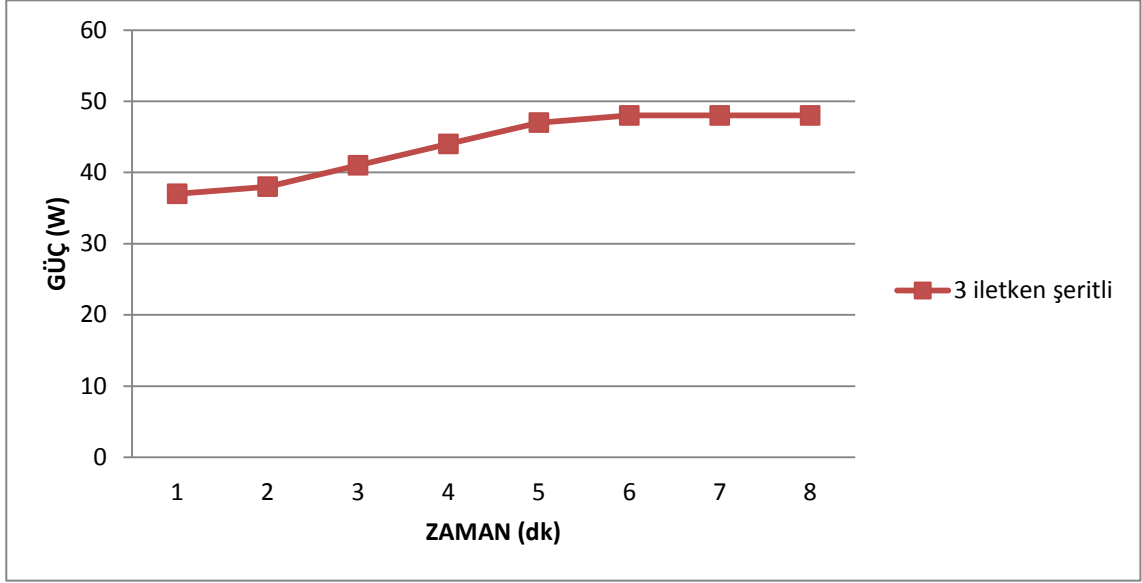
Yapısal özellikleri belirlenen iletken boya ince, orta ve kalın şekilde olmak üzere laminasyon cihazı ile taşıyıcı yüzeye sürülerek güç zaman analizleri gerçekleştirilmiştir. Bununla beraber taşıyıcı yüzeyde kullanılan 2'li ve 3'ü iletken tabakaların güç zaman analizleri etkileri incelenmiştir.

### 5.8.1 İnce boyalı filmin güç zaman analizi sonucu

Şekil 5.8 incelendiğinde ince sürüm ve 2'li şerit kullanıldığında 1. dakika sonucunda 7 wattlık güç değerine ulaşıldığı görülmektedir. Isıtma zamanı süresi arttıkça güç değerinde herhangi bir değişiklik gerçekleşmemiştir. Şekil 5.9'da ise 3'lü şerit kullanıldığında ise denge değerine 60. dakikada ulaşmış ve 48 wattlık güç değeri elde edilmiştir.



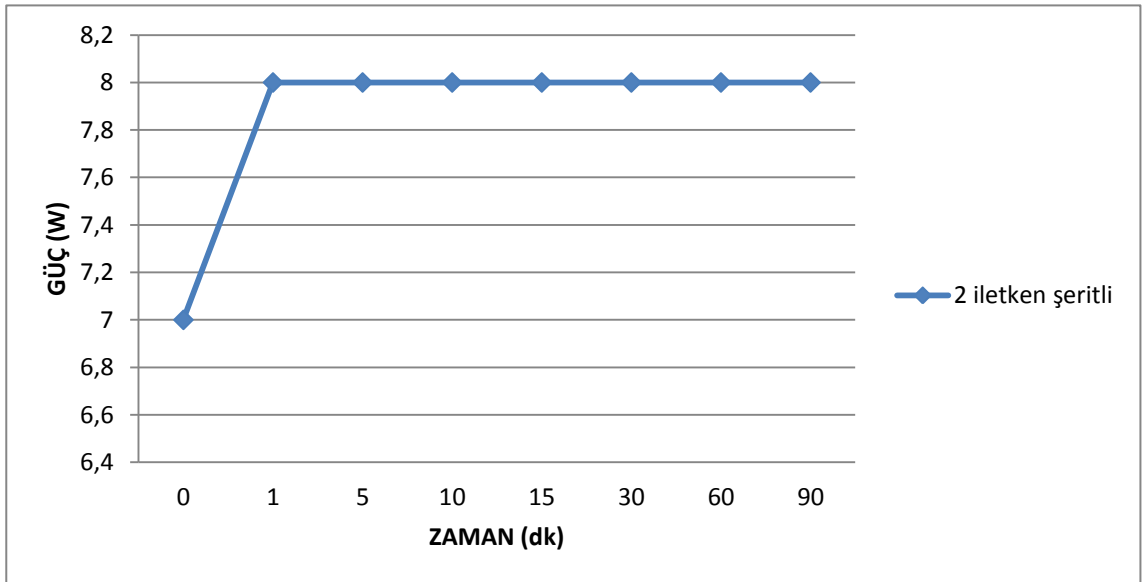
Şekil 5. 8 2 iletken şeritli iletkenliğe sahip ince boyalı filmin güç zaman analizi



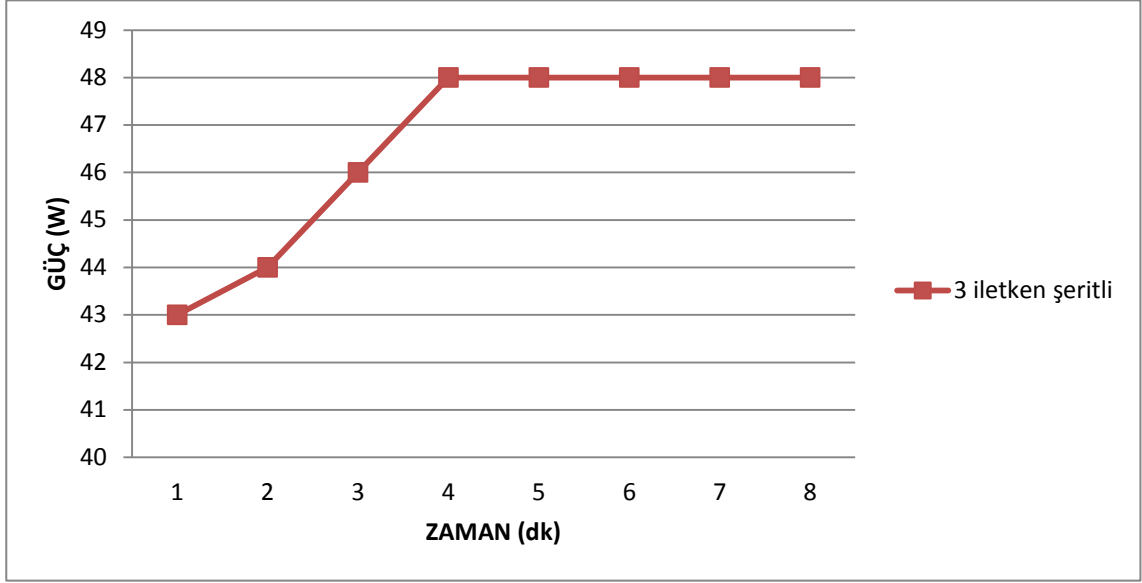
Şekil 5. 9 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip ince boyalı filmin güç zaman analizi

### 5.8.2 Orta kalınlıkta boyalı filmin güç zaman analizi sonucu

Şekil 5.10 incelendiğinde orta kalınlıkta sürüm ve 2'li şerit kullanıldığında 1. dakika sonucunda 8 wattlık güç değerine ulaşıldığı görülmektedir. Isıtma zamanı süresi arttıkça güç değerinde herhangi bir değişiklik gerçekleşmemiştir. Şekil 5.11'de ise 3'lü şerit kullanıldığında ise denge değerine 4. dakikada ulaşmış ve 48 wattlık güç değeri elde edilmiştir.



Şekil 5. 10 2 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip orta kalınlıktaki boyalı filmin güç zaman analizi

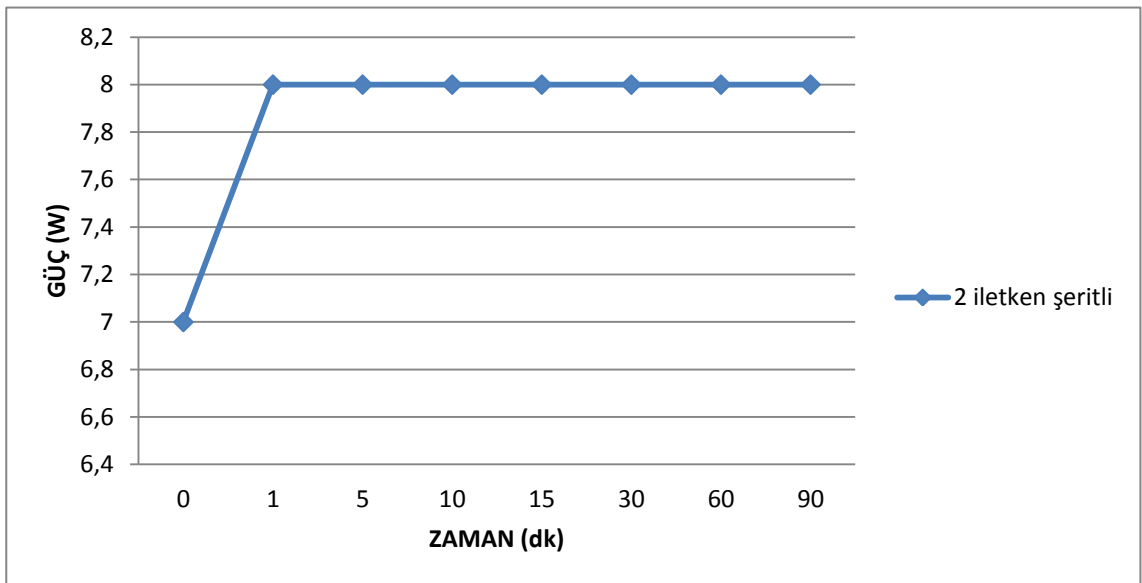


b)

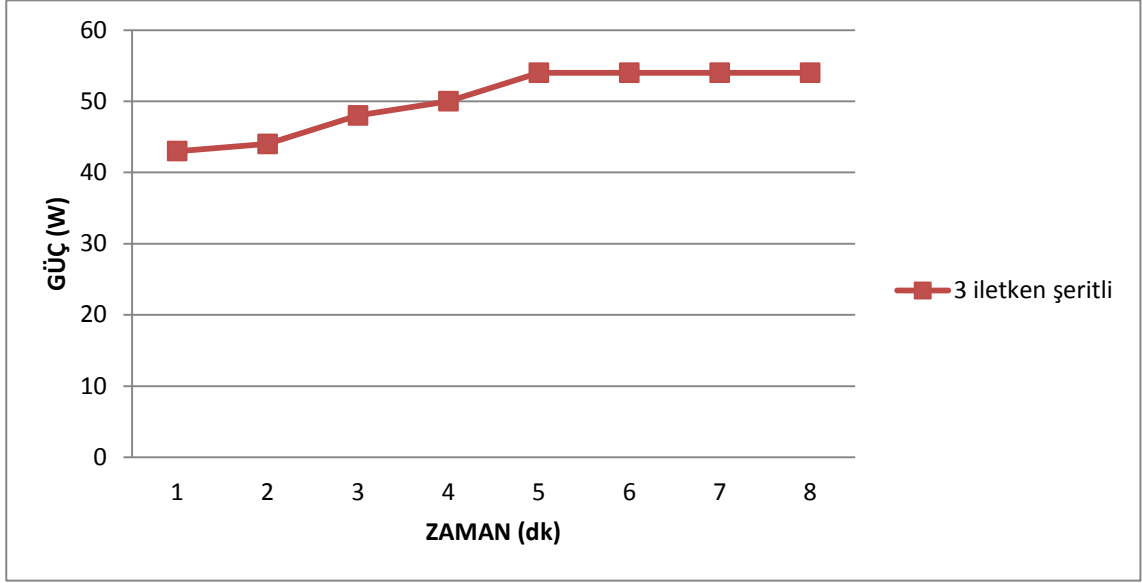
Şekil 5. 11 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip orta kalınlıktaki boyalı filmin güç zaman analizi

### 5.8.3 Kalın boyalı filmin güç zaman analizi sonucu

Şekil 5.12 incelendiğinde kalın boya sürümü uygulanıp, 2'li şerit kullanıldığında 1. dakika sonucunda 8 wattlık güç değerine ulaşıldığı görülmektedir. Isıtma zamanı süresi arttıkça güç değerinde herhangi bir değişiklik gerçekleşmemiştir. 3'lü şerit kullanıldığında ise denge değerine 5. dakikada ulaşmış ve 54 wattlık güç değeri elde edilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5. 12 2 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip kalın boyalı filmin güç zaman analizi



Şekil 5. 13 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip kalın boyalı filmin güç zaman analizi

Denge değerine ulaşana kadar elde edilen veriler incelendiğinde zaman artışına bağlı olarak harcanan güç miktarında da artış olduğu tespit edilmiştir. İnce, orta ve kalın uygulamalarda denge değerine ulaştıktan sonra güç değerinde herhangi bir artış tespit edilmmiştir.

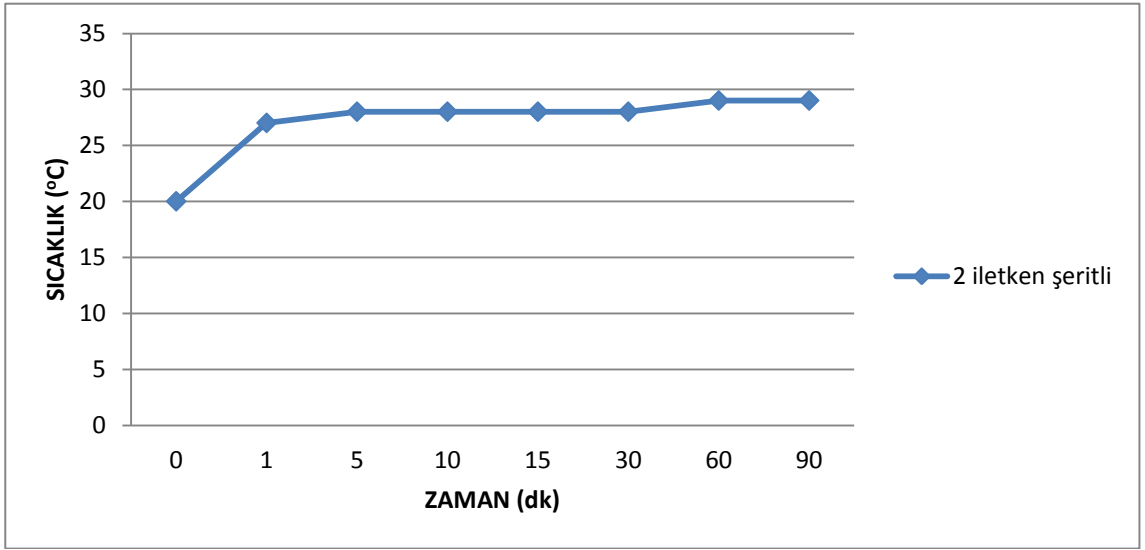
Farklı kalınlıklarda iki ve üç iletken tabakalı filmlere uygulanmış elektrik iletkenliğe sahip boyanın zaman değişimine bağlı olarak çektiği güç miktarları incelendiğinde elde edilen sonuçların birbirlerine çok yakın olduğu ve elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulama kalınlığının değişmesinin harcanan güç miktarını zamanla değiştirmedini göstermekle birlikte uygulamanın farklı sayıda iletken tabakalı filme uygulanmasının çekilen güç miktarında farklılığa neden olduğunu göstermiştir. 3 iletken tabakalı deneme iki iletken tabakalı uygulamaya kıyasla yaklaşık 7 kat daha fazla güç çekimine neden olmuştur.

### 5.9 İletken Özelliğe Sahip Boyalı Filmin Sıcaklık Zaman Analizi Sonucu

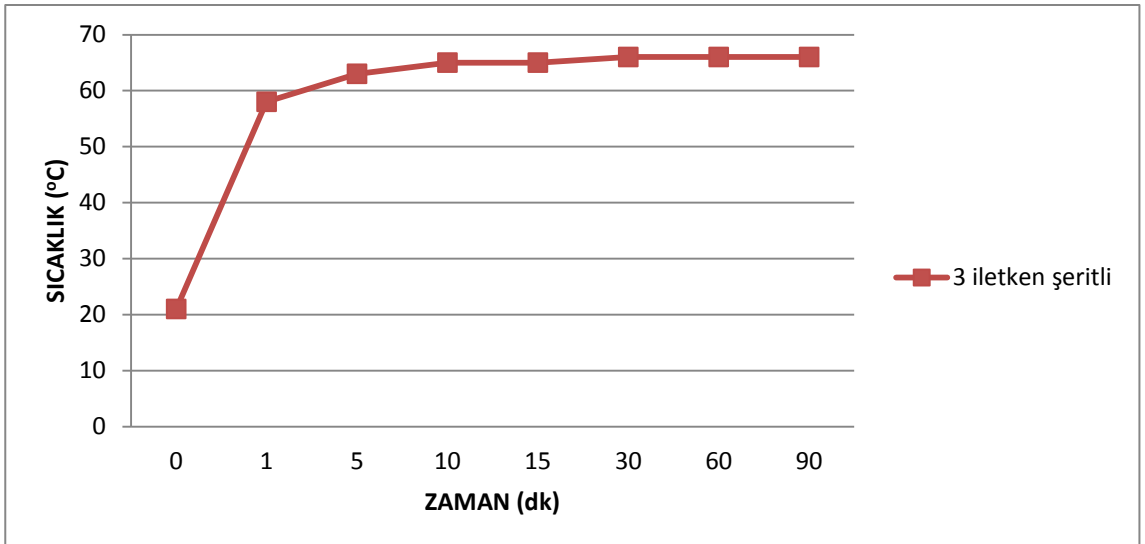
Yapılan sıcaklık zaman analizleri 30x50 cm boyutlarında film numune üzerine 3 farklı kalınlıkta uygulanmış elektrik iletkenliğe sahip boya ile 2 ve 3 iletken tabaka kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 5.9.1 İnce boyalı filmin sıcaklık zaman analizi sonucu

Şekil 5.14 incelendiğinde ince boya sürümü uygulanıp, 2'li şerit kullanıldığında başlangıçta sıcaklıkta hızlı bir şekilde yükselme olup zaman geçtikçe sıcaklık yükselmesinin yavaş bir şekilde gerçekleştiği ve 90 dakikanın sonunda sıcaklığın 29°C'ye ulaştığı görülmüştür. 3'lü şerit kullanıldığında ise aynı şekilde başlangıçta hızlı bir şekilde sıcaklık yükselmesinin gerçekleştiği ancak zamanla sıcaklığın yükselme hızının azaldığı görülmektedir. Sıcaklık 90 dakikalık sürenin sonunda 66°C'ye çıkmıştır.



a)

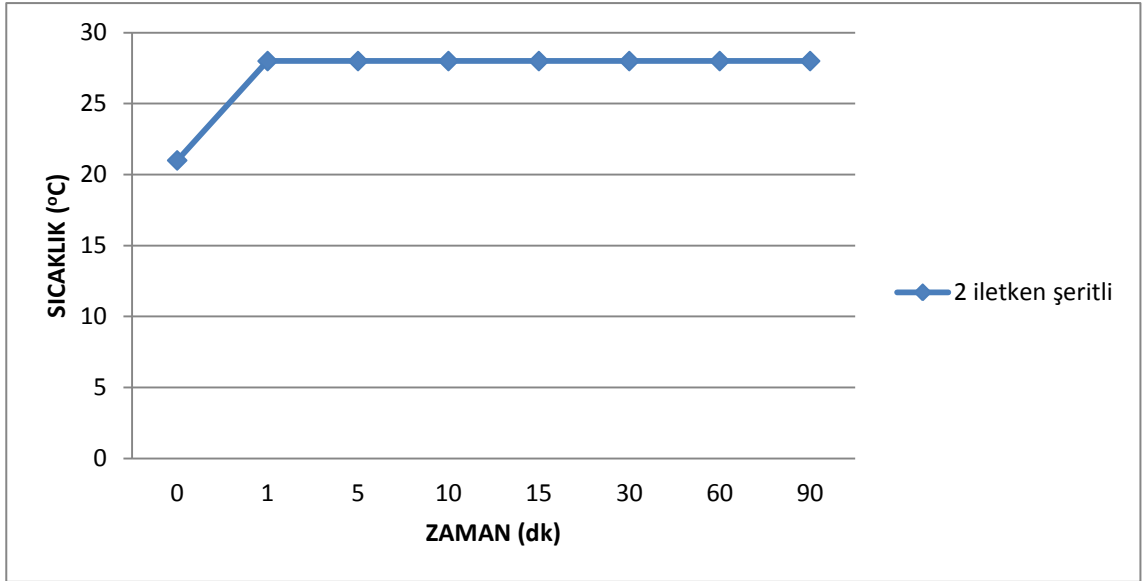


b)

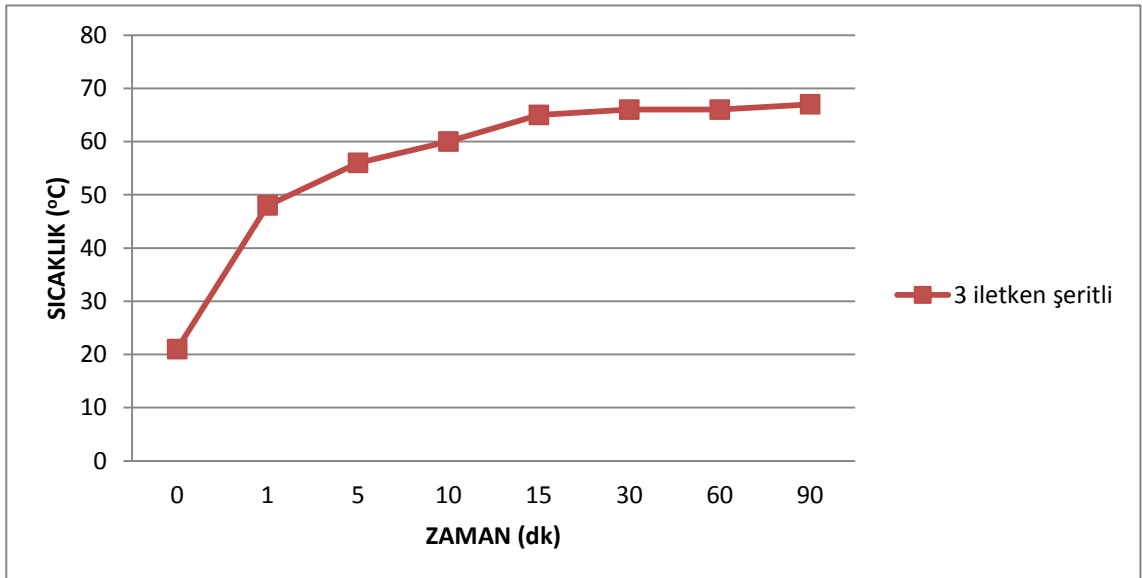
Şekil 5. 14 a) 2 iletken şeritli b) 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip ince boyalı filmin sıcaklık zaman analizi

### 5.9.2 Orta kalınlıkta boyalı filmin sıcaklık zaman analizi sonucu

Şekil 5.15 incelendiğinde orta kalınlıkta boya sürümü uygulanıp, 2'li şerit kullanıldığında başlangıçta sıcaklıkta hızlı bir şekilde  $7^{\circ}\text{C}$  yükseldiği daha sonra ise 90 dakikalık süre boyunca sabit kaldığı görülmektedir. 3'lü şerit kullanıldığında ise sıcaklık artışının daha yüksek olduğu ve 90 dakikalık süre içerisinde  $46^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış gerçekleşerek sıcaklığın  $67^{\circ}\text{C}$ 'ye çıktığı görülebilmektedir.



a)

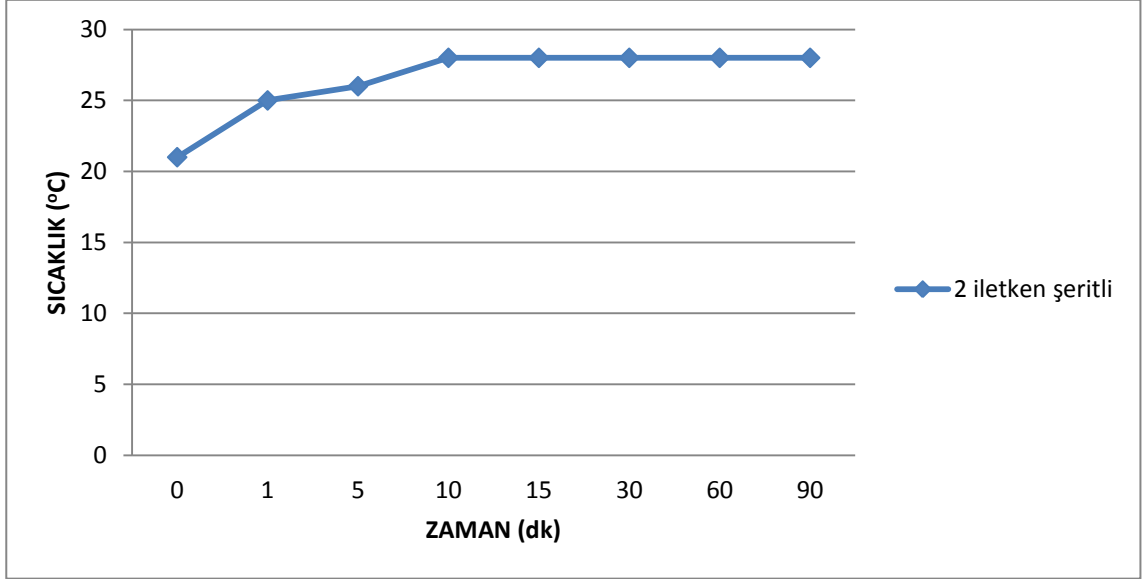


b)

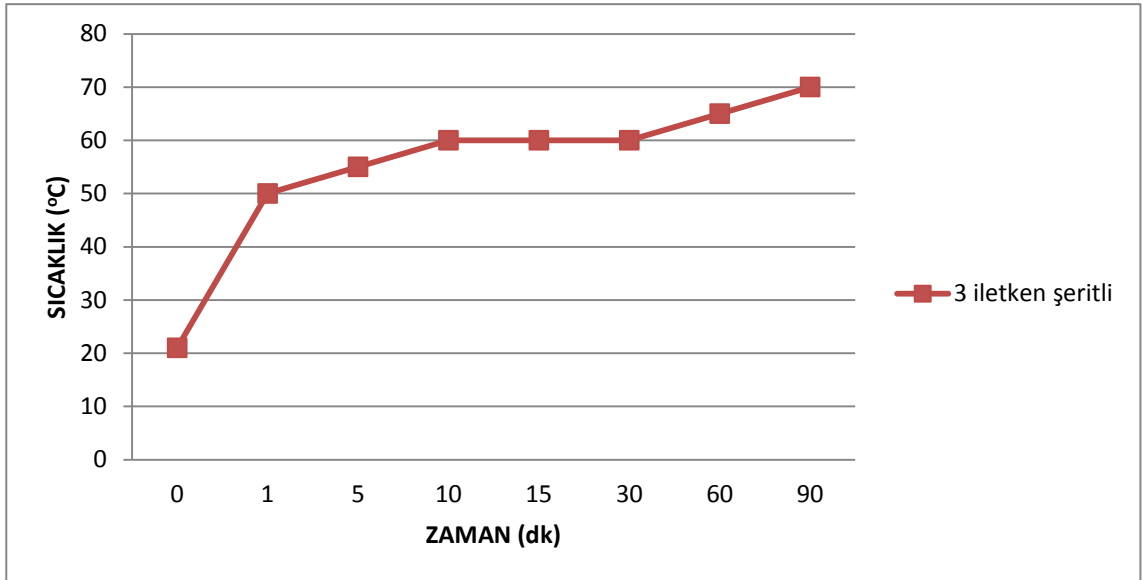
Şekil 5. 15 a) 2 iletken şeritli b) 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip orta kalınlıktaki boyalı filmin sıcaklık zaman analizi

### 5.9.3 Kalın boyalı filmin sıcaklık zaman analizi sonucu

Şekil 5.16 incelendiğinde ince boya sürümü uygulanıp, 2'li şerit kullanıldığında sıcaklık yükselişi 7°C olurken 3'lü şerit kullanıldığında ise bu sıcaklık farkının 49°C olduğu ve maksimum sıcaklık değerinin 70°C olduğu görülmektedir.



a)



b)

Şekil 5. 16 a) 2 iletken şeritli b) 3 iletken şeritli elektrik iletkenliğe sahip kalın boyalı filmin sıcaklık zaman analizi

Farklı kalınlıklarda iki ve üç iletken tabakalı filmlere uygulanmış elektrik iletkenliğe sahip boyanın zaman değişimine bağlı olarak verdiği sıcaklık miktarları incelendiğinde elde edilen sonuçların zaman değişimine paralel olarak birbirlerine çok yakın olduğu ve bu da elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulama kalınlığının değişmesinin verilen sıcaklık miktarını zamanla değiştirmedini göstermekle birlikte uygulamanın farklı sayıda iletken tabakalı filme uygulanmasının verilen sıcaklık miktarında farklılığa neden olduğunu göstermiştir. Üç iletken tabakalı deneme iki iletken tabakalı uygulamaya kıyasla 2 kattan daha fazla sıcaklık ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Elektrik iletkenliğe sahip boyanın güç zaman ve sıcaklık zaman analizleri birlikte incelendiğinde ise elektrik iletkenliğe sahip boyanın uygulandığı filmdeki iletken tabaka miktarının artmasına bağlı olarak harcanan güçte bir artış olmasına rağmen bu artışın elde edilen sıcaklık miktarında olumlu artış gösterdiği ve daha yüksek sıcaklık elde etmek amacıyla daha fazla sayıda iletken tabaka kullanılması gerektiği sonucu elde edilmiştir.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya kısıtlı olan enerji kaynakları göz önüne alındığında nüfustaki hızlı artış, küreselleşme sonucu artan ticaret olanakları ve sanayileşme kısıtlı olan bu enerji kaynaklarının daha da çok kullanılmasına neden olmakta ve enerji kaynaklarının tükenim hızını arttırmaktadır. Bu kaynaklardan daha uzun süre ve verimli yararlanmanın yolu ise çeşitli tedbirler almak ve yeni teknolojiler geliştirmekten geçmektedir. Ülkemizin önceliklerini karşılayabilmek ve ekonomik fayda sağlamak amacıyla önerilen bu elektrik iletkenliğe sahip boya ile amaçlanan, düşük elektrik sarfiyatı ile daha konforlu ve sağlıklı ısınma sağlamaktır.

Türkiye’de ilk defa Elektrik İletkenliğine Sahip Boya ve Isıtıcı Sistemin Oluşturulması, Üretilmesi ve Bunun Yeni Nesil Seramik Üzerine Uygulanması adlı SANTEZ projesi ile üretilmiş olan iletken özellikli boyanın yeni nesil seramik üzerine uygulanabilmesi için yapısal özelliklerinin belirlenmesi ve böylece daha verimli kullanılmasının sağlanması amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada elektrik iletkenliğe sahip boyaya XRD, FT-IR, DTA-TG, SEM, ICP-OES enstrümantal analizleri uygulanmış ve bunların yanında boyanın viskozite ve yoğunluk değerleri incelenmiştir. Ayrıca elektrik iletkenliğe sahip boyanın kullanımı amaçlı iletken şeritlere sahip film üzerine uygulanma sonrası uygulama kalınlığına, iletken şerit sayısına ve şerit aralığına bağlı olarak güç zaman ve sıcaklık zaman analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan tez çalışması neticesinde iletken özellikli boyanın:

- Metal oksit içerikli olduğu,

- Karakteristik metal oksit kimyasal bağlarını içerdiği,
- 600°C'ye kadar ısıtıldığında yapısında herhangi bir bozunma göstermediğinden bu sıcaklıklar altındaki sıcaklıklarda kullanılan boyanın kullanım ömrü sınırı olmadığı,
- Tanecik boyutlarının 758 nm ile 11.62 µm aralığında olduğu,
- Kurşun ve kadmiyum ağır metallerini içermediği,
- Viskozitesinin 13 Pa.sn,
- Yoğunluğunun ise 1.22 g/cm<sup>3</sup> olduğu

tespit edilmiştir.

Yeni nesil seramiklere uygulanırken taşıyıcı filme ince sürüm tekniğinin gerektiği ve iletken şerit kullanılması önerilmektedir.

Bununla beraber seramik dışında elektrik iletkenliğe sahip boyanın film yardımıyla seramik, cam, perde gibi çeşitli malzemelerle kullanılarak ticari ürün olarak değerlendirilebileceği görülmektedir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji sektörü <http://www.enerji.gov.tr/index.php?sf=webpages&b=enerji>, 5 Kasım 2012.
- [2] TÜBİTAK, (2004). "Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi", Versiyon 19, Ankara.
- [3] Thuny, G. ve Sinigaglia, J., (1995). "Electrically Conductive Fluid or Semifluid Material", United States Patent, 5.968.420 .
- [4] Scribd Inc., Boya Nedir, <http://www.scribd.com/doc/9136636/BOYA-NEDR>, 3 Kasım 2012.
- [5] T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Life 'Hawaman' Projesi Boya Üretimi, [http://www.iso.org.tr/tr/documents/cevre/boya\\_uretimi.pdf?redirected=1](http://www.iso.org.tr/tr/documents/cevre/boya_uretimi.pdf?redirected=1), 3 Kasım 2012.
- [6] Mekan Prefabrik, Boya İşleri, <http://www.mekanprefabrik.com/boya-isleri>, 7 Kasım 2012.
- [7] Akzo Nobel, Boya Teknolojisine Genel Bakış, <http://www.docstoc.com/docs/105321032/BOYA-TEKNOLOJISINE-GENEL-BAKIS>, 12 Kasım 2012.
- [8] Karakaş, F., (2011). Endüstriyel Hammaddelerin Su Bazlı Boyalarda İşlev Mekanizması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] Focus Technology Co., Titanium Dioxide, <http://csfertilizer.en.made-in-china.com/product/AeSmtwVBZKYi/China-Titanium-Dioxide-Molecular-Formula-TiO2-.html>, 10 Aralık 2012.
- [10] Focus Technology Co., Pigment, <http://beautifulcolor.en.made-in-china.com/product/kbqnQCeEZIVd/China-Pigment-Colorful.html>, 10 Aralık 2012
- [11] Solo Stocks, Litopon, <http://www.solostocks.pl/sprzedaz-produkty/chemia/farby-pigmenty/litopon-b301-b311-846783>, 10 Aralık 2012.

- [12] GMKA, Talk, [http://www.gmka.org.tr/uploads/downloads/dosya/bolgesel\\_raporlar/maden\\_cilik/madencilik2011/assets/basic-html/page31.html](http://www.gmka.org.tr/uploads/downloads/dosya/bolgesel_raporlar/maden_cilik/madencilik2011/assets/basic-html/page31.html), 10 Aralık 2012.
- [12] Arnika International, Montmorillonite, <http://arnika-inter.com/en/content/15.html>, 13 Aralık 2012
- [13] T. C. Milli Eğitim Bakanlığı, MEGEP Projesi, Boya Üretimi, <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/BoyaUretimi.pdf>, 11 Kasım 2012.
- [14] Wikipedia, Boya, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Boya>, 13 Kasım 2012
- [15] Stahlecker, O., Thon, M., Glausch, R., Ptaff, G., Kieser, M. ve Gobel, W., (1993). "Conductive Pigment", United States Patent, 5.320.781.
- [16] Pfaff, G.,(2008). "Special effect pigments", Second Revised Edition, Vincentz Network GmbH & Co. KG, Hannover.
- [17] Schoen, S., Vogt, R., Schul, N., Osterried, K. ve Neugebauer, E., (1999). "Electrically Conductive Pigment Mixture", United States Patent, 6.162.374.
- [18] Dhiman, N., Singh, B.P. ve Gathania, A.K., (2012). "Synthesis and characterization of dye-doped TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> core shell composite microspheres", Journal of Nanophotonics, 6 (1).
- [19] Yoshikawa, M., Iwabuchi, Y., Kusano, Y. Ve Nishida, M., (2001). "Transparent Electroconductive Film", United States Patent, 6.744.425.
- [20] Couraud, J.C. ve Tourn, J.C., (2005). "Device for Heating Air, Fluids and Materials, In Dry or Wet Environment, Powered with Low Voltage Current or Alternating or Direct Very Low Safe Allowable Voltage", United States Patent, 6.963.054.
- [21] Mersin Üniversitesi, X-Işınları Kırınım Cihazı ve Kırınım Yasası, <http://mersin.edu.tr/apbsuploads/1000470/FizikveTeknoloji/02-XRDVeKirinim.pdf>, 9 Aralık 2012.
- [22] Yıldız Teknik Üniversitesi, (2010). "Kimya Mühendisliği Kimya Endüstrisinde Analiz Yöntemleri Ders Notu Kimya Mühendisliği Enstrümantal Analiz Dersi Ders Notları", İstanbul.
- [23] ETH Zürich, Bragg's Law on Diffraction, <http://www.microscopy.ethz.ch/bragg.htm>, 9 Aralık 2012.
- [24] İnönü Üniversitesi, (2010). "Açık Kaynak Ders Notları Fen ve Mühendislik Bilimleri için Enstrümantal Analiz", Malatya.
- [25] Fırat Üniversitesi, (2012). "Fen Fakültesi Kimya Bölümü Enstrümantal Analiz Laboratuvarı Deney Föyü", Elazığ.

- [26] Balıkesir Üniversitesi, Termal Analiz Yöntemleri, <http://lisanskimya.balikesir.edu.tr/~f10501/ter.html>, 17 Aralık 2012.
- [27] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Taramalı Elektron Mikroskobu, [http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DERSLER/BAHAR/MALZEME%20KARAKTERIZASYON%20TEKNIKLERI/TARAMALI%20ELEKTRON%20MIKROSKOBU\[6\].pdf](http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DERSLER/BAHAR/MALZEME%20KARAKTERIZASYON%20TEKNIKLERI/TARAMALI%20ELEKTRON%20MIKROSKOBU[6].pdf), 17 Aralık 2012.
- [28] Chemtime, ICP- Plazma Spektroskopisi, <http://www.chemtime.com/icp-plazma-spektroskopisi/>, 19 Aralık 2012.
- [29] Sentez Optik Elektronik ve End. Cihazlar Mühendislik, Viskozimetreler, <http://www.sentezgroup.com.tr/optik/icerik.asp?bolum=5&tur=5&urun=11&id=60&baglanti=60>, 22 Aralık 2012.
- [30] AC/DC Elektronik Sistemler Dan. San. Ve Tic. Ltd. Şti., Viskozimetre Nedir, [http://www.viskozimetre.com/viskozimetre\\_nedir.htm](http://www.viskozimetre.com/viskozimetre_nedir.htm), 22 Aralık 2012.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Emrah ÖZKAN  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 06.05.1988 Bulgaristan  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : eemrahozkan@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan               | Okul/Üniversite               | Mezuniyet Yılı |
|--------|--------------------|-------------------------------|----------------|
| Lisans | Kimya Mühendisliği | Yıldız Teknik Üniversitesi    | 2011           |
| Lise   | Fen Bilimleri      | Avcılar Süleyman Nazif Lisesi | 2005           |

### İŞ TECRÜBESİ

| Yıl  | Firma/Kurum                                   | Görevi      |
|------|---|-------------|
| 2012 | Seranit Granit Seramik Ticaret ve Sanayi A.Ş. | ARGE Uzmanı |

### YAYINLARI

#### Proje

1. SANTEZ Elektrik İletkenliğine Sahip Boya ve Isıtıcı Sistemin Oluşturulması, Üretilmesi ve Bunun Yeni Nesil Seramik Üzerine Uygulanması