

**ALEV SPREY YÖNTEMİYLE PLASTİK ESASLI
KAPLAMALARIN ÜRETİLMESİ VE KAREKTERİZASYONU**

Proje No: 109M412

Doç.Dr. Ahmet TÜRK

MART 2011

SAKARYA

ÖNSÖZ

Gelişmekte olan ülkemizde, korozyon ve aşınma kayıpları net bir şekilde belirlenmemiş olmakla birlikte ekonomimize büyük kayıplar verdiği bilinen bir gerçektir. Günümüzde malzemelerin kullanım ömrünü sınırlayan aşınma ve korozyon etkilerinin giderilmesine yönelik olarak birçok yüzey işleme ve kaplama teknolojisi kullanılmaktadır. Aşınma kayıpları öncelikle kaynak uygulamaları, korozyon kayıpları ise astar boya (antipas) ile önlenmeye çalışılmaktadır. Bu uygulamalar çok bilinmekte olup bir çok alanda başarılı olarak uygulanmaktadır. Son yıllarda alev sprej yöntemi ile boyaya alternatif polimer/plastik püskürtme uygulamaları metalik malzemeleri korozyondan korumak amacıyla uygulanmaya başlamıştır. Alev sprej yöntemi, uzun yıllardır metal ve seramik malzemeleri püskürtmede kullanılan ve bilinen yaygın bir teknoloji olup, plastik/polimer esaslı kaplamaların püskürtme yoluyla üretilmesi modifiye bir tabanca kullanımıyla gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada alev sprej yöntemi ile etilen-vinil-asetat (EVA) kopolimerinin optimum parametrelerde üretimi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Öncelikli olarak kaplama parametrelerine etki eden birincil parametreler yanıcı gaz oranları, altlık sıcaklığı ve toz besleme basıncı literatür araştırmaları ile belirlenmiş ve bu kapsamda üretilen kaplamalar makro inceleme, optik ve taramalı elektron mikroskobu ile sertlik değerleri sonuçlarına göre yorumlanmış ve optimum üretim parametreleri elde edilmiştir. Ayrıca üretilen kaplamalara ASTM B-117 standartlarına uygun olarak 1000 saatlik tuz püskürtme korozyon testi uygulanmıştır. Bunun yanı sıra optimum parametrelerde üretilen numunelere UV yaşlandırma testi ile benzin, mazot, motor yağı ve saf alkol içerisinde 1600 saatlik banyo testi uygulanmıştır. Daha sonraki aşamada ise EVA tozuna belirli oranda katkı malzemesi ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma performansları belirlenmiştir.

Korozyondan koruma amaçlı uygulamalarda gelecekte büyük bir potansiyele sahip olacağı düşünülen polimer esaslı kaplamaların ülkemizde üretilmesi, analiz ve karakterizasyonuna yönelik çalışmaların yapılması TÜBİTAK-MAG tarafından desteklenen bu proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

ÖZET	8
ABSTRACT	8
BÖLÜM I. GİRİŞ	9
BÖLÜM II. ALEV SPREY YÖNTEMİ	11
2.1. Toz Alev Sprey Yöntemi	11
2.1.1. Toz Alev Sprey Yöntemi İle Polimer Kaplama	12
2.1.1.1. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların avantajları	14
2.1.1.2. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların dezavantajları	14
2.1.2. Alev Toz Sprej Kaplama Prosesine Etki Eden Parametreler	15
2.1.2.1. Alev ayarı	15
2.1.2.2. Püskürtme mesafesi	15
2.1.2.3. Püskürtme açısı	15
2.1.2.3. Püskürtme hızı ve kaplama	15
2.1.2.4. Altlık malzemesinin ön Isıtması ve pürüzlendirme	16
BÖLÜM III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	17
3.1. Ön Hazırlık İşlemleri (Toz ve Altlık Yönünden)	17
3.2. Alev Sprej Kaplama Sistemi	18
3.3. Tuz Püskürtme Kabini	18
3.4. Ultraviyole Yaşlandırma Test Düzenegi	19
3.5. Aşınma Deneyi Test Düzenegi	20
3.6. Mazot, Benzin, Motor Yağı ve Saf Alkol Banyoları Test Ortamları	20
BÖLÜM IV. DENEYSEL SONUÇLAR	22
4.1. Kaplamada Kullanılan Tozun Morfolojisi	22
4.2. Kaplamaların Üretimi	23
4.2.1. Optimum Oksijen/Propan Gaz (O_2/C_3H_8) Oranın Belirlenmesi	23
4.2.2. Optimum Altlık Sıcaklığının Belirlenmesi	26
4.2.3. Optimum Toz Besleme Basıncının Belirlenmesi	28
4.2.4. Optimum Numune Üretimi ve Performans Testleri	30
4.2.4.1. Tuz püskürtme korozyon testi	32
4.2.4.2. Banyo testlerinin uygulanması	37
4.2.4.3. Ultraviyole testi	41
4.3. Partikül Takviyeli Kompozit Kaplamaların Üretimi ve Karakterizasyonu	42
4.3.1. Tozların hazırlanması ve kaplamaların üretilmesi	43
4.3.1.1. EVA+SiC	43
4.3.1.2. EVA+ Al_2O_3	46
4.3.1.3. EVA+ TiO_2	48
4.3.1.4. EVA+Soda Kireç Camı	50

4.4. Partikül Takviyeli Kaplamaların Aşınma Deneyi Sonuçları	53
4.4.1. Aşınma Deneyi Sonrası Aşınma İzlerinin Optik Mikroskop Görüntüleri	56
4.5 Üç Nokta Eğme Deneyi	59
GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60

TABLolar LİSTESİ

- Tablo 2.1 Alev sprej çeşitlerine göre üretilen kaplamaların mekanik özellikleri
- Tablo 3.1 Kaplama cihazında kullanılan gazların basınçları
- Tablo 3.2 Tuz püskürtme korozyonu deneyinde kullanılan suyun özellikleri
- Tablo 3.3 ASTM B-117 standartlarına göre deney parametreleri
- Tablo 3.4 Ultraviyole test parametreleri
- Tablo 4.1 EVA' nın özellikleri
- Tablo 4.2 Farklı oksijen /propan oranlarına bağlı üretilen kaplamalar ve özellikleri
- Tablo 4.3 Altlık sıcaklığına bağlı özellikler
- Tablo 4.4 Farklı toz besleme basıncında üretilen kaplamaların özellikleri
- Tablo 4.5 Belirlenen optimum değerlerde üretilen kaplamaların özellikleri
- Tablo 4.6 Korozyon testi uygulanan numunelerin test öncesi ve sonrası ağırlıkları ve sertlik değerleri
- Tablo 4.7 Banyo numunelerinin dayanıklılık testi öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri
- Tablo 4.8 Performans test numunelerinin test öncesi ve sonrası sertlik değerleri
- Tablo 4.9 Ultraviyole testi uygulanan numunelerin sertlik dağılımları
- Tablo 4.10 Ultraviyole testi öncesi ve sonrası ağırlık kaplamaların ağırlık değerleri
- Tablo 4.11 Aşınma numunelerinin ağırlık kayıpları ve sürtünme katsayıları

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1 Toz alev püskürtme yöntemi
- Şekil 2.2 Polimer püskürtmenin bileşenleri
- Şekil 2.3 Alev sprej tabancası püskürtme nozulu ve püskürtme anı
- Şekil 3.1 Kaplama uygulamalarında kullanılan alev sprej kaplama sistemi
- Şekil 3.2 Ultraviyole yaşlandırma test düzeneği
- Şekil 3.3 Aşınma deneyi test düzeneği
- Şekil 3.4 Banyo testi için hazırlanmış test ortamları
- Şekil 4.1 EVA tozunun toz boyut dağılımı
- Şekil 4.2 EVA polimer tozunun SEM görüntüleri
- Şekil 4.3 Oksijen/propan oranı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri
- Şekil 4.4 Oksijen/Propan gaz oranına göre üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri
- Şekil 4.5 Altlık sıcaklığı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri
- Şekil 4.6 Altlık sıcaklığı optimizasyonu için üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri
- Şekil 4.7 Taşıyıcı toz besleme basıncına göre üretilen numunelerin makro görüntüleri
- Şekil 4.8 Farklı toz besleme basıncında üretilmiş kaplamaların kesitten alınmış mikro yapı görüntüleri
- Şekil 4.9 Üretilen optimum numunelerin makro görüntüleri
- Şekil 4.10 Optimum parametrelerde üretilen numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri
- Şekil 4.11 Optimum numunelerden elde edilen SEM görüntüleri
- Şekil 4.12 Korozyon öncesi ve sonrası kaplama numunelerinin makro görüntüleri
- Şekil 4.13 Benzin banyosu numunesi makro görüntüleri
- Şekil 4.14 Benzin banyosu numunesinin kesit ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri
- Şekil 4.15 Mazot banyosu numunesi makro görüntüleri
- Şekil 4.16 Mazot banyosu numunesinin kesit ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri
- Şekil 4.17 Yağ banyosu numunesi makro görüntüleri
- Şekil 4.18 Yağ banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri
- Şekil 4.19 Saf alkol banyosu numunesi makro görüntüleri
- Şekil 4.20 Atmosfer ortamı numunesi makro görüntüleri
- Şekil 4.21 Ultraviyole deneyi numunelerinin makro görüntüleri
- Şekil 4.22 SiC tozunun boyut dağılım grafiği

Şekil 4.23 EVA+ % 10 SiC kaplama tozunun SEM görüntüleri (beyaz partiküller SiC, büyük griler EVA tozu)

Şekil 4.24 EVA+%10 SiC tozu kaplamalarının makroskopik görüntüsü ile mikroskopik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.25 EVA+% 10 SiC tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeyinin SEM görüntüleri

Şekil 4.26 Al_2O_3 tozunun toz boyutu değerleri

Şekil 4.27 EVA + % 10 Al_2O_3 tozlarının SEM mikroskop görüntüleri

Şekil 4.28 EVA+%10 Al_2O_3 tozu kaplamalarının makroskopik görüntüsü ile mikroskopik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.29 EVA+%10 Al_2O_3 tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 4.30 TiO_2 tozunun toz boyut dağılım grafiği

Şekil 4.31 EVA+ %10 TiO_2 karışım tozlarına ait SEM mikroskop görüntüleri

Şekil 4.32 EVA+ TiO_2 tozu kaplamalarının makroskopik görüntüsü ile mikroskopik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.33 EVA+%10 TiO_2 tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 4.34 Soda-kireç camı tozunun toz boyutu değerleri

Şekil 4.35 EVA+ %10 soda-kireç camı tozlarının SEM mikroskop görüntüleri

Şekil 4.36 EVA+Soda kireç camı tozu kaplamalarının makroskopik görüntüsü ile mikroskopik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.37 EVA+Soda kireç camı kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 4.38 Kaplamaların aşınma kaybı grafikleri

Şekil 4.39 Aşınma deneylerinde elde edilen sürtünme katsayısı grafikleri

Şekil 4.40 Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların sürtünme katsayıları grafiği

Şekil 4.41 Aşınma numunelerinin makroskopik görüntüleri

Şekil 4.42 Partikül takviyesi ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma deneyi sonrası elde edilen optik mikroskop görüntüleri

Şekil 4.43 3 nokta eğme testi uygulana kaplama numunelerinin makro görüntüsü

ÖZET

Bu çalışmada alev sprej yöntemi ile etilen-vinil-asetat (EVA) kopolimerinin optimum parametrelerde üretimi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Birinci aşamada kaplama kalitesine etki eden birincil parametreler (yakıcı/yanıcı gaz oranları, altlık sıcaklığı ve toz besleme basıncı) değiştirilerek değişik kaplamalar üretilmiştir. Optimum parametrelerle üretilen kaplamaların makro inceleme, mikroskopik (optik ve SEM) incelemeleri yapılmış ve testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre optimum üretim parametreleri belirlenmiştir. Daha sonra ise üretilen kaplamalara ASTM B-117 standartlarına uygun olarak 1000 saatlik tuz püskürtme korozyon testi uygulanmıştır. Bunun yanı sıra optimum parametrelerde üretilen numunelere UV yaşlandırma testi ile benzin, mazot, motor yağı ve saf alkol içerisinde 1600 saatlik banyo testi uygulanmıştır. Daha sonraki aşamada ise EVA tozuna belirli oranda ($\cong\%10$) seramik esaslı sert partiküller (SiC, Al₂O₃, TiO₂, cam) ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma performansları pin on disk yöntemi ile incelenmiştir. Sonuç olarak alev sprej yöntemi ile optimum parametrelerde üretilen EVA kopolimer kaplamalarının korozyondan koruma amaçlı kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alev Sprej, EVA (Etil Vinil Asetat), Korozyon, Aşınma

ABSTRACT

In this study, the characterization and producing of ethylene vinyl acetate copolymer coatings with optimal parameters were proposed. At first stage, coatings have been produced by changing the primary parameters (fuel and oxygen ratio, substrate temperature and powder supplier pressure) that affect coating quality and these coatings were characterized macroscopically and microscopically using optical microscope and SEM and hardness test were carried out as well. According to these test results optimum coating parameters were determined. Coatings produced with optimum coating parameters were subjected to salt spraying corrosion test according to ASTM B-117 standards for 1000h test time. Furthermore the samples produced with optimum parameters were exposed to UV ageing for 1600h and also samples were immersed in gasoline, diesel, engine oil and pure alcohol for 1600h. At second stage, by adding some ceramic additives (SiC, Al₂O₃, TiO₂, glass) in certain amounts ($\cong\%10$) into EVA powder new coatings were produced and their wear performance was investigated with pin on disk method. As a result it was concluded that EVA copolymer coatings can be used for protection purposes from corrosion.

Keywords: Flame Spray, EVA (Ethylene Vinyl Acetate), Corrosion, Wear

BÖLÜM I GİRİŞ

Alev sprej yöntemi, termal sprej (ısısal püskürtme) ailesinin en eski, en yaygın ve en düşük enerjili sprej yöntemidir. Kaplama malzemesi olan tozların ergitilmesi için gerekli termal enerji, sisteme beslenen asetilen veya propan gazının oksijen ile yakılmasıyla elde edilir. Teknoloji, düşük yatırım maliyetleri, düşük işletme masrafları ve yüksek hareket serbestiyeti ve düşük ergime noktasına sahip uygun fiyatlı sarf malzemelerinin kullanılabilirliği yönüyle ön plana çıkmaktadır. Yöntem uzun yıllardır metal ve seramik esaslı tozların kaplanması için kullanılmaktadır.

Alev sprej tekniği, uygulamasının kolay olması nedeniyle, uygulamaya yönelik bir çok varyasyonlara açık bir teknik olup, proses kontrolü diğer yöntemlere göre daha kolaydır. Bu noktadan hareketle araştırma ve uygulama bazında birçok uygulamaya izin verecek konumdadır. Malzemelerin yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi veya çevresel etkilere karşı korunabilmesi için yüzeyin koruyucu bir kaplama ile kaplanması yaygın olarak kullanılmaktadır. Koruyucu kaplamalar ile yüzey özelliklerinin servis koşullarından daha az etkilenmesine ve malzemenin ömrünün, ekonomik performansının, kullanım veriminin ve güvenilirliğinin artırılmasına çalışılmaktadır.

Proje kapsamında üretilen ve özellikleri araştırılan plastik esaslı kaplamalar özellikle günümüzde boya uygulamalarına alternatif olarak düşünülmektedir. Tekniğin en önemli avantajı, çok kısa sürede mm mertebesinde kalın kaplama üretilmesidir. Üretilen kaplamalar gerek güneş ışığı ve gerekse UV ışınları altında bozunmadan uzun süre kullanılabilir. Ayrıca uygulama sırasında zehirli uçucu kimyasal madde buharlarının oluşmaması teknolojiyi çevre açısından da avantajlı kılmaktadır (JIN, 2010).

Büyük depoların, kimyasal korozyona uğrayan tesislerin hızlı ve ekonomik bir şekilde korozyona karşı korunmasında teknik başarıyla kullanılmaktadır. Son zamanlarda kaplamaların bünyesine ilave edilen sert partiküller (oksit, karbür veya cam) üretilen kaplamaların aşınma uygulamalarında da kullanılabilirliğini göstermiştir (KUMAR, 2009). Bu proje çalışmasında ülkemizde çok fazla bilinmeyen polimer esaslı kaplamaların alev püskürtme yöntemi kullanılarak üretimi ve karakterizasyonu EVA kopolimeri örnek alınarak yapılmıştır. Bu kaplamaların endüstrinin beklentilerini karşılayacak şekilde kaliteli, ekonomik ve tekrarlanabilir olarak üretilmesi ülkemiz açısından önem arz ettiğinden bu proje planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde alev sprej teknolojisi kullanılarak plastik püskürtmeye yönelik,

sistemik olarak çalışılmış herhangi endüstriyel ve bilimsel bir araştırmaya rastlanılmamış olması projenin önemini arttırmaktadır.

Proje kapsamında öncelikle EVA polimer tozu kullanılarak üretim optimizasyonu hedeflenmiş sonrasında ise üretilen kaplamalar performans testlerine tabi tutulmuştur. Performans testleri kapsamında deniz ortamı simüle edilerek tuzlu suda korozyon testi ve ışınım altında bozunmasının araştırılması amacıyla UV testi üretilen kaplamalara uygulanmıştır. Daha sonra ise kaplamalara partikül takviyeleri yapılarak kaplamaların aşınma davranışları araştırılmıştır.

BÖLÜM 2 ALEV SPREY YÖNTEMİ

Alev püskürtme yöntemi, termal püskürtme işlemleri arasında en basit ve en ucuz olan proseslerin başında gelmektedir. Alev püskürtmede kaplama malzemesini ergitmek için ısı kaynağı olarak yanabilir bir gaz kullanır. Bu yöntemle kaplama malzemesi tel veya toz halde beslenerek yanıcı gaz aleviyle ergitilir. Düşük ergime noktalı malzemeler için propan, çelikler için asetilen ve ince tozların püskürtülmesinde hidrojen yanıcı gaz olarak kullanılmaktadır. Oksijen ile birlikte kullanılan bu gazların kullanım sıcaklıkları birbirlerine göre farklılıklar göstermektedir. Alev sıcaklığı yaklaşık 3000°C civarındadır ve erimiş damlalar 2000°C' nin üzerinde olup yaklaşık 100 m/sn hızla altlığa çarpmaktadır. Alev ile püskürtme yöntemi ile 25-30 MPa bağ mukavemeti, %10-15 arasında poroziteli kaplamalar elde edilir. Normal şartlar altında da kaplamalar yaklaşık olarak %15 oksit içeriğine sahiptir. Alev sprej yöntemi kendi arasında tel alev sprej, çubuk alev sprej ve toz alev sprej olmak üzere 3'e ayrılır. Alev sprej çeşitlerine göre üretilen kaplamaların mekanik özellikleri Tablo 2.1' de verilmiştir (HOCKINY, 1989).

Tablo 2.1 Alev sprej çeşitlerine göre üretilen kaplamaların mekanik özellikleri

Yöntem	Parçacık Hızı (m/s)	Yapışma Muk. (MPa)	Porozite (%)
Tel Alev Sprej	24-36	4-27,6	6-15
Toz Alev Sprej	40-100	13.8-27.6	6-15
Çubuk-Alev Sprej	40-100	13.8-27.6	6-15

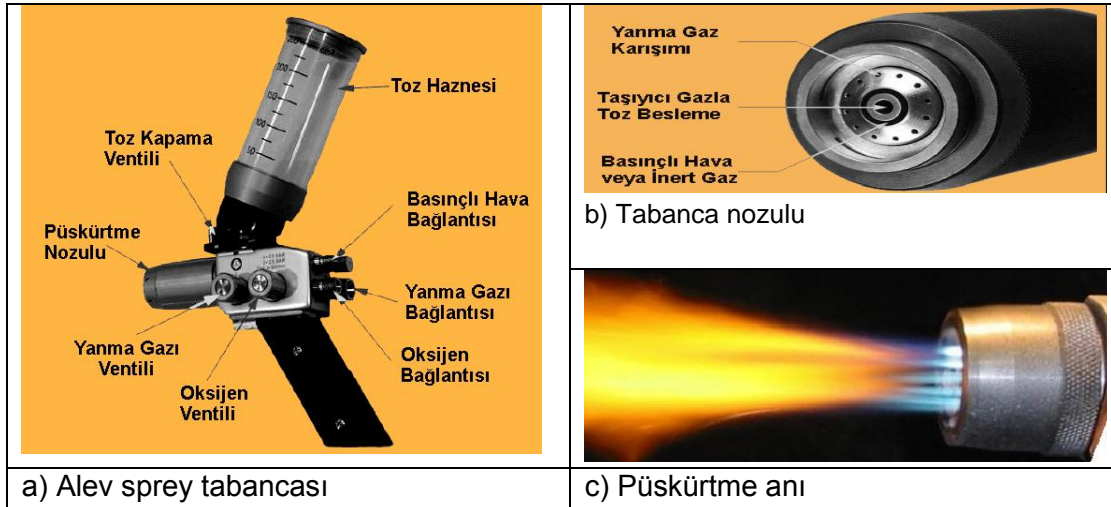
Termal sprej yöntemlerinde ısı kaynağı olarak farklı gaz kombinasyonları kullanılabilir. Kullanılan bu gazlara bağlı olarak sıcaklık ve kaplama malzemesi değişmektedir.

2.1. Toz Alev Sprej Yöntemi

Bu prosede toz malzeme alev sprej tabancasının üzerindeki bir besleyiciden yerçekiminin etkisiyle ya da ayrı bir toz besleyicisinden basınçlı hava ile beslenmekte ve bir taşıyıcı gazın yardımı ile toplanıp ergitilmek üzere tabancanın nozuluna taşınmaktadır. Toz püskürtmede ince parçacıklar ısı kaynağının içinden sevk edilirken ergimiş ya da yarı ergimiş hale gelerek, kaplanacak yüzeye çarptıklarında yassılaşırlar ve ince plaka veya lamel haline gelerek yüzeye uyum gösterirler. Toz alev sprej yöntemi, kullanılan tabanca dizaynına ve kaplanacak malzemenin türüne göre metal-seramik ve polimer olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (PAWLOWSKI, 1995).

Kaplama malzemesi olan tozların ergitilmesi için gerekli termal enerji, sisteme beslenen asetilen veya propan gazının oksijen ile yakılmasıyla elde edilir. Teknoloji, düşük yatırım maliyetleri, düşük işletme masrafları ve yüksek hareket serbestiyeti ve düşük ergime noktasına sahip uygun fiyatlı sarf malzemelerinin kullanılabilirliği yönüyle ön plana çıkmaktadır. Kaplama tozları, asetilen veya propan gazının yanmasıyla elde edilen alev içerisinde ergir ve önceden yüzeyi hazırlanmış altlık yüzeyine püskürtülerek kaplamalar üretilir (PETROVICOVA, 2002).

Alev sprej yöntemiyle kaplama uygulamasında altlık malzemeler çok geniş bir yelpazede seçilebilir. Metaller, cam, tahta, plastik, kompozit ve kartonların yüzeyi başarıyla kaplanabilir. Alev sprej yöntemiyle korozyona karşı kaplama uygulamaları son yıllarda alev sprej tabancalarının modifiye edilmesiyle mümkün olmuştur. Özel olarak tasarlanan kaplama tabancalarında, püskürtülen plastik/polimer tozları doğrudan alev ile temas etmez, ergime sıcaklığının çok kısa sürede konveksiyonla iletilmesiyle gerçekleşir. Bu dizayn püskürtülen plastik/polimer tozlarının kimyasal yapılarında bir değişim olmasını engellemektedir. Şekil 2.3.'de yanma nozulu özel olarak tasarlanmış bir alev sprej tabancası ve püskürtme anı görülmektedir (IBEDA, 2011).



Şekil 2.3 Alev sprej tabancası püskürtme nozulu ve püskürtme anı

Kaplama uygulamalarında termoset (epoksi, poliüretan, polyester türevleri) ve termoplastik tozların (poliamid, polietilen, polipropilen, polikarbonat, polivinil florid, etilen vinil asetat) kullanılması mümkündür. Uygulamalarda toz boyutu genellikle 100 mikronun altında olup tane boyut dağılımı +25-100 μm arasında değişmektedir. Uygun ve dar bir aralıktaki tozların püskürtülmesiyle elde edilen kaplamaların tozları tamamen ergir ve homojen kalınlıkta kaplama elde edilmesine imkân sağlar. Uygulamalarda ayrıca

kaplanacak iş parçasının ön hazırlık işlemleri (kumlama, ön ısıtma) önemli olup doğrudan kaplama kalitesini etkilemektedir (PETROVICOVA, 2002).

Alev sprej yöntemiyle üretilen polimer kaplamalar başlangıçta görsel amaçla kullanılmaya başlanılsa da özellikleri incelendikçe ve gelişen polimer teknolojisi ile birlikte günümüzde birçok mühendislik uygulamalarında da kullanılmaktadır.

Ticari olarak kullanımı yaygınlaştıkça boya sektörüyle rekabet edeceği düşünülen alev sprej ile polimer kaplamalar, polimerlere çeşitli katkı ilaveleriyle metal ve seramiğin ekonomik olmadığı yerlerde de kullanılmaktadır (KUMAR, 2009).

2.1.1.1. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların avantajları

- a) Kaplama öncesi yüzeye kumlama yapılmasına gerek olmayabilir.
- b) Ahşap, beton, cam, karton, metal gibi yüzeylere uygulanabilmesi en önemli özelliğidir.
- c) Mobil bir sistemdir ve işlem yerinde uygulanabilir.
- d) Çok fazla parametre olmadığı için kaplama üretimi zor bir işlem değildir.
- e) Diğer kaplama yöntemlerinin bazı uygulamalarındaki gibi astar kaplama yapmak söz konusu değildir.
- f) İş parçasına iyi yapışma sağladığı için düşük sıcaklıklarda yüksek darbe direncine sahiptir.
- g) Polimer tozlar, boya gibi renk taşıyıcı pigment (kurşun, kadmiyum, formaldehit, benzen) içermediği için kaplama sırasında ve sonrasında uçucu organik kimyasalların (VOC's) salınımı söz konusu değildir. Bu nedenle sağlıklı bir uygulamadır.
- h) Kaplamanın hasar görmesi durumunda tamir edilebilmesi kolaydır.
- i) Kullanılan polimer malzemenin çeşidine göre atmosferik etkilere dayanım, iyi korozyon direnci, iyi aşınma direnci gibi özellikler sağlanabilir (BERNDT, 2003).

2.1.1.2. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların dezavantajları

- a) Polimer alev sprej sisteminin manuel olarak çalışmasından dolayı sürekli olarak aynı standartta kaplama üretimi zordur.
- b) Polimer alev sprej tabancasının iyi soğutmaya sahip olmamasından dolayı her kaplama öncesinde toz beslemenin tıkanmamasına dikkat edilmelidir.

- c) Polimer alev sprej sisteminin toz beslemesinde oluşabilecek dalgalanmalar sonucunda kaplama içerisinde boşluk ve erimemiş partikül bulunabilir.

2.1.2. Alev Toz Sprej Kaplama Prosesine Etki Eden Parametreler

Termal sprej ailesinin ilk üyesi olan alev sprej prosesi uzun yıllardır üzerinde çalışılmış olup, proses ile ilgili ayrıntılar bilinmektedir. Prosesin parametreleri sınırlı sayıda olup bunlar; alev ayarı, püskürtme mesafesi, kaplama sistematiği ve ön ısıtmadır (LUCIANA, 2004). Bu parametreler kullanılan kaplama malzemesine göre değişmektedir. Aşağıda bu parametreler açıklanmıştır.

2.1.2.1. Alev ayarı

Alevle püskürtme işleminde daima nötr (normal) bir alev kullanılmalıdır. Bazı kaplamalarda kaplama özelliklerine bağlı olarak propanı fazla veya hidrojeni fazla gaz ayarları da yapılabilmektedir. Uygulamalarda yakıcı/yanıcı gaz oranının kullanılan toza ve özelliklerine önemli ölçüde bağlı olduğu belirtilmektedir (PETROVICOVA, 2002).

2.1.2.2. Püskürtme mesafesi

Kaplama genel olarak 100 ila 200 mm arasındaki bir mesafede yapılmaktadır. İnce saç veya ısıya karşı hassas malzeme üzerine püskürtme yapılırken bu mesafe büyük seçilmelidir. Çarpılmaların fazla olduğu veya yapışma mukavemetinin kritik bulunduğu durumlarda ilk tabakanın kısa püskürtme mesafesinde ve hızla püskürtülmesi tavsiye edilmektedir. Eğer püskürtme hızı yavaş olursa, püskürtülen tabaka kısmen yanar ve kaplama istenen özellikleri göstermez.

2.1.2.3. Püskürtme açısı

Püskürtme demetinin, püskürtülen yüzeye oluşturduğu açı 45°'den küçük olmamalıdır. Aksi halde püskürtülen tabaka sünger gibi bir hal alır. En iyi kaplama özellikleri 70-80°'lik bir düşüş açısı ile sağlanmaktadır.

2.1.2.3. Püskürtme hızı ve kaplama

Kaplama uygulamasında operasyonun manüel yapılması durumunda tabancayı kullanan operatörün el becerisi önem kazanmaktadır. Kaplama işlemi genelde yatay ve dikey ekseninde yapılan tarama işlemi ile yapılır. Tarama hareketinde adımlar arasındaki mesafe 4 ila 6 mm arasında

değişmektedir. İşlem, taşıyıcı gaz basıncı yardımıyla yüzeye püskürtülen toz miktarı ayarlanmak suretiyle istenen tabaka kalınlığına ulaşıncaya kadar devam ettirilir.

2.1.2.4. Altlık malzemesinin ön ısıtması ve pürüzlendirme

Atmosferik şartlara bağlı olarak yüzeyi polimer kaplanmak istenen malzemelerin yüzeyinde nem, yağ vb. olumsuzlukların giderilmesi amacıyla ön ısıtma yapılır. Ön ısıtma sıcaklığı malzeme cinsine bağlı olarak 100 ila 200°C arasında değişebilmektedir. Polimer kaplamaların yüzeye yapışmasını geliştirmek amacıyla kaplanacak malzeme yüzeyi kuşlama işlemine tabi tutulur. Kuşlama işlemleri genellikle yüzeye 40 meşh boyutunda alüminyumoksit püskürtülmesiyle yapılır. Kuşlamadan sonra hemen kaplama işlemi yapılmalıdır (PAWLOWSKI, 1995).

BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada alev sprej yöntemi ile etilen-vinil-asetat (EVA) kopolimerinin optimum parametrelerde püskürtülmesiyle kaplama üretimi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Ön denemelerde literatürden elde edilen bilgiler ve cihaz üreticisi firmanın tavsiye ettiği parametrelerde kaplamalar üretilmiştir. Kaplamaların üretildiği ortam şartları (atmosfer, iklim özellikleri vb.) özellikleri etkilediğinden üretim parametreleri laboratuvar şartlarına göre optimize edilmiştir. Optimizasyon çalışmalarında; yanıcı/yakıcı gaz oranları, altlık sıcaklığı ve toz besleme miktarına yönelik küçük ayarlamalar yapılmıştır.

Üretilen kaplamalar makro ölçekte renk olarak, mikroyapı özellikleri ise optik ve elektron mikroskopu yardımıyla incelenmiştir. Mekanik özelliklerinin belirlenmesinde sertlik ölçümü ve yapışma özelliğinin belirlenmesi amacıyla da sınırlı sayıda eğme deneyi gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca kaplamaların performansının belirlenmesine yönelik olarak ASTM B-117 standartlarına uygun olarak 1000 saatlik tuz püskürtme korozyon testi uygulanmıştır. Performans testleri, farklı ortamlardaki solüsyon banyolarında (mazot, benzin, yağ ve saf alkol) çözündürme testleri (1600 saat) şeklinde gerçekleştirilmiştir. Gün ışığına bağlı olarak yapıdaki bozunmaların belirlenmesi amacıyla, 1600 saat UV yaşlandırma testi yapılmıştır.

Daha sonraki aşamada ise EVA tozuna belirli oranda katkı malzemeleri (SiC, Al₂O₃, TiO₂, Soda Kireç Camı) ilave edilerek üretilen kaplama numunelerinin aşınma performansları belirlenmiştir.

3.1. Ön Hazırlık İşlemleri (Toz ve Altlık Yönünden)

Alev sprej kaplama işleminde, uygulamaya etki eden önemli faktörlerden bir tanesi de başlangıç toz partikül boyutudur. Bu nedenle başlangıç EVA tozunun partikül boyut dağılımı lazerle toz partikül boyutlarını ölçen Microtrac S3500 partikül boyut ölçme cihazında belirlenmiştir.

Polimer kaplamaların üretimi öncesinde altlık malzemesi olarak seçilen sade karbonlu çelik (AISI 1020) malzemenin yüzeyi temizlenmiş ve iyi bir yapışma elde etmek amacıyla yüzeyi kumlama işlemi ile pürüzlendirilmiştir. Kumlama işlemi 30-36 gritlik alümina tozun 8 bar hava basıncında numune yüzeyine 90°'lik bir açı altında yapılmıştır.

Kaplama öncesi EVA polimer tozu neminin uçurulması için 40 °C'de 1 saat etüvde bekletilmiş ve 30 dakika içerisinde püskürtme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.2. Alev Sprey Kaplama Sistemi

Polimer kaplamaların üretimi için IBEDA firmasının F311 FX-S model polimer alev sprej sistemi kullanılmıştır. Sistemin ağırlığı yaklaşık olarak 30 kg olup propan, oksijen ve basınçlı hava ile çalışmaktadır. Sistem -200+80 µm boyutundaki polimer tozları ile çalışmakta olup saatte 8-10 kg kaplama kapasitesine sahiptir. Manuel ateşlemeye sahip olan bu sistemin en büyük avantajı mobil olmasıdır. Proje kapsamında satın alınan kaplama sistemi Şekil 3.1'de görülmektedir. Alev sprej kaplama sisteminin çalışma değerleri Tablo 3.1'de özetlenmiştir.



Şekil 3.1 Kaplama uygulamalarında kullanılan alev sprej kaplama sistemi

Tablo 3.1 Kaplama cihazında kullanılan gazların basınçları

Kaplama cihazı çalışma koşulları	
Hava basıncı	4 bar
Oksijen basıncı	1.5 bar
Propan basıncı	1.2 bar
Kontrol havası basıncı	1.5 bar
Düzenleyici hava basıncı	0.5 bar
Atomizasyon hava basıncı	1.0 bar
Akışkanlaştırıcı hava basıncı	0.8-1.0 bar

3.3. Tuz püskürtme kabini

Üretilen kaplamaların deniz ortamındaki dayanıklılığının hesaplanması için ASTM B 117 standartlarına uygun koşullarda deniz suyu çözeltisi (%5 NaCl) kullanılarak DCTC 600P marka tuz püskürtme kabiniinde 1000 saat tuz

püskürtme korozyon testleri yapılmıştır. Korozyon çalışmalarında kullanılan suyun özellikleri ASTM D 1193 standardında verilen (Tip IV) özellikte seçilmiştir. Tip IV suyunun özellikleri Tablo 3.2'de görülmektedir. Tuz püskürtme deneyinde seçilen işlem parametreleri de Tablo 3.3'de verilmiştir. Deney sürecince numunelerin yüzeyinde herhangi bir değişiklik olup olmadığı her 100 saat sonrasında kontrol edilmiş olup toplam deney süresi 1000 saat olarak belirlenmiştir. Deney esnasında altlık malzemedeki korozyon oluşmaması için EVA kaplaması yapılan yüzeyin dışındaki tüm yüzeyler maskelenmiştir.

Tablo 3.2 Tuz püskürtme korozyonu deneyinde kullanılan suyun özellikleri (ASTM, 2004)

Aritilmiş Su (Tip IV)	
Elektriksel iletkenlik 25 °C' de max. (µs/cm)	5,0
Elektriksel direnç 25 °C' de (MΩ.cm)	0,2
pH 25 °C' de	5,0-8,0
Toplam organik karbon (TOC) max. (µg/L)	limitsiz
Sodyum max. (µg/L)	50
Klor max. (µg/L)	50
Toplam silika max. (µg/L)	limitsiz

Tablo 3.3 ASTM B-117 standartlarına göre deney parametreleri (ASTM, 2005)

Özellik	ASTM B-117
Çözelti tipi	NaCl ve Tip IV su
pH	6,5-7,2
Çözelti konsantrasyonu (%)	5±1
Sprey Basıncı (atm)	0,6-1,5
Sprey miktarı 80 cm ² yüzeyde (ml/saat)	1-2
Sıcaklık (°C)	35±1-1,7
Numune pozisyonu (dikeyle derece)	15-30
Deney süresi (saat)	800 (veya daha uzun)

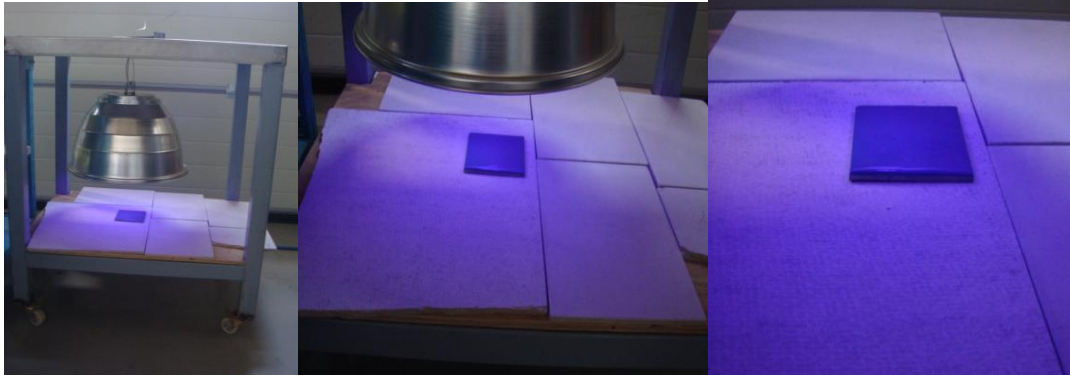
Tuz püskürtme deneylerinin etkisi numunelerin ağırlıklarında ve renklerinde bir değişimin gözlenip gözlenmemesi şeklinde kontrol edilmiştir. Ayrıca testler sonrasında kaplamaların kimyasal yapılarında (bağlarında) bir etkileşimin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla Shore A sertlik değerleri ölçülmüştür.

3.4. Ultraviyole Yaşlandırma Test Düzenegi

Optimum şartlarda üretilen EVA kaplamalarına 800 ve 1600 saatlik ultraviyole (UV) yaşlandırma testi iki aşamalı şekilde uygulanmıştır. Laboratuvar ortamında oluşturulan test düzenegi Şekil 3.2'de ve test parametreleri ise Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Ultraviyole test parametreleri

Ultraviyole lambanın gücü	15 watt
Merkez odaklı etki eden mesafe	20 cm
Ulaşılması gereken süre	800-1600 saat
Işık düşen alanın çapı	50 cm
Numune yüzey alanı	100 cm ²



Şekil 3.2 Ultraviyole yaşlandırma test düzenegi

3.5. Aşınma Deneyi Test Düzenegi

Alev sprej yöntemi kullanılarak EVA tozu içerisine partikül tozları ilave edilerek üretilen kaplamalara "pin on disk" aşınma cihazında 8620 nitrasyon çeliğinden üretilen 6 mm'lik pin ile aşınma deneyi uygulanmıştır. Aşınma deneyi 10 N yük, 0.15 m/sn'lik sabit hızda 74 metrelik mesafede gerçekleştirilmiştir. Şekil. 3.3'de kullanılan aşınma deney test düzenegi gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Aşınma deneyi test düzeneği

3.6. Mazot, Benzin, Motor Yağı ve Saf Alkol Banyoları Test Ortamları

Alev sprey yöntemi ile üretilen EVA kaplamalarının değişik ortamlardaki korozif davranışının belirlenmesi amacıyla optimum proses parametrelerinde üretilen kaplamalar mazot, benzin, motor yağı, saf alkol ve atmosferik ortamlarda yaklaşık 1600 saat bekletilmiş ve makroskopik olarak karakterize edilmiştir. Banyo deneyleri sızdırmaz plastik kaplar içerisinde Şekil 3.4.' de görüldüğü gibi yapılmış ve bir numune ise atmosferik ortama bırakılmıştır.



Şekil 3.4 Banyo testi için hazırlanmış test ortamları

BÖLÜM 4. DENEYSEL SONUÇLAR

Kaplama işlemleri, Sakarya Üniversitesi Termal Sprey Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında manüel olarak yapılmıştır. Polimer kaplamaların üretiminde proje kapsamında satın alınan polimer alev sprej sistemi kullanılmıştır. Literatür taraması sonucunda ve IBEDA firmasının yollamış olduğu katalog bilgilerine göre kaplama mesafesinin 20 cm, numune yüzeyine verilecek eğimin ise 30° olduğu belirlenmiş ve kaplamalar bu şartlarda üretilmiştir. Cihazın kullanım prosedürüne göre oksijen basıncı 1,5 bar, propan (C₃H₈) basıncı 1,2 bar ve basınçlı hava 3 bar'da sabitlenmiştir. Yakıt oranları ise yapılan optimizasyon çalışmalarında değiştirilerek optimum üretim parametreleri belirlenmiştir.

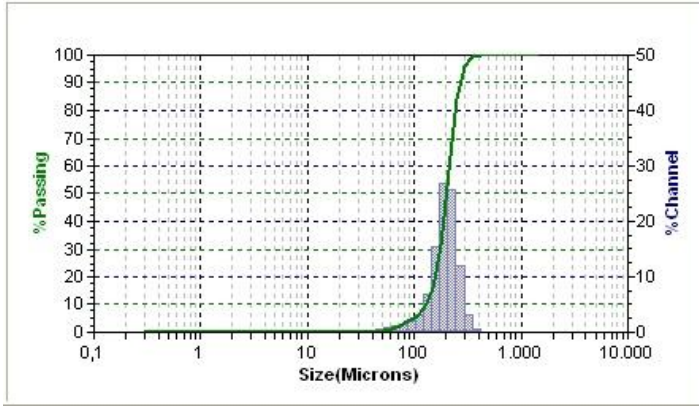
4.1. Kaplamada Kullanılan Tozun Morfolojisi

Kaplama tozu olarak iyi özelliklere sahip olması ve kolay bulunabilmesi nedeniyle EVA kopolimeri seçilmiştir. Kullanılan tozun fiziksel özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir (HONEYWELL; 2006).

Tablo 4.1 EVA tozunun fiziksel özellikleri

Görünüm	Tozlar beyaz granül yapıdadır
Fiziksel durum	Katı
Koku	Karakteristik mumlu koku
Yoğunluk (g/cm ³)	0.92-0.93
Suda çözünürlük	İhmal edilebilir
Erime noktası	167-216 °F (72-102 °C)

EVA tozundan elde edilen partikül boyut analizi dağılım grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi tozun boyutu geniş bir aralıkta değişim göstermektedir. Buradan elde edilen ortalama toz boyutu (d₅₀) 198,8 µm olarak belirlenmiştir. EVA kopolimer tozlarına ait SEM görüntüsü ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir. SEM sonuçlarında çeşitli boyutlara sahip olan tozun belirli bir şekilsel yapıya sahip olmadığı küresel ve değişik şekillerde olduğu görülmüştür.

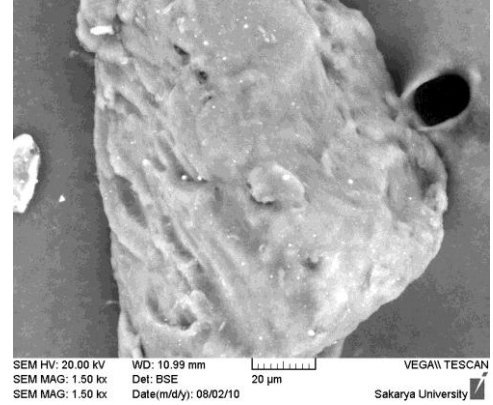
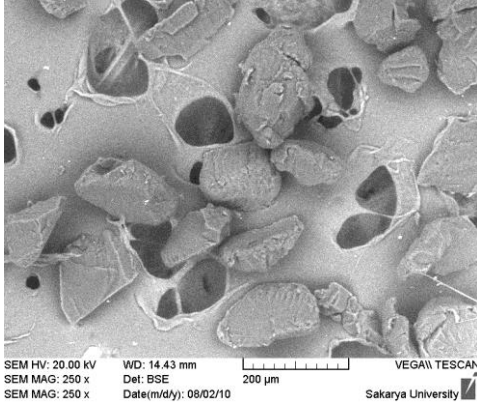


$D_{50}=198,9\mu\text{m}$

Şekil 4.1 EVA tozunun toz boyut dağılımı

Tozların genel görüntüsü

Tozların detay görüntüsü



Şekil 4.2 EVA polimer tozunun SEM görüntüleri

4.2. Kaplamaların Üretimi

4.2.1. Optimum Oksijen/Propan Gaz (O_2/C_3H_8) Oranın Belirlenmesi

Hidrokarbonlu bir gazın oksijen ile yakılmasında elde edilen alev 3 farklı stokiometriden birine sahiptir. Bunlar; oksitleyici, nötr ve redükleyici alevdir. Kaplama tabancasında arzu edilen aleve bağlı olarak propan/oksijen akış miktarları değiştirilmektedir. Polimer tozunun ergitilmesinde kullanılan alevin cinsinin kaplama tozlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi (örn. yanma, kimyasal bağ yapısının bozunması vb.) bilinmektedir. Alev türünün değiştirilmesi kaplama tabancasında oluşturulan gazların basınçlarına bağlıdır. Uygulamalarda propan basıncı 1,2 bar, oksijen basıncı ise 1,5 bar olarak kaplama tabancası üzerindeki gaz ventillerinden ayarlanmıştır. EVA

kaplamaları Tablo 4.2'de verilen farklı yanma gazı/yakıcı gaz oranları kullanılarak üretilmiştir.

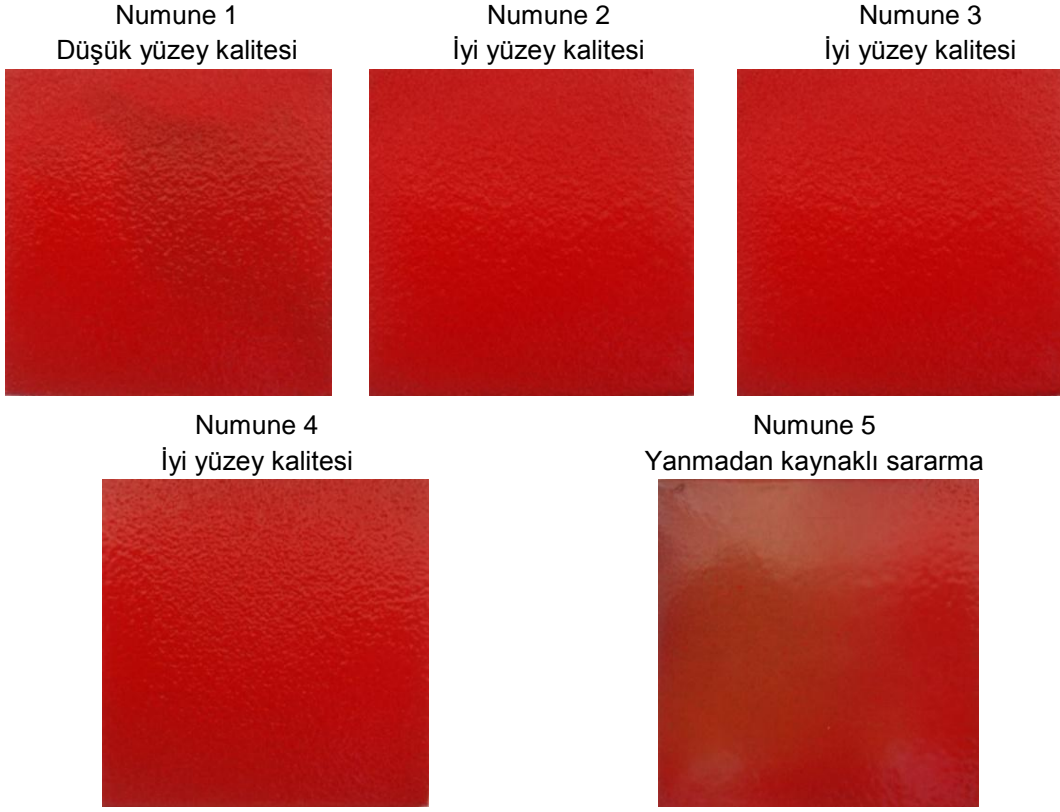
Tablo 4.2 Farklı oksijen/propan oranlarına bağlı üretilen kaplamalar ve özellikleri

Numune	O ₂ /C ₃ H ₈	Kaplama Kalınlığı (µm)	Sertlik Shore A	Yüzey Görünümü
1	2:1	1010	90,5	Yüzey pürüzlü
2	3:1	1200	91,6	Yüzey görünümü makroskobik olarak iyi
3	4:1	600	90,0	
4	3:2	600	93,1	
5	3:3	320	96,3	Yanma-Renk değişimi

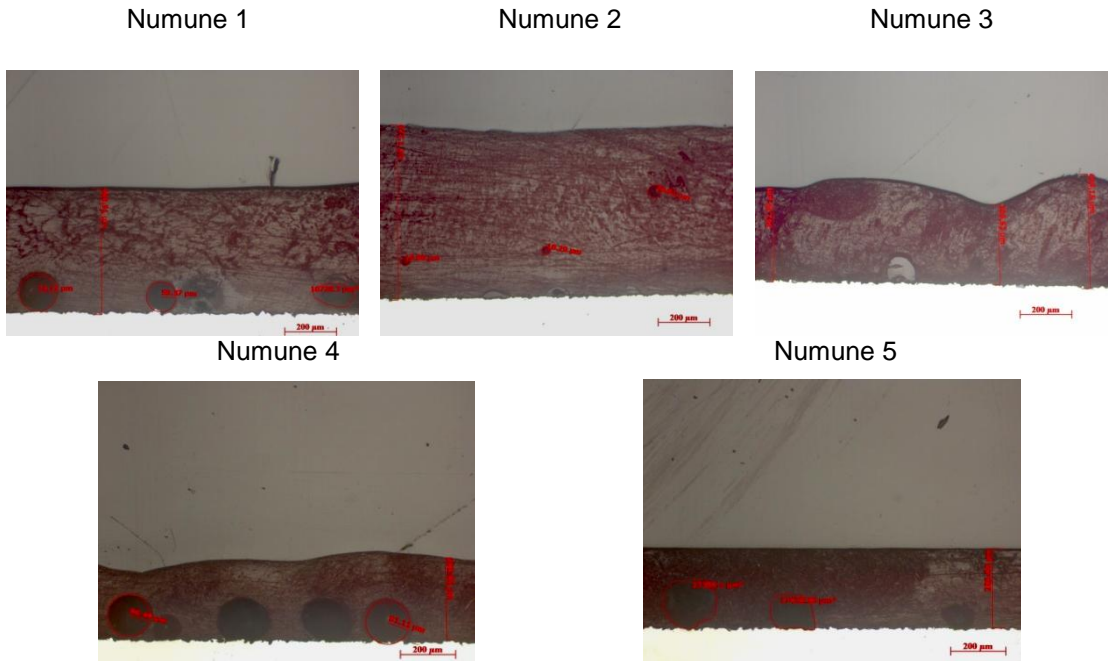
Üretilen kaplamalar, gözle görsel renk özelliklerindeki değişim yönünden incelenmiş ve tabaka sertlikleri Shore A skalasına göre ölçülmüştür (Tablo 4.2). Tablodan görüldüğü gibi ilk 4 numunenin sertlik değerleri arasında önemli bir değişiklik gözlenmez iken, sadece 5 nolu numunenin sertlik değeri diğerlerinden birz yüksek olarak belirlenmiştir. Bunun yanma sonucu polimer yapısının bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Üretilen numunelerin makroskobik inceleme sonucu elde edilen üst yüzey görüntüleri Şekil 4.3.'de verilmiştir. Şekil 4.3'den görüldüğü gibi, oksijen/propan gaz oranı değişimi üretilen kaplamaların yüzey kalitesini ve renk özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. O₂/C₃H₈ oranı 2:1, 3:1 ve 4:1 alınarak üretilen numunelerin yüzeyi makroskobik açıdan kabul edilebilir görünümündedir. İncelenen bu parametre kaplama kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü;

- ✓ Gaz oranları kaplamada kullanılan tozun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olur.
- ✓ Düşük oranda gönderilen gaz debisi tozların tam olarak ergimesine yardımcı olmaz ve yüzeyde süngerimsi bir yapının oluşmasına neden olur.
- ✓ Gaz debisinin yüksek olması tozların kaplama esnasında yarı ergimiş halde değil tam ergimiş veya buharlaşmış halde olmasına neden olur.

Oksijen/Propan oranını belirlemek için üretilen optimizasyon numunelerinin kesiti, optik mikroskop ile makroskobik olarak incelenmiş, kaplama kalınlıkları ve kaplamadaki boşluk büyüklükleri ölçülmüştür. Elde edilen görüntüler Şekil 4.4'de verilmiştir. Makroskobik görüntülerde 2, 3 ve 4 nolu kaplama numunelerinin yüzeysel olarak iyi görünüme sahip olduğu belirlenmişti (Şekil 4.3), Şekil 4.4'de verilen optik mikroyapı resimleri incelendiğinde 2 nolu numune dışındaki kaplamalarda tabaka-altlık ara yüzeyinde büyük boşlukların olduğu açıkça



Şekil 4.3 Oksijen/propan oranı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri



Şekil 4.4 Oksijen/Propan gaz oranına göre üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri

görülmektedir. 2 nolu numunede ise boşluk miktarı diğerlerine nazaran daha azdır ve kaplama kalınlığı daha homojendir. Bu nedenle 2 nolu numunenin elde edildiği oksijen/propan oranı 3:1 optimum parametre olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Optimum Altlık Sıcaklığının Belirlenmesi

Literatürde, alev sprej yöntemi ile üretilen polimer esaslı kaplamalarda en önemli parametrelerden birinin altlık sıcaklığı olduğu ifade edilmektedir. Daha önce belirlenen oksijen/propan gaz oranı (ventil ayarı; 3:1) sabit tutularak, kaplanan numunelerin altlık sıcaklığı 50, 100, 150 ve 200 °C olarak değiştirilmiştir. Altlık sıcaklığı değiştirilerek üretilen kaplamaların kalınlık, sertlik ve yüzeyin görsel kalitesi yönünden belirlenen özellikleri Tablo 4.3'de özetlenmiştir.

Tablo 4.3 Altlık sıcaklığına bağlı olarak özelliklerin değişimi

Numune	O ₂ /C ₃ H ₈	Altlık Sıcaklığı(°C)	Tabaka Kalınlığı(μm)	Sertlik Shore A	Yüzey Görünümü
1	3:1	50	600	93,8	Pürüzlü
2		100	720	94,5	İyi
3		150	630	94,3	İyi
4		200	590	93,5	Renk değişimi gözlemlendi

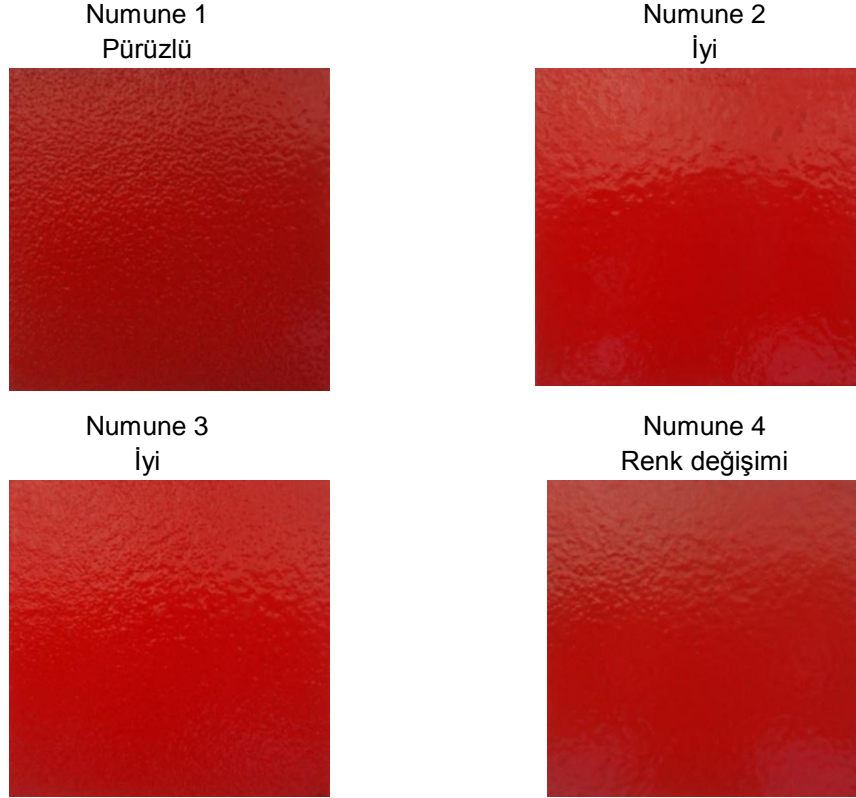
Altlığın sıcaklığı değiştirilerek üretilen numunelerin makro yüzey görüntüleri Şekil 4.5' de verilmiştir. Bu inceleme sonucunda; 1 nolu numune yüzeyinin çok pürüzlü olduğu, 2 ve 3 nolu numunelerde ise olumsuz olarak kabul edilebilecek bir durumun olmadığı, 4 nolu numune de ise altlık sıcaklığının çok yüksek olmasından dolayı polimer kaplamasının muhtemelen yanma nedeniyle renginin değiştiği gözlemlenmiştir. Numunelerin Shore A'ya göre belirlenen sertlik değerleri birbirine yakın olup herhangi bir fark gözlenmemiştir.

Altlık sıcaklığının değiştirilmesi özellikleri etkileyen önemli parametredir.

- ✓ Tabanca tarafından yarı ergimiş halde bulunan tozların altlık sıcaklığının etkisiyle tam ergimiş duruma gelmesini,
- ✓ Kaplamanın malzeme yüzeyine tam olarak yapışmasını,
- ✓ Kaplama sırasında oluşan poroziteli yapının giderilmesini,
- ✓ Kaplamada tam ergimeden kaynaklanan süngerimsi yapının oluşmamasını,

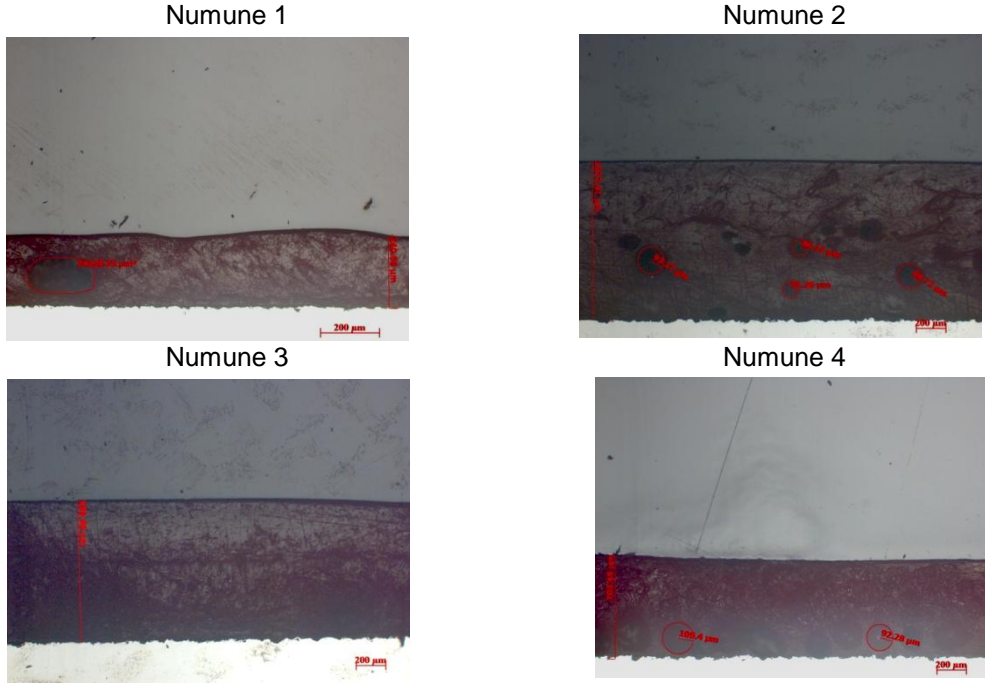
sağlamak amacıyla altlık sıcaklığı önemli bir parametre olarak belirlenmiştir.

Altılık sıcaklığının mikroyapı özelliklerine olan etkisini belirlemek amacıyla optik mikroskopta iç yapı incelemesi yapılmıştır. Mikroyapı incelemelerinde gaz oranları optimizasyonuna benzer şekilde porozite ve tabaka kalınlığının değişimi gibi kriterler göz önüne alınmıştır. Elde edilen kaplama görüntüleri Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.5 Altılık sıcaklığı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri

Şekilden görüldüğü gibi, 1, 2 ve 4 nolu numunelerin mikro yapısında çok miktarda boşluklar bulunmaktadır. Bu boşlukların bir kısmı kaplama yapısı içerisinde bir kısmı ise altlık-kaplama ara yüzeyinde bulunmaktadır. Ara yüzeydeki boşlukların boyutlarının diğerlerine nazaran daha büyük olduğu belirlenmiştir. 3 nolu numunenin mikroyapı incelemesinde ise, yapıda az sayıda boşluk bulunduğu ve kaplama tabakasının üniform olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle optimum altlık sıcaklığı değeri 150 °C olarak seçilmiştir.



Şekil 4.6 Altlık sıcaklığı optimizasyonu için üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri

4.2.3. Optimum Toz Besleme Basıncının Belirlenmesi

Yanma gaz oranları ve altlık sıcaklığı optimizasyon çalışmasında belirlenen optimum parametreler esas alınarak (oksijen/propan oranı 3:1 ve altlık sıcaklığı 150 °C), toz besleme basıncını optimize etmek amacıyla 1,5-1,8-2,0 bar taşıyıcı toz basıncı kullanılarak kaplamalar üretilmiştir. Üretilen kaplamaların özellikleri Tablo 4.4’ de özetlenmiştir.

Tablo 4.4 Farklı toz besleme basıncında üretilen kaplamaların özellikleri

Numune	O ₂ /C ₃ H ₈	Altlık Sıcaklığı (°C)	Toz Besleme Basıncı (bar)	Kalınlık (µm)	Sertlik Shore A	Yüzey Görünümü
1	3:1	150	1,5	170	95,5	Pürüzlü
2			1,8	630	91,1	İyi
3			2,0	1110	94,5	Pürüzlü

Toz besleme basıncı optimizasyonu için üretilen numunelerin Şekil 4.7’deki makro görüntüleri incelendiğinde 1 ve 3 nolu kaplamaların yüzeyinde bir miktar pürüzlülük gözlenmiş, 2 nolu numune de ise olumsuz olarak değerlendirilebilecek bir durum tespit edilmemiştir.

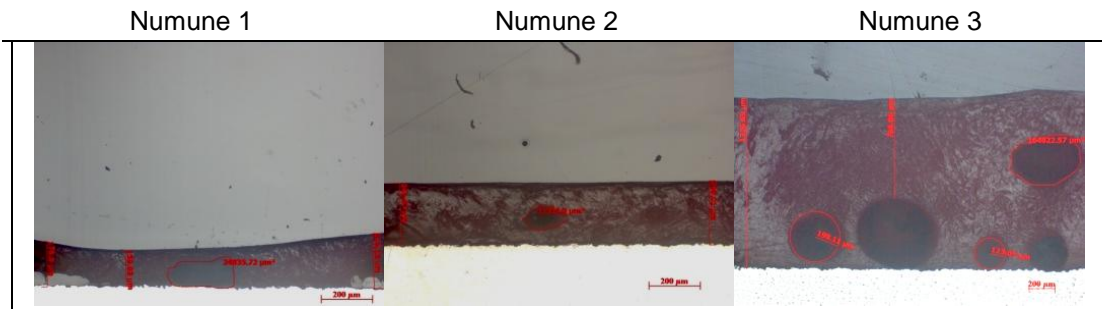
Kullanılan bu parametrede;

- ✓ Toz besleme basıncı üniteden tabancaya gönderilen toz miktarını etkiler
- ✓ Toz besleme basıncı düşük olursa tabanca ağzına yeteri kadar toz gelmediğinden yüzeyde pürüzlü ve kaplamanın yanmış bir görüntüsü elde edilir.
- ✓ Basınç büyük olursa istenilenden fazla toz beslenir ve tozlar alev içerisinde yeteri kadar ergimeden kaplama yüzeyine gönderilir ve kaplama tam olarak gerçekleşmez, içerisinde fazla miktarda gaz boşluğu kalır ve yüzeyde pürüzlü bir görünüm elde edilir.



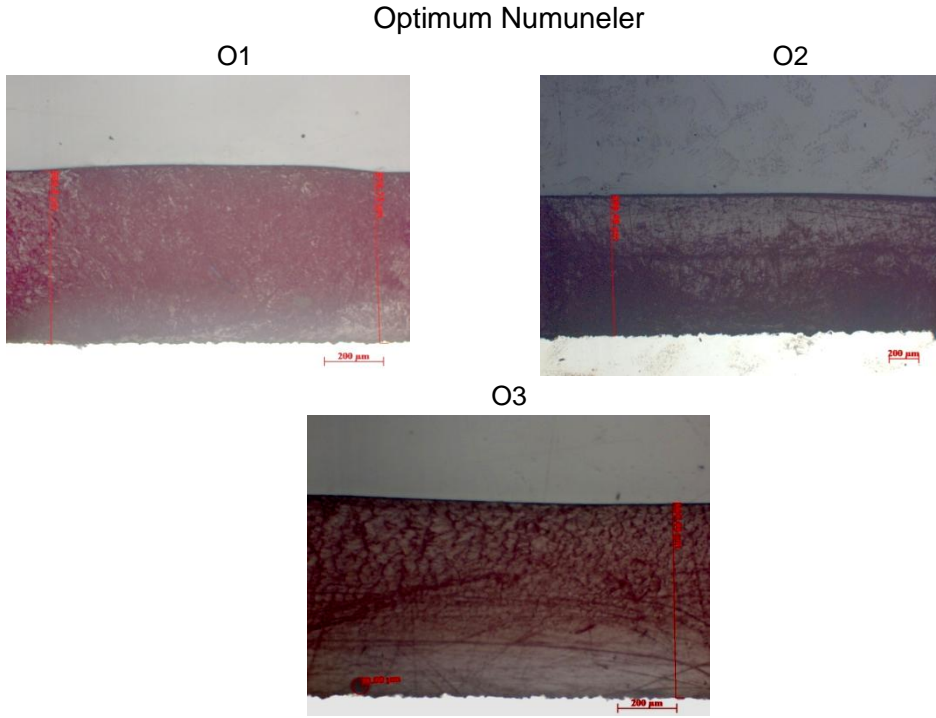
Şekil 4.7 Taşıyıcı toz besleme basıncına göre üretilen numunelerin makro görüntüleri

Toz besleme basıncı optimizasyonu için üretilen numunelerin, optik mikroskop ile yapılan mikro yapı incelemesinden elde edilen görüntüler (Şekil 4.8) incelendiğinde; 1 nolu numunenin toz beslemesi yetersiz kaldığı için kaplama kalınlığı istenilen düzeyde değildir. 3 nolu numunede ise aşırı toz beslenmesinden dolayı, kısmi olarak ergiyen polimer tozlarından çıkan gazların tabaka içerisine hapsediği ve yoğun bir şekilde gaz boşluğu oluşturduğu gözlenmiştir. 2 nolu numunede ise kaplama kalınlığının yeterli düzeyde olduğu ve diğer kaplamalara göre az boşluk içerdiği tespit edilmiştir. Yapılan optimizasyon işlemleri sonucunda optimum toz besleme basıncının 1,8 bar olarak alınabileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.8 Farklı toz besleme basıncında üretilmiş kaplamaların kesitten alınmış mikro yapı görüntüleri

rağmen azda olsa boşluk içerdiği gözlenmektedir. Bu durum kaplama sisteminin manuel olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.10 Optimum parametrelerde üretilen numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri

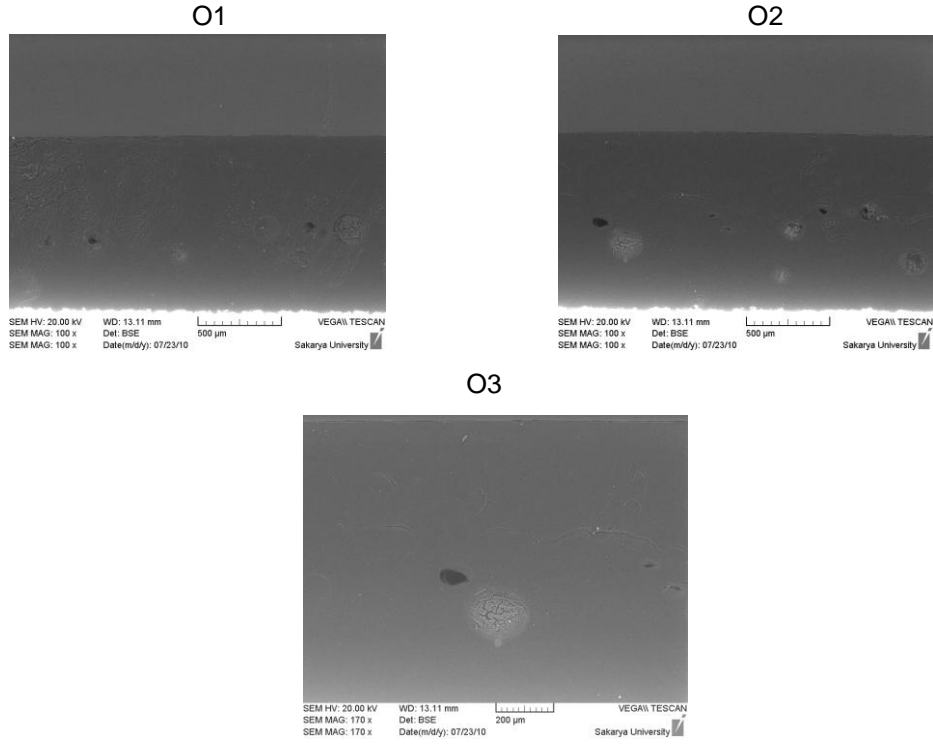
Üretilen bu numuneler üzerinde yapılan SEM incelemelerinden elde edilen kesit görüntüleri Şekil 4.11’de verilmiştir.

Optimum numunelerden alınan SEM incelemelerinde, kaplamalarda az miktarda da olsa boşlukların bulunduğu ve az oranda erimeden kalan tozların bulunduğu belirlenmiştir. Fakat kaplamaların altlık malzemelerine çok iyi bir şekilde yapışma sağladığı tespit edilmiştir.

4.2.4.1. Tuz püskürtme korozyon testi

Hem optimizasyon amacıyla üretilen numunelere hem de optimum parametrelerde üretilen numunelere ASTM B 117 standartlarına uygun koşullarda tuz püskürtme korozyon testi uygulanmıştır. Test öncesi ve sonrasında tüm numunelerin ağırlıkları ve sertlikleri ölçülmüş ve elde edilen bu değerler Tablo 4.6’ da sunulmuştur. Şekil 4.12’de ise, tüm kaplama numunelerinin korozyon testi öncesi ve sonrasında elde edilen makroskobik görüntüleri verilmiştir.

Optimum Numuneler

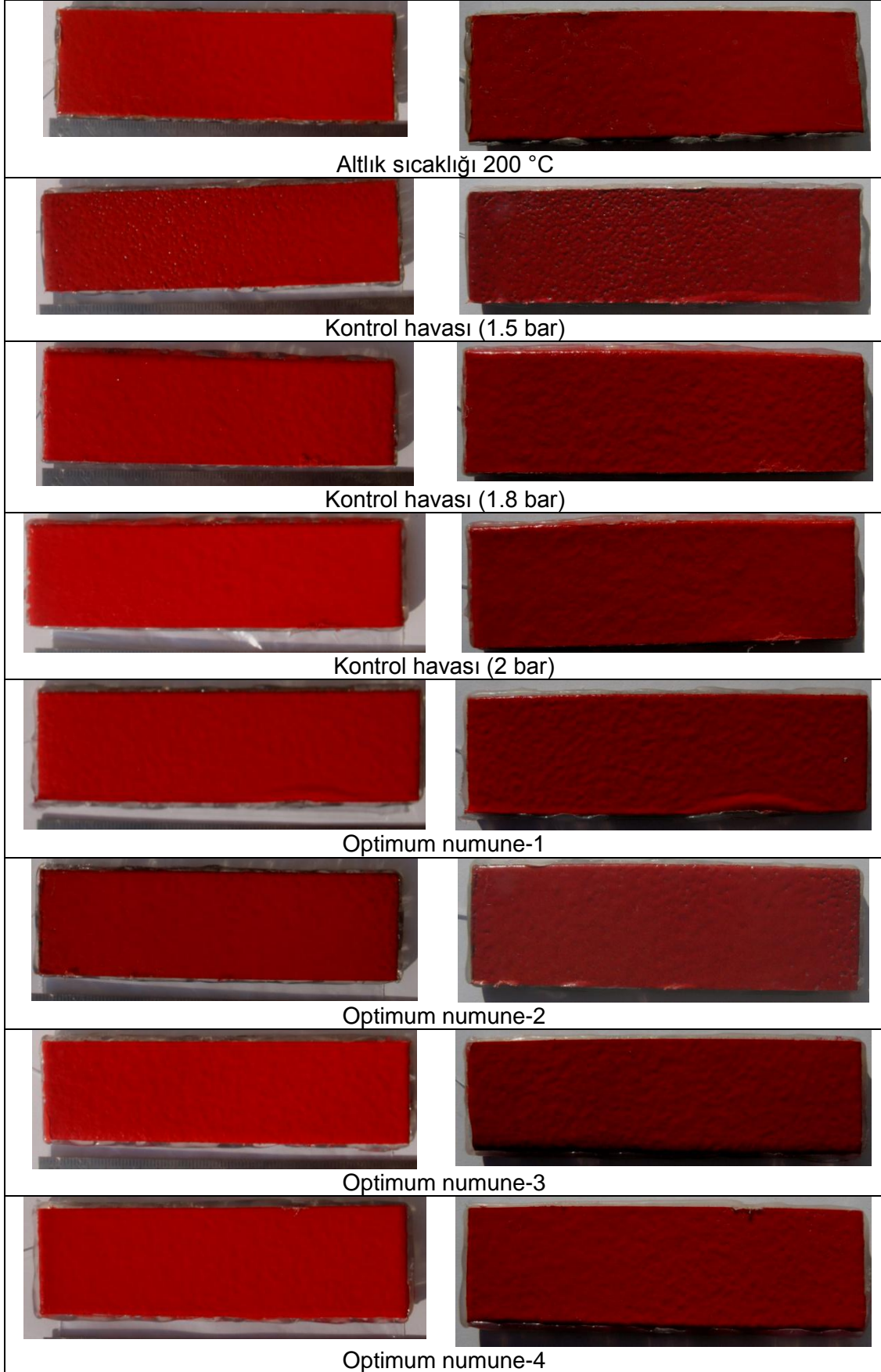


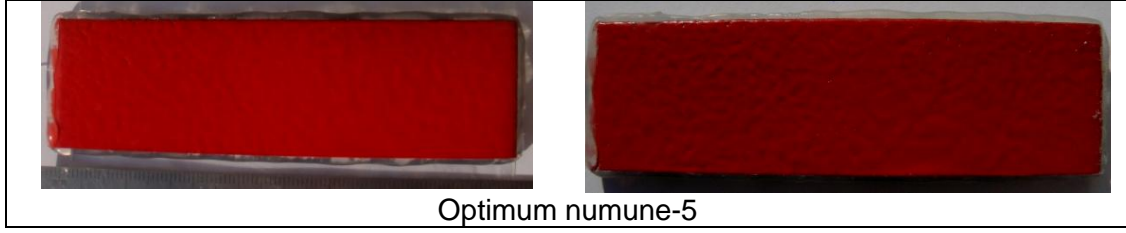
Şekil 4.11 Optimum numunelerden elde edilen SEM görüntüleri

Tablo 4.6 Korozyon testi uygulanan numunelerin test öncesi ve sonrası ağırlıkları ve sertlik değerleri

Numune	Tuz püskürtme öncesi		Tuz püskürtme sonrası	
	Ağırlık (gr)	Shore A Sertlik	Ağırlık (gr)	Shore A Sertlik
O ₂ /C ₃ H ₈ (2/1)	79.8	91.6	79.6	91.9
O ₂ /C ₃ H ₈ (3/1)	82.6	90.0	81.7	91.4
O ₂ /C ₃ H ₈ (4/1)	79.5	90.5	79.4	91.3
O ₂ /C ₃ H ₈ (3/2)	82.6	93.1	82.1	93.3
O ₂ /C ₃ H ₈ (3/3)	78.3	96.3	78.1	96.6
Altlık sıcaklığı 50 °C	81.1	93.8	81	94.1
Altlık sıcaklığı 100 °C	75.9	94.5	75.6	95.4
Altlık sıcaklığı 150 °C	78.4	94.3	78.4	94.6
Altlık sıcaklığı 200 °C	81.3	93.5	81.1	94.3
Kontrol havası (1.5 bar)	71.5	95.5	71.2	95.8
Kontrol havası (1.8 bar)	81.1	91.1	80.4	91.5
Kontrol havası (2 bar)	85.3	93.4	85.2	94.5
Optimum numune 1	76.0	94.8	75.67	94.9
Optimum numune 2	78.7	95.3	78.66	95.5
Optimum numune 3	76.5	94.5	75.5	95.2
Optimum numune 4	81.9	93.10	81.8	94.9
Optimum numune 5	76.7	95.8	76.08	96.1

Korozyon öncesi	Korozyon sonrası
	
O ₂ /C ₃ H ₈ (2/1) optimizasyonu	
	
O ₂ /C ₃ H ₈ (3/1) optimizasyonu	
	
O ₂ /C ₃ H ₈ (4/1) optimizasyonu	
	
O ₂ /C ₃ H ₈ (3/2) optimizasyonu	
	
O ₂ /C ₃ H ₈ (3/3) optimizasyonu	
	
Altlık sıcaklığı 50 °C	
	
Altlık sıcaklığı 100 °C	
	
Altlık sıcaklığı 150 °C	





Şekil 4.12 Korozyon öncesi ve sonrası kaplama numunelerinin makro görüntüleri

Uygulanan 1000 saatlik tuz püskürtme deneyi sonrasında tüm numunelerin ağırlıklarında az miktarda azalma ve sertliklerinde ise bir miktar artış meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra deney sonrasında tüm kaplama numunelerinde renk değişimi gözlenmiştir. Bunun nedeninin ortamdaki nemin ve korozif bazı ürünlerin gaz geçirgenliği nedeniyle kaplama bünyesine nüfuz etmesi ve hidroksil grubunda bozunmaya neden olması olduğu düşünülmektedir. Bu tip kaplama uygulamalarında korozyon direncinin yüksek ve düşük olması numune yüzeyinde bulunan kaplamanın kalınlığı ile doğru orantılıdır. Kalınlığı fazla olan numunelerde geçirgenlik biraz daha az olacağından dolayı korozyona karşı direnç artmaktadır (LEİVO, 2004; TAMBE, 2010).

Korozyon deneyi sonrası numunelerin makroskobik incelenmesinde (Şekil 4.12) bazı numunelerin yüzey görünümü bakımından daha fazla ortamdaki etkilendiği belirlenmiştir. Altlık sıcaklığı optimizasyonu için kullanılan numuneler korozyon sonrasında sadece 50 ve 200 °C altlık sıcaklığına sahip olan numunenin yüzeyinde bir miktar korozyona bağlı bozunma gözlenmiştir. 100 ve 150 °C sıcaklığa sahip olan numunelerde ise herhangi bir korozyon gözlenmemiştir.

Kontrol havası (taşıyıcı gaz) numunelerinde ise 1 ve 3 numaralı numunelerde korozyonun olduğu 2 numaralı numunede ise makroskobik olarak çok az bir bozunmanın gerçekleştiği gözlenmiştir.

Oksijen/propan oranı optimizasyonu amacıyla üretilen numunelerde genellikle numune yüzeylerinde az miktarda bozunmaların olduğu gözlenmiştir. 1000 saatlik tuz püskürtme testi sonrasında makroskobik olarak en az bozunmanın optimum parametrelerde üretilen numunelerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sonuç optimizasyon sonrasında belirlenen parametrelerin doğruluğunu desteklemektedir.

Ayrıca optimum numuneler içerisinde kaplama kalınlığı fazla olan numunelerde (4 ve 5 nolu numuneler) makroskobik olarak korozyon daha az

oranda meydana gelmiştir. Bu sonuç literatürde belirtilen korozyon direncinin polimerik kaplama kalınlığının artmasıyla arttığı bilgisi ile benzerlik göstermektedir. Çünkü kaplama kalınlığı doğrudan gaz geçirgenliğini etkilemektedir ve kalın kaplama korozif ortam ürünlerinin polimerik kaplama içerisine nüfuz etmesini geciktirmekte ve buna bağlı olarak korozyon da gecikmektedir. İnce kaplamalarda, polimerik tabakadan altlığa geçen O₂ ve H₂O altlığın korozyonuna ve kaplamanın hasar görmesine sebep olmaktadır. Deney sonrasında kaplama ağırlıklarının azalmasının polimer bünyesinde bulunan hidroksil gruplarının serbest kalması ile ilgili olduğu düşünülmektedir (LEIVO, 2004).

4.2.4.2. Banyo testlerinin uygulanması

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde polimerik esaslı kaplamalara 30-60 gün süren dayanıklılık testleri uygulandığı görülmüştür (LUCIANA, 2004). Yapılan bu çalışmada optimum parametre şartlarında alev sprej yöntemi ile üretilen EVA polimerik kaplamalarına değişik banyo ortamlarında dayanıklılık testleri uygulanmıştır. Hazırlanan numuneler oda sıcaklığında kapalı ve sızdırmaz bir ortamda benzin, mazot, saf alkol ve motor yağı gibi sıvılar içerisinde ve atmosferik koşullarda yaklaşık 1600 saat süren teste tabi tutulmuştur.

Test uygulanan numunelerin kaplama öncesi ve sonrası ağırlık değişimleri Tablo 4.7'de, banyo ve atmosfer testi uygulan numunelerin test öncesi ve sonrası sertliklerinin değişimi ise Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.7 Banyo numunelerinin dayanıklılık testi öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri

Ortam	Deney Öncesi Ağırlık(gr)	Deney Sonrası Ağırlık (gr)	Ağırlık Değişimi (gr)
Benzin	377.1	380.35	+3.25
Mazot	385.6	386.95	+1.35
Motor yağı	371.0	372.15	+1.15
Saf alkol	368.0	368.0	0
Atmosfer	383.5	383.5	0

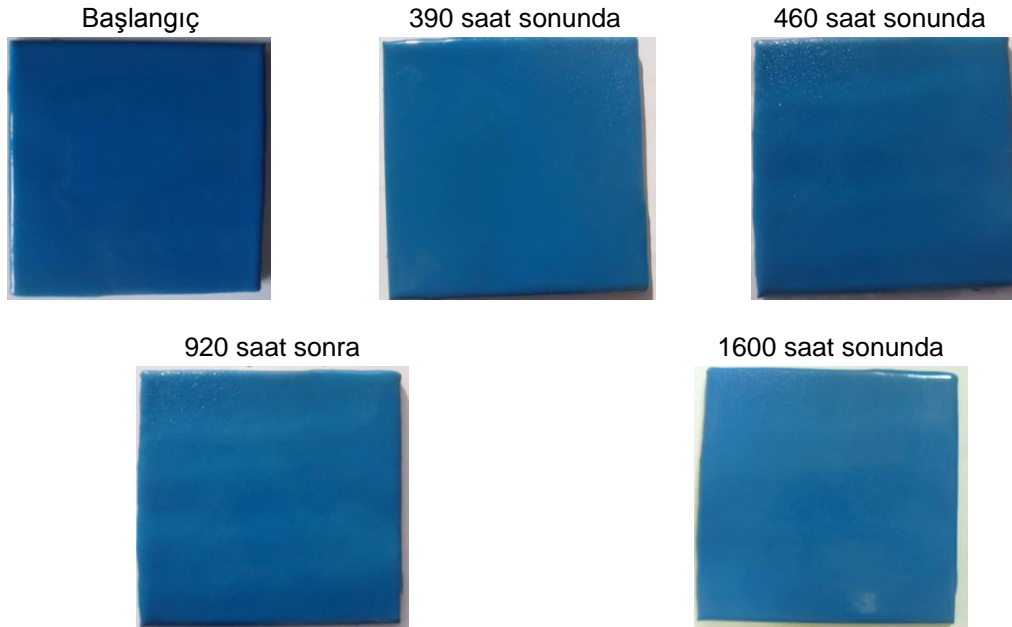
Tablo 4.8'den görüldüğü gibi benzin, mazot, saf alkol ve motor yağı gibi sıvılar içerisinde yapılan test sonrasında kaplamaların sertlik değerlerinde önemli ölçüde bir değişiklik gözlenmez iken, atmosferik ortamda bekletilen numunenin sertliğinde muhtemelen güneş ışığının etkisi ile meydana gelen bozunma nedeniyle bir miktar artış meydana gelmiştir.

Tablo 4.8 Performans test numunelerinin test öncesi ve sonrası sertlik değerleri

Numuneler	Test Öncesi Sertlik Shore A	Test Sonrası Sertlik Shore A
Benzin	94,95	95,0
Mazot	96,5	96,4
Yağ	92,6	92,1
Saf alkol	94,4	94,7
Atmosfer	94,6	96,5

Benzin banyosu

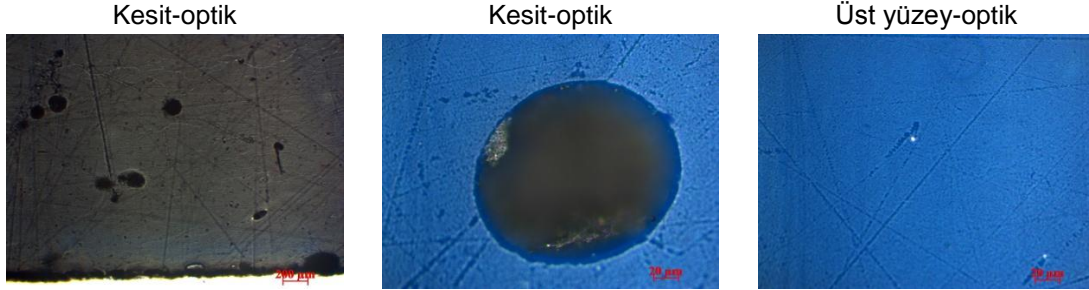
Benzin banyosu ortamında yapılan test esnasında 390, 460, 920 ve 1600 saat sonrasında numuneler üzerinde yapılan makroskobik inceleme görüntüleri Şekil 4.13'de verilmiştir. Bu görüntülerin sonucu olarak 1600 saat sonunda numunenin üst kısmından başlayan bir bozunma tespit edilmiştir. Test başlangıcında parlak halde bulunan numunenin 1600 saat sonunda yüzeyinde pürüzlülüklerin olduğu ve renginin açıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca test sonrası numunenin sertlik değerinde önemli bir değişiklik gözlenmez iken, ağırlığında bir miktar (3.25 gr) artış meydana gelmiştir.



Şekil 4.13 Benzin banyosu numunesinin makro görüntüleri

Üretilen kaplamaların banyo testi sonrasında alınan kesit ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntülerinde orjinal numune bünyesinde bulunan gaz boşluklarının iç kısmında beyaz renkte farklı bir yapı gözlemlenmiştir (Şekil 4.14).

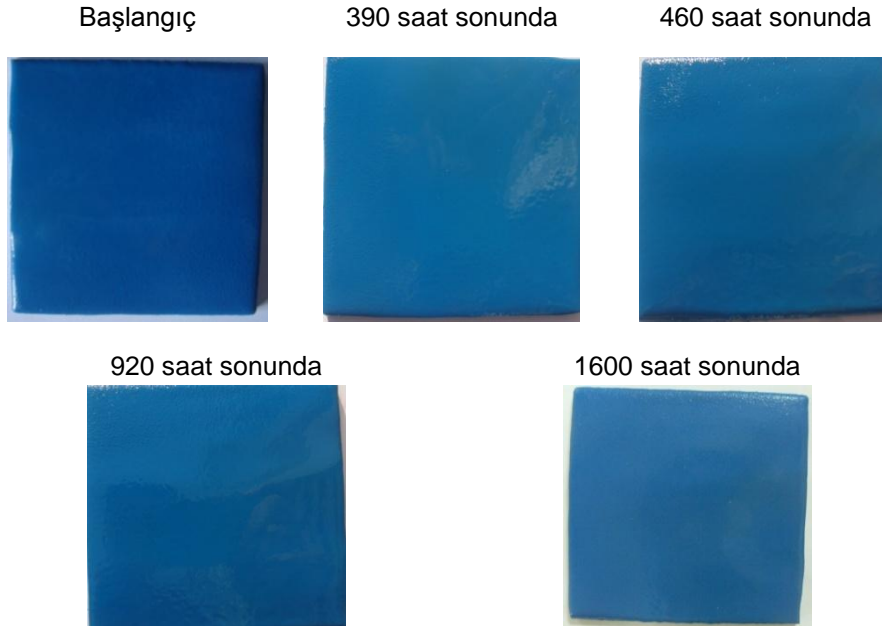
Beyaz renkteki yapının gaz boşlukları içerisine nüfuz eden benzin olması kuvvetle muhtemeldir. Bununla beraber numunenin banyo sonrası ağırlığının artışı kaplama içerisinde bulunan gaz boşluklarının banyo sıvısını içerisine hapsetme ihtimalini güçlendirmiştir.



Şekil 4.14 Benzin banyosu numunesinin kesit ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri

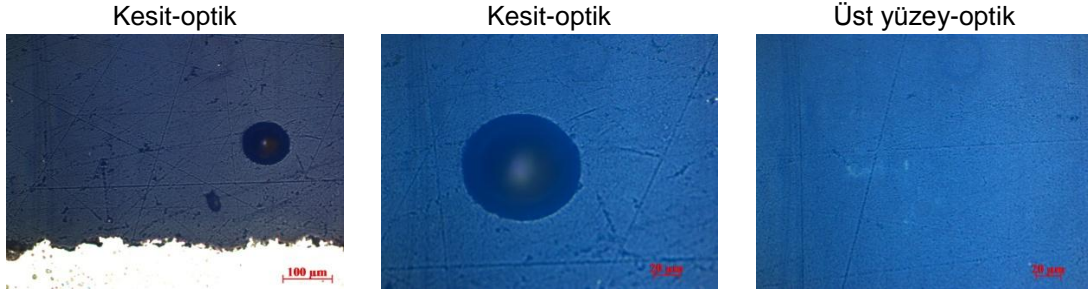
Mazot banyosu

Mazot banyosundan bulunan numunenin farklı zaman dilimlerinde çekilen makro görüntüleri (Şekil 4.15) incelendiğinde, kaplamanın benzin banyosunda olduğu gibi mazota karşıda duyarlı olduğunu göstermiştir. Mazot banyosu içerisinde kalan numunenin köşelerinden merkeze doğru bozunmanın gerçekleştiği, net ve parlak şekilde görünen yapının ise pürüzlü bir hal aldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.15 Mazot banyosu numunesinin makro görüntüleri

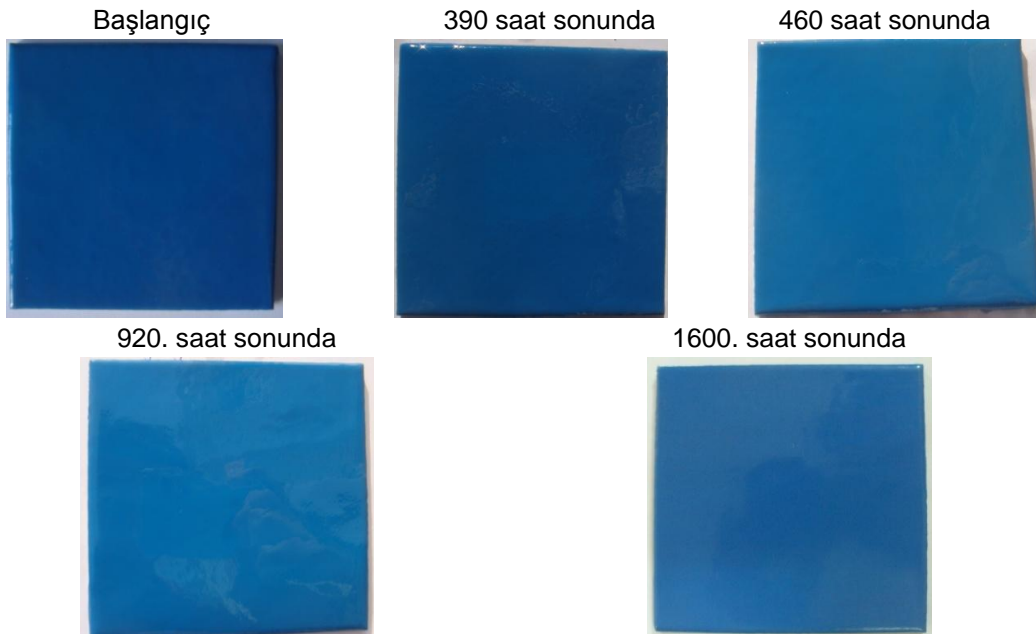
Mazot banyosu numunelerinin Şekil 4.16'deki optik mikroskop görüntülerinde ana yapıda herhangi farklılık gözlenmemektedir. Ana yapı içerisinde bulunan gaz boşlukları dağılımları aynı olup test öncesi ve sonrasında numunenin ağırlıkları ölçüldüğünde elde edilen verilerde 1.35 gr ağırlık artışı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.7). Bu da numune yüzeyindeki kaplamanın 1600 saatlik süre esnasında içerisinde bulunduğu sıvıyı bünyesine nüfuz etme ihtimalini ortaya çıkarmıştır.



Şekil 4.16 Mazot banyosu numunesinin kesit ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri

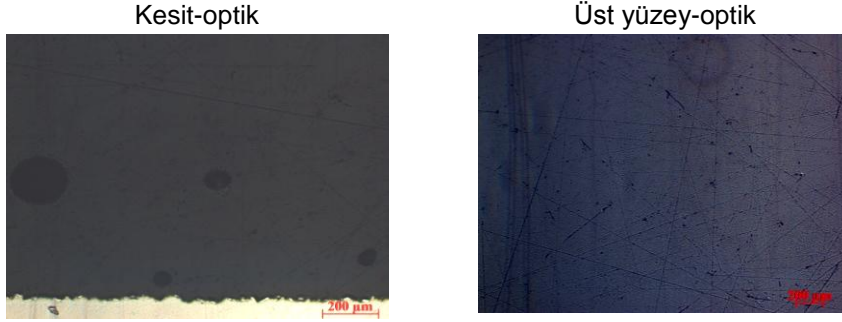
Yağ banyosu

Oda sıcaklığında kapalı ve sızdırmaz bir kap içerisinde 1600 saat'lik motor yağı içerisinde yapılan dayanıklılık testi sonrasında kaplama tabakasının sertliğinde önemli bir değişiklik gözlenmez iken, ağırlığında Tablo 4.7'de görüldüğü gibi 1.15 gr'lık bir artış meydana gelmiştir. Yağ banyosu numunesinde yapılan makroskobik incelemede kaplama yüzeyinde gözle görünür bir bozunma görünmemesine rağmen test sonrasında yüzeyde renk değişimi gözlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Yağ banyosu numunesi makro görüntüleri

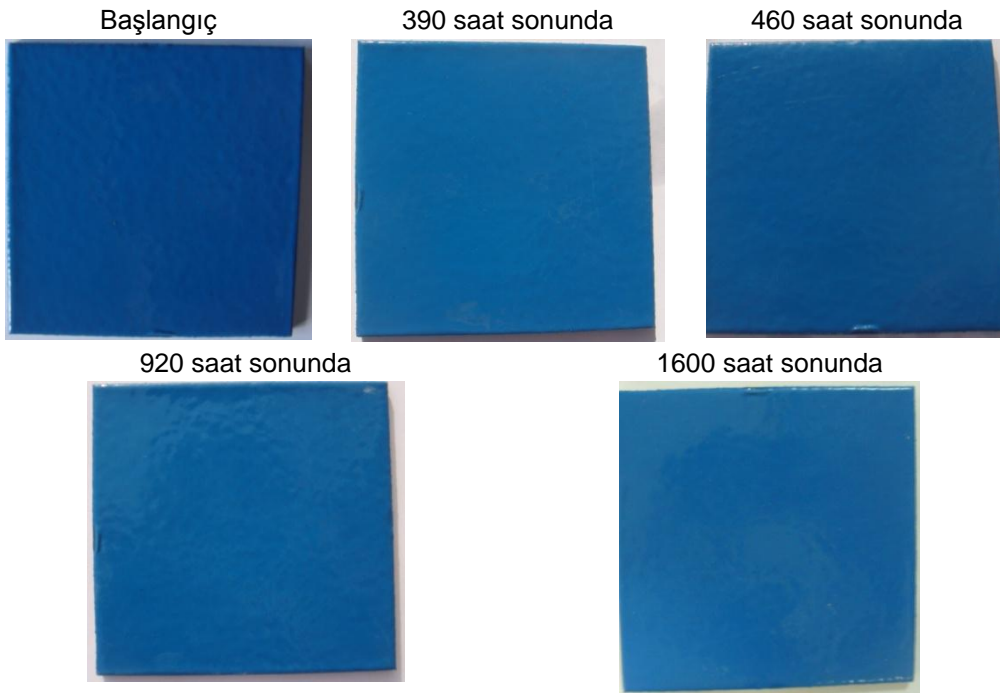
Yağ banyosu testi uygulanan numunenin kesit ve üst yüzeylerinden alınan optik mikroskop görüntülerinde (Şekil 4.18) herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Sadece numunede test sonrasında ağırlık artışı meydana gelmiştir. Bu durum banyo sıvısının kaplama bünyesindeki gaz boşluklarına nüfuz ettiğini göstermektedir.



Şekil 4.18 Yağ banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri

Saf alkol banyosu

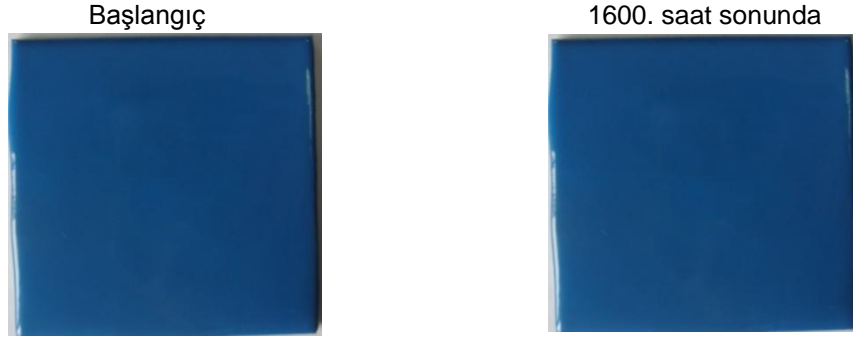
Saf alkol banyosuna bırakılan numunenin farklı zaman dilimlerinde çekilen Şekil 4.19'daki makro görüntülerine bakıldığında test başlangıcında parlak ve net bir görüntü sergileyen numunenin 1600 saatlik test sonucunda yüzeyde alkolün etkisiyle dalgalanma şeklinde bir görüntü elde edilmiş ve renk açılması olmuştur. Fakat herhangi bir ağırlık kaybı meydana gelmemiştir.



Şekil 4.19 Saf alkol banyosu numunesi makro görüntüleri

Atmosfer ortamına bırakılan numune

Optimum parametrelerde üretilen numunelerden bir tanesi atmosferik ortama yerleştirilmiş ve 1600 saat her türlü iklim şartlarına maruz kaldıktan sonra makroskobik olarak incelenmiştir.



Şekil 4.20 Atmosfer ortamı numunesi makro görüntüleri

Atmosfer ortamında yağmur, kar, güneş, sıcak ve soğuk gibi hava koşullarında teste bırakılan numunenin 1600 saat sonrasında çekilen makro görüntüsünün incelenmesinde (Şekil 4.20) yüzeyinde herhangi bir bozunma ve renk değişiminin meydana gelmediği belirlenmiştir.

4.2.4.3. Ultraviyole testi

Alev sprej yöntemiyle çelik plakalar üzerine kaplanmış olan EVA kopolimerine ultraviyole yaşlandırma testi 800 ve 1600 saat olarak uygulanmıştır. Tablo 4.9'da teste tabi tutulan numunelerin deney öncesi ve sonrasındaki ortalama sertlik değerleri, Tablo 4.10'da ise test öncesi ve sonrası ağırlık değişimleri verilmiştir. UV yaşlandırma testi sonrasında kaplamaların hem sertlik değerlerinde hem de ağırlıklarında bir miktar azalma meydana gelmiştir.

Tablo 4.9 Ultraviyole testi uygulanan numunelerin sertlik dağılımları

Numuneler	Test öncesi sertlik-Shore A	Test sonrası sertlik- Shore A
Ultraviyole (800saat)	95.3	94.5
Ultraviyole (1600saat)	93.9	93.1

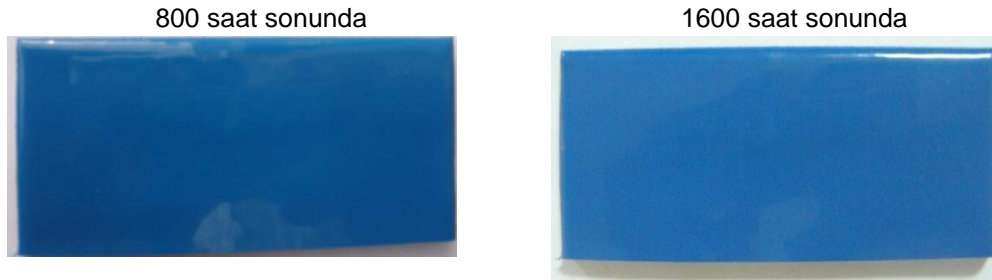
Numunelerin 800 ve 1600 saatlik UV testi sonrasındaki Şekil 4.21'de verilen makroskobik görüntüleri incelendiğinde numune yüzeylerinde herhangi bir

değişim veya bozunma meydana gelmediği gözlenmiştir. Sadece başlangıç numunesi ile UV testi sonrası numuneler karşılaştırıldığında EVA kopolimerinin renginin test sonrasında açıldığı görülmüştür. Fakat sertlikte literatürde beklenen oranda bir düşüş gözlenmemiştir. Bu durum UV testinde kullanılan lamba gücüne bağlı olarak numune yüzeyine düşen ışın miktarının az olmasından kaynaklanmış olabilir.

Tablo 4.10 Ultraviyole testi öncesi ve sonrası kaplamaların ağırlık değerleri

Ortam	Test Öncesi Ağırlık (gr)	Test Sonrası Ağırlık (gr)
Ultraviyole	375.2	372.2

Yapılan bir çalışmada (JİN, 2010), alev sprej yöntemiyle çelik plakalar üzerine kaplanmış olan EVA kopolimerinin ultraviyole ışınlarına tabi tutularak yapılan yaşlandırma işlemi sonrasında çapraz bağlı zincirlerde kırılma ve bozulmaların olduğu tespit edilmiş ve deney sonrasında EVA içerikli kaplamaların ağırlıklarında ve mekanik özelliklerinde (çekme mukavemeti, elastik modül) bu çalışmaya benzer şekilde önemli oranda azalma olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.21 Ultraviyole deneyi numunelerinin makro görüntüleri

4.3. Partikül Takviyeli Kompozit Kaplamaların Üretimi ve Karakterizasyonu

Polimer esaslı kaplamalarda partikül takviyesi belirli özellikleri iyileştirmek amacıyla ilave edilmektedir (PETROVİCAVA, 2002; ZHANG, 2006; LİNS, 2007; LATHABAI 1998). Bunlar;

- ✓ Aşınma davranışlarının arttırılması,
- ✓ Esneklik kabiliyetinin iyileştirilmesi,
- ✓ Isı dayanımlarının arttırılması,
- ✓ Anti-bakteriyel özelliklerin arttırılması,
- ✓ Mukavemet ve sertlik artışı,
- ✓ UV dayanımlarının arttırılması (çinko oksit ilavesi)
- ✓ Renk vermek amacıyla (renk pigmentlerinin ilavesi)

- ✓ Adhezyon özelliklerinin artırılması,
- ✓ Erime ve yumuşama sıcaklıklarının artırılması,
- ✓ Su geçirgenlik özelliklerinin azaltılması,

4.3.1. Tozların hazırlanması ve kaplamaların üretilmesi

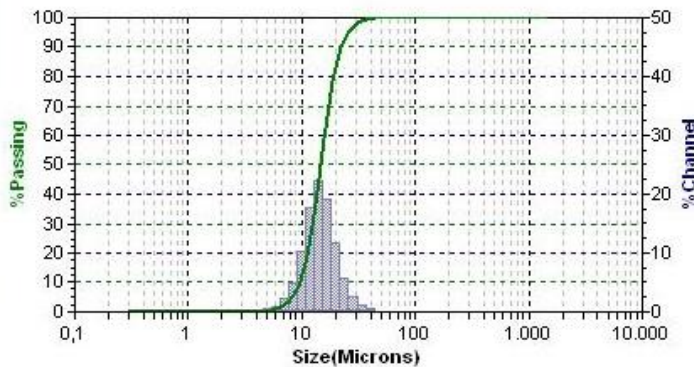
Kompozit kaplama tozları hazırlamak amacıyla 500 gr. EVA tozu kullanılmıştır. Karıştırma öncesi 40 °C'de 1 saat EVA tozunun nemi uçurulmuş ve daha sonra aşağıda belirtilen partiküller yaklaşık %10 oranında ilave edilerek 10 dk. TURBULA karıştırıcıda tozlar karıştırılmıştır. Daha sonra tüm kompozit tozları optimum üretim parametreleri kullanılarak kaplamalar yapılmıştır.

Hazırlanan toz karışımları;

1. Numune 500 g EVA + 50 g SiC
2. Numune 500 g EVA + 50 g Al₂O₃
3. Numune 500 g EVA + 50 g TiO₂
4. Numune 500 g EVA + 50 g soda-kireç camı

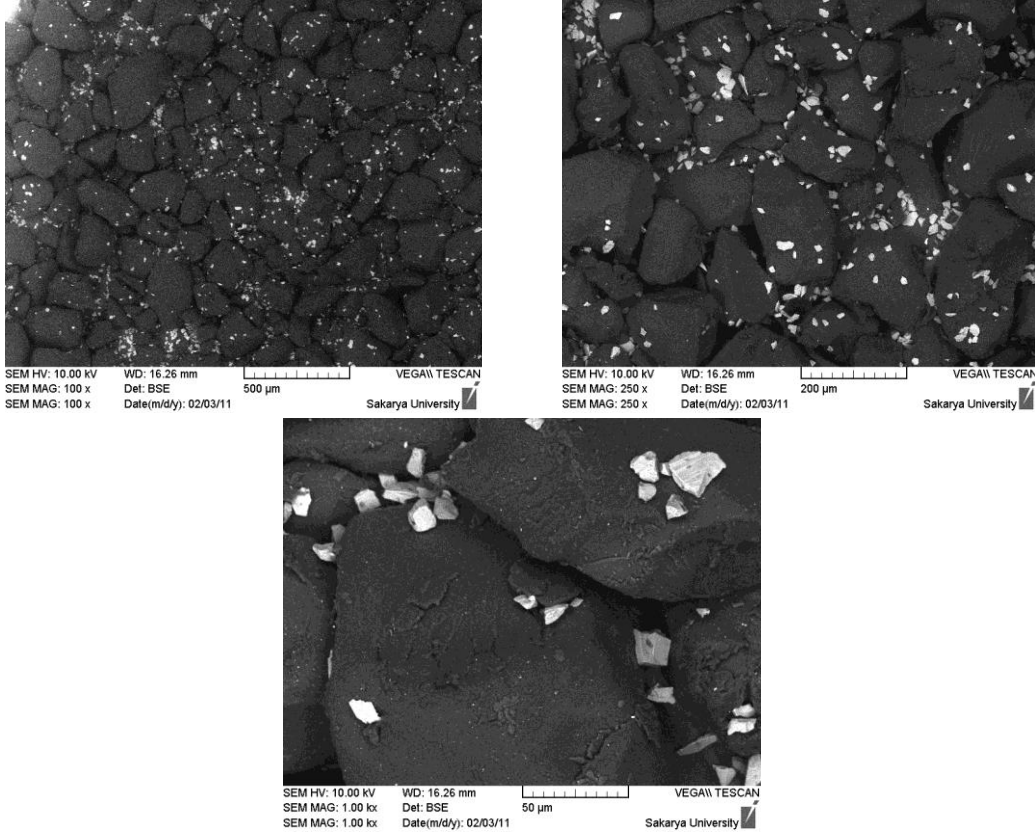
4.3.1.1. EVA+SiC

EVA+SiC partikül takviyeli kaplamaların üretilmesinde kullanılan SiC tozunun toz boyutu dağılım grafiği Şekil 4.22' de gösterilmiştir. SiC tozunun ortalama tane boyutu (d_{50}) 14,51 mikron olarak belirlenmiştir. EVA kopolimeri ile karşılaştırıldığında bu tane boyutu değeri oldukça küçüktür. Turbulada karıştırılarak hazırlanan EVA+SiC tozlarının SEM görüntüleri ise Şekil 4.23'de verilmiştir.



SiC $d_{50}=14,51\mu\text{m}$

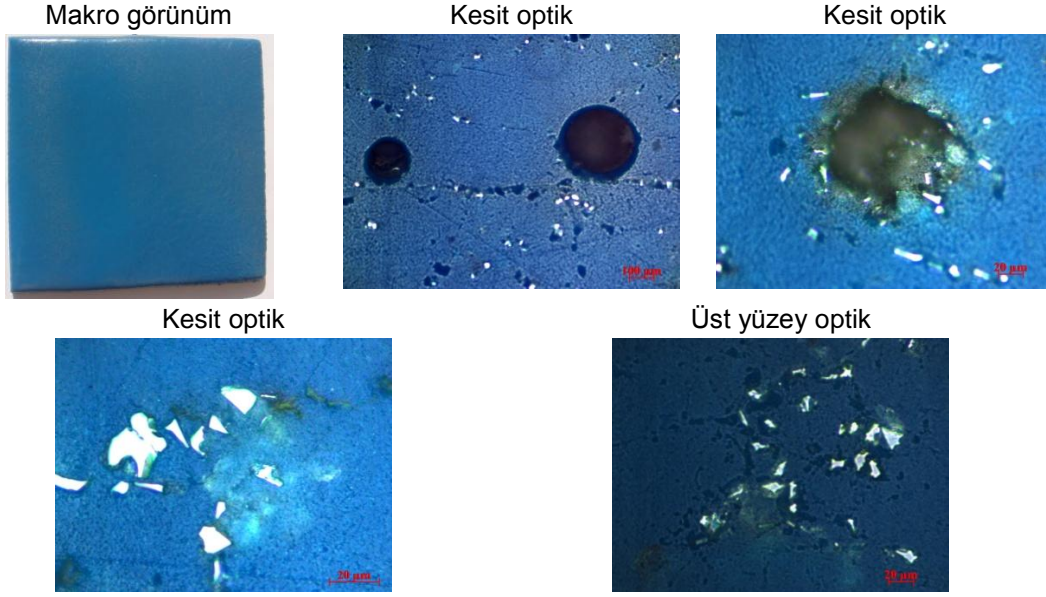
Şekil 4.22 SiC tozunun boyut dağılım grafiği



Şekil 4.23 EVA+%10 SiC kaplama tozunun SEM görüntüleri (beyaz partiküller SiC, büyük griler EVA tozu)

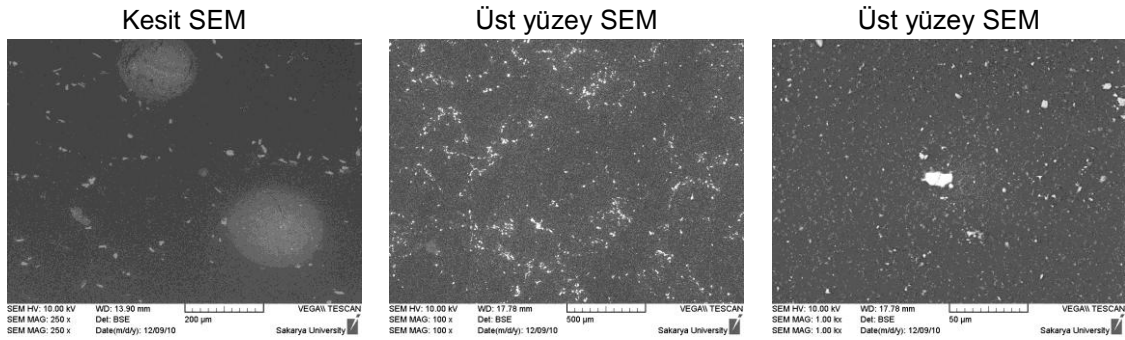
Şekil 4.23'de farklı büyütmelelerdeki karışım tozlarının SEM görüntüleri incelendiğinde, ilave partiküllerin bir kısmının EVA tozları üzerinde gömülü halde olduğu bir kısmının ise tozların üzerine konumlanmış şekilde bulunduğu belirlenmiştir. Görüntülerde takviye partikülleri genel olarak uniform bir dağılım göstermektedir.

Optimizasyon parametreleri kullanarak yapılan kaplama işlemi ile üretilen numunenin makroskobik ve mikroskobik inceleme görüntüleri Şekil 4.24' de verilmiştir.



Şekil 4.24 EVA+%10 SiC tozu kaplamalarının makroskobik görüntüsü ile mikroskobik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.24'deki kesit ve üst yüzey optik görüntüleri incelendiğinde, kaplamaların kalınlık kesiti boyunca farklı boyut ve dağılımda küresel şekilli gaz boşlukları içerdiği ve bunların çevresin yaklaşık 10 µm boyutundaki SiC partiküllerinin (açık beyaz renkte) bulunduğu dikkati çekmektedir. EVA matris yapısı içerisinde SiC parçacıkların oranı oldukça düşük olup homojen bir dağılım göstermektedir. SiC partikülleri matris yapısında çatlak oluşumuna veya ayrılmalara izin vermemiş, ana yapıda gömülü halde yerleşmiştir.



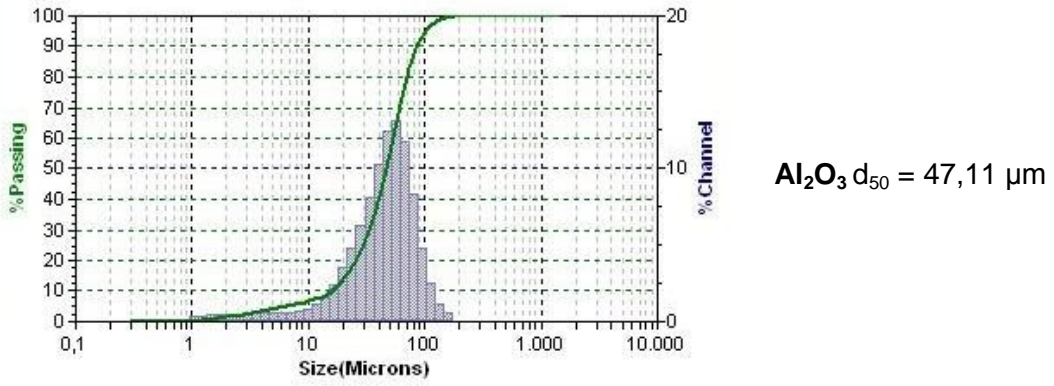
Şekil 4.25 EVA+%10 SiC tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeyinin SEM görüntüleri

Şekil 4.25'de EVA+%10 SiC karışımı kaplamaların kesit ve üst yüzey SEM görüntülerinde ergimemiş EVA toz parçacıkları gözlenmiştir. Toz boyutunun artışına bağlı olarak alev sprej prosesi esnasında EVA toz parçacıklarının alev içerisinde yeterli süre kalmaması nedeniyle ergime yeterli olmamış ve bazı bölgelerde boşluklar oluşmuştur. Kaplama numunesinin SEM

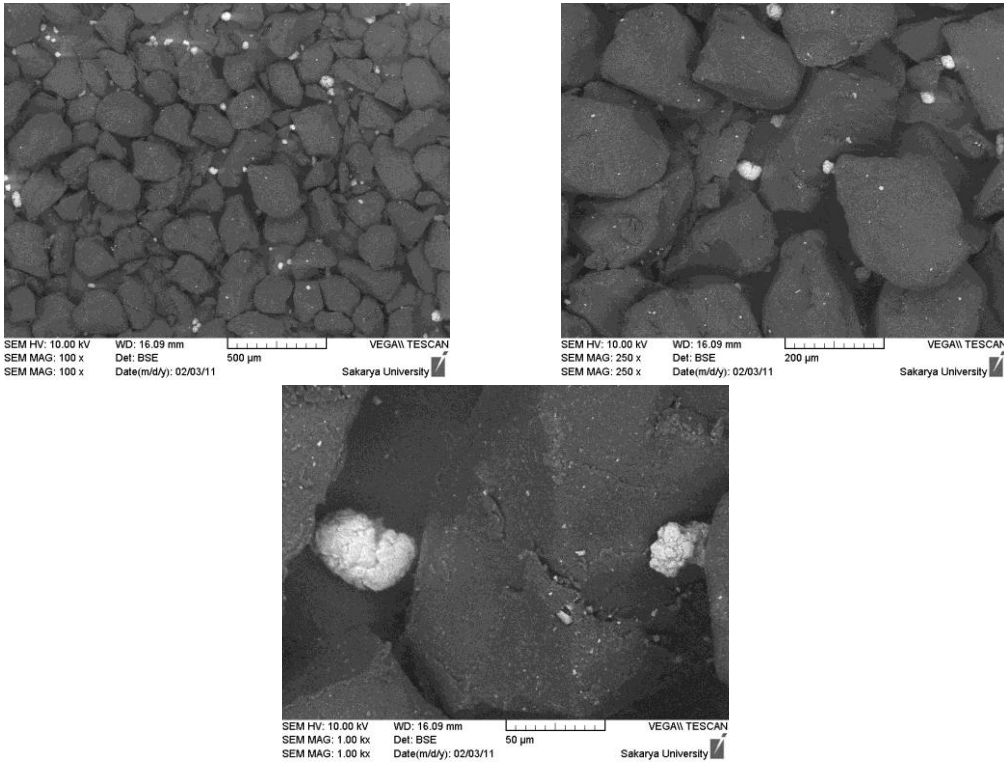
incelemelerinde SiC partiküllerinin genellikle matris içerisinde homojen bir dağılım oluşturduğu gözlenmiştir.

4.3.1.2. EVA+Al₂O₃

EVA tozu içerisine ilave edilen %10 Al₂O₃ tozunun toz boyut dağılım grafiği Şekil 4.26' da verilmiş ve tozun d₅₀=47,11 µm olarak belirlenmiştir. Şekil 4.27' da ise karışım tozlarının SEM görüntüleri verilmiştir.



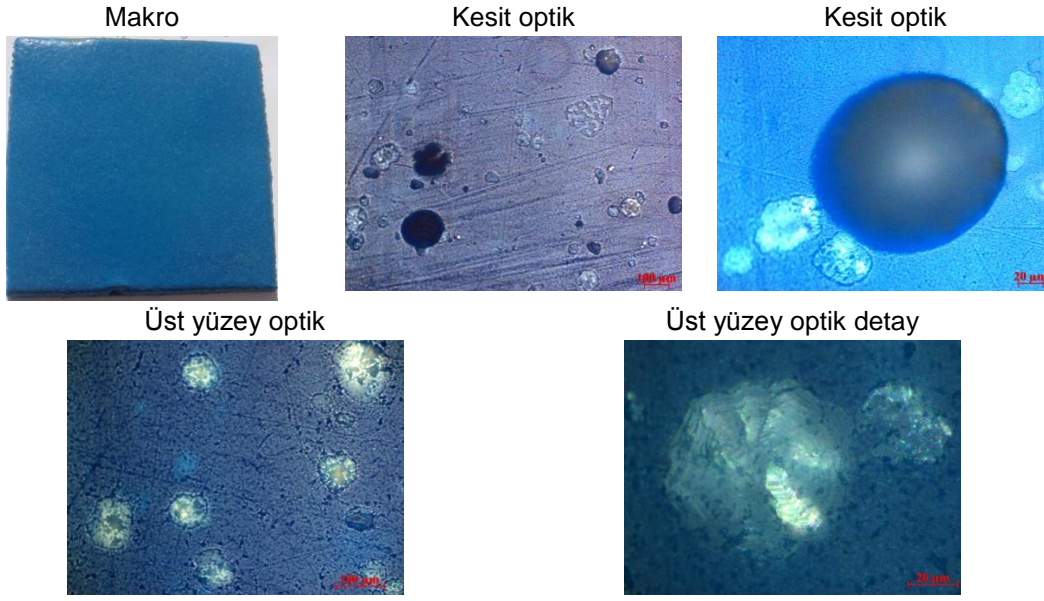
Şekil 4.26 Al₂O₃ tozunun boyut dağılım grafiği



Şekil 4.27 EVA + % 10 Al₂O₃ tozlarının SEM mikroskop görüntüleri

Şekil 4.27'deki görüntüler incelendiğinde Al_2O_3 tozlarının EVA tozları arasına karıştığı ve uniforma yakın bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

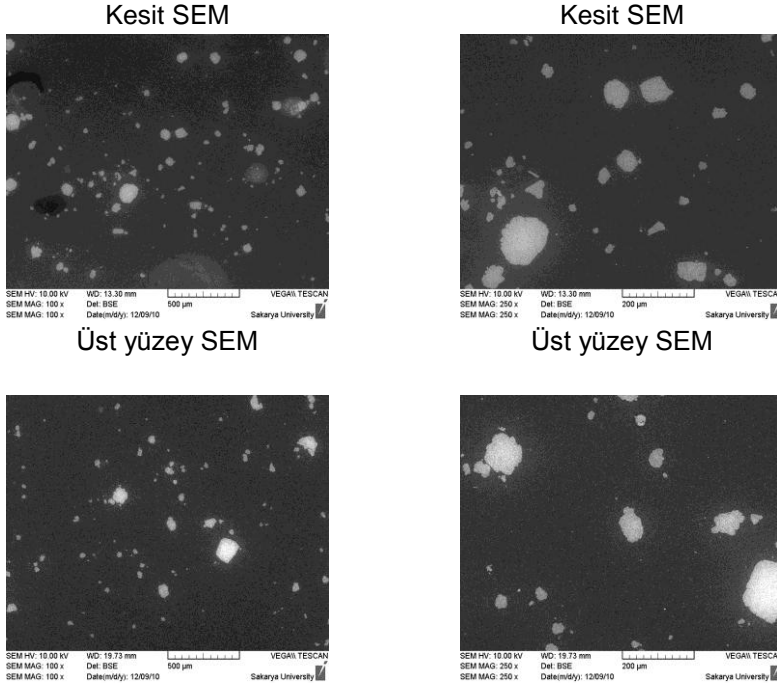
Şekil 4.28'de, üretilen Al_2O_3 partikül takviyeli kompozit kaplamanın yapısal karakterizasyonu için optik mikroskopta yapılan makroskobik ve mikroskobik inceleme görüntüleri verilmiştir



Şekil 4.28 EVA+%10 Al_2O_3 tozu kaplamalarının makroskobik görüntüsü ile mikroskobik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.28' de verilen üst yüzey optik görüntüler incelendiğinde Al_2O_3 toz partiküllerinin kaplama içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Kesit görüntülerinde ise karışım tozlarının gaz boşluklarının etrafında toplandığı gözlenmiştir. Al_2O_3 takviye partikülleri matris yapısı içerisinde gömülü bir şekilde bulunmaktadır ve herhangi bir çatlak oluşturucu etkisi gözlenmemiştir.

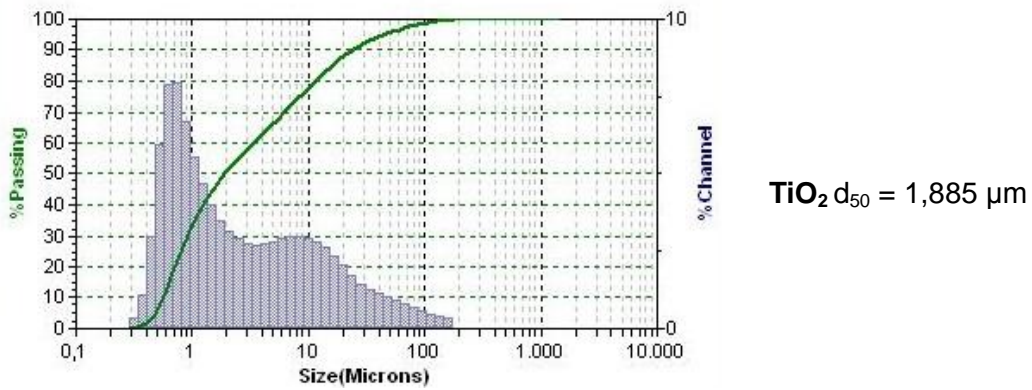
Şekil 4.29'da EVA+%10 Al_2O_3 tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM inceleme görüntüleri verilmiştir. Optik mikroskop incelemelerine benzer şekilde bazı bölgelerde boşluklar ve tam erimemiş EVA partikülleri gözlenmiştir. Ayrıca, Al_2O_3 tozları kaplama içerisinde homojen olarak tanımlanabilecek bir dağılım sergilemiş ve matris içerisindeki konumlarında herhangi bir deformasyon oluşturmadan gömülü bir vaziyette yerleşmiştir.



Şekil 4.29 EVA+%10 Al₂O₃ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

4.3.1.3. EVA+TiO₂

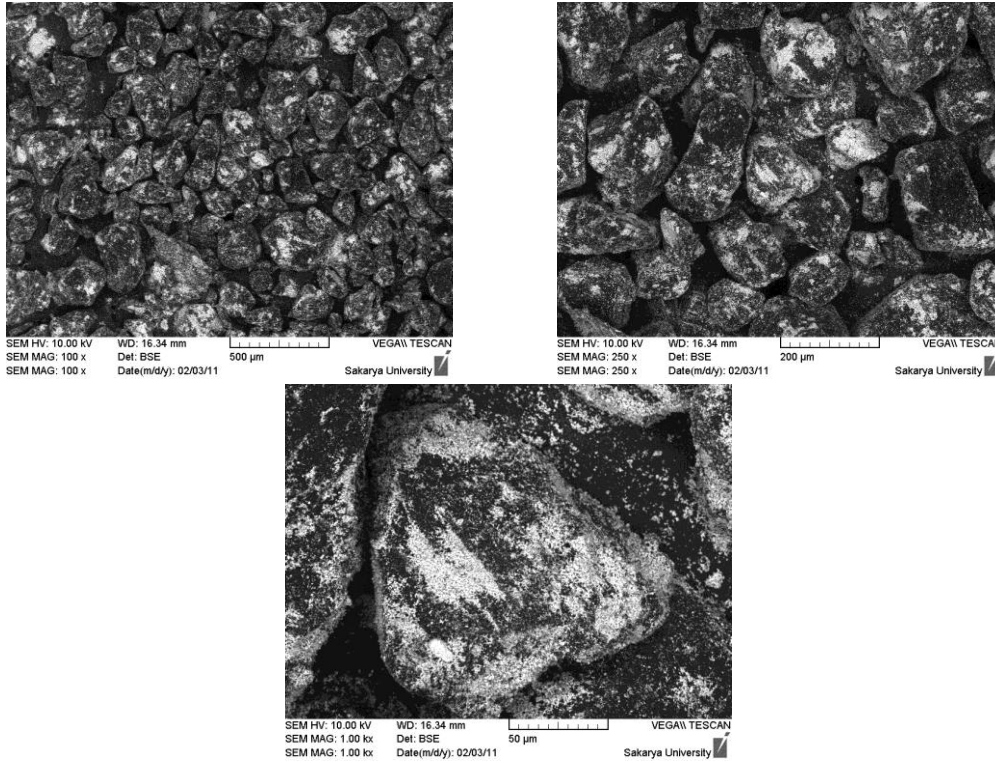
EVA+%10 TiO₂ karışım tozunun hazırlanmasında kullanılan TiO₂'nin toz boyut dağılım grafiği Şekil 4.30'da verilmiştir. Bu tozun d₅₀ değeri 1,885 µm olarak hesaplanmıştır. Şekilden görüldüğü gibi TiO₂ tozunun boyutu çok küçüktür ve dağılımı da geniş bir aralıkta değişim göstermektedir.



Şekil 4.30 TiO₂ tozunun toz boyut dağılım grafiği

Şekil 4.31'de verilen EVA+TiO₂'ye ait SEM görüntülerinde TiO₂ tozlarının EVA tozlarının yüzeyine yapıştığı ve homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Toz görüntülerindeki renk farklılıkları bu durumu

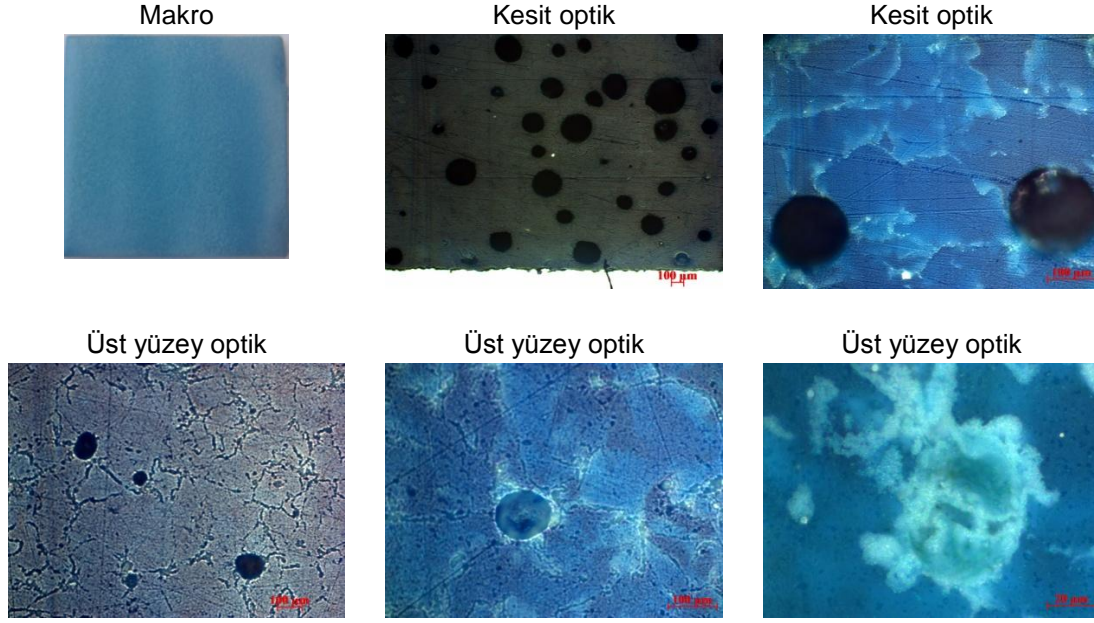
kanıtlamaktadır. TiO_2 tozu kullanılan takviye malzemeleri içerisinde en düşük toz boyutuna sahip olduğundan EVA tozlarının yüzeyine sıvanmıştır.



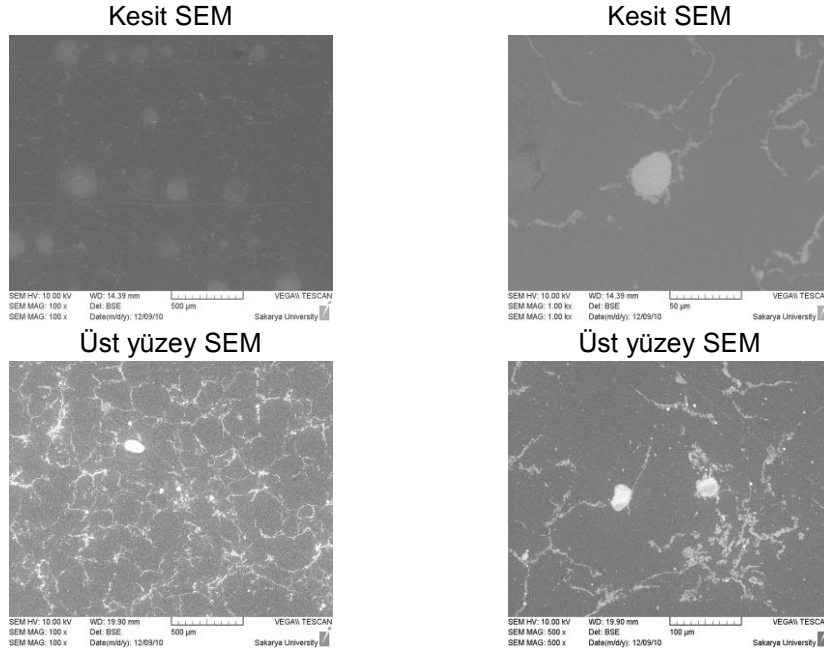
Şekil 4.31 EVA+ %10 TiO_2 karışım tozlarına ait SEM mikroskop görüntüleri

Şekil 4.32'de optimizasyon parametreleri kullanılarak üretilen EVA+%10 TiO_2 kaplamaların makro görünümü ile optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Şekil 4.32'de verilen mikro yapılarda kaplamaların çok fazla miktarda gaz boşluğu içerdiği görülmektedir. TiO_2 tozunun toz boyutu ($1,8 \mu m$) EVA'ya nazaran çok küçük olduğundan TiO_2 tozu yapı içerisinde partikül şeklinde değil tane sınırlarında sıvanmış şekilde görünmektedir.

Şekil 4.33'de EVA+%10 TiO_2 tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin farklı büyütmelelerdeki SEM inceleme görüntüleri verilmiştir. Görüntülerde gaz boşluklarıyla beraber çatlağa benzeyen görüntüler de elde edilmiştir. Tane sınırlarında çökelmiş gibi görülen yapılar aslında küçük tane boyutuna sahip olan TiO_2 tozlarının matris içerisinde görülmeyecek düzeyde tamamen EVA polimer tozu yüzeyine gömülü bir şekilde bulunmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.32 EVA+ %10 TiO₂ tozu kaplamalarının makro görüntüsü ile mikroskopik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

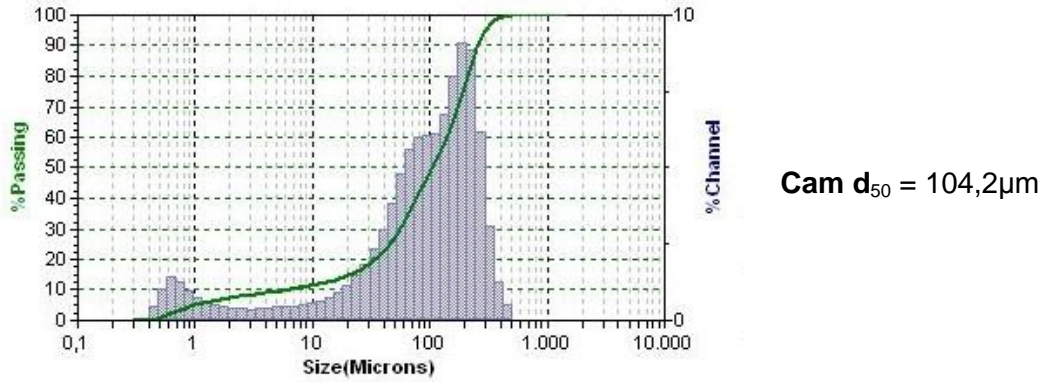


Şekil 4.33 EVA+%10 TiO₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

4.3.1.4. EVA+Soda kireç camı

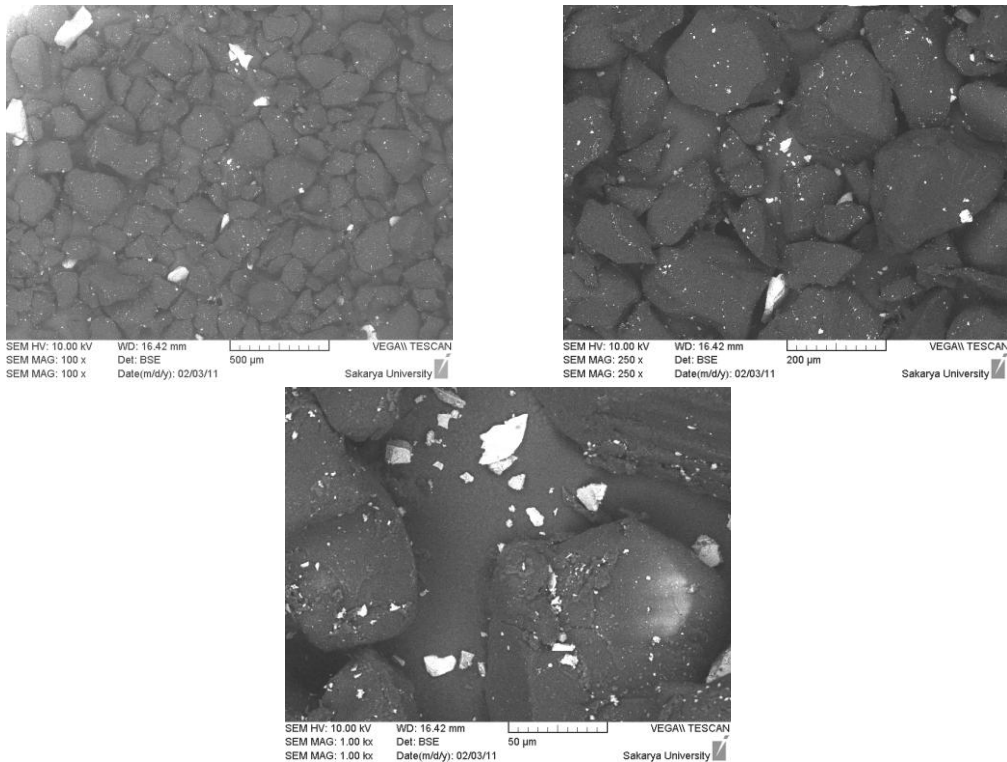
EVA+soda kireç camı kaplamaların üretiminde kullanılan soda kireç camının partikül boyut dağılım grafiği Şekil 4.34'de verilmiştir. Buradaki grafikten görüldüğü gibi partikül takviyeli tozlar içerisinde toz boyutu dağılımlarında

minimum ve maksimum toz boyutları arasındaki farkın en fazla olduğu toz soda-kireç camıdır. Bu tozun d_{50} değeri 104.2 μm olarak belirlenmiştir.



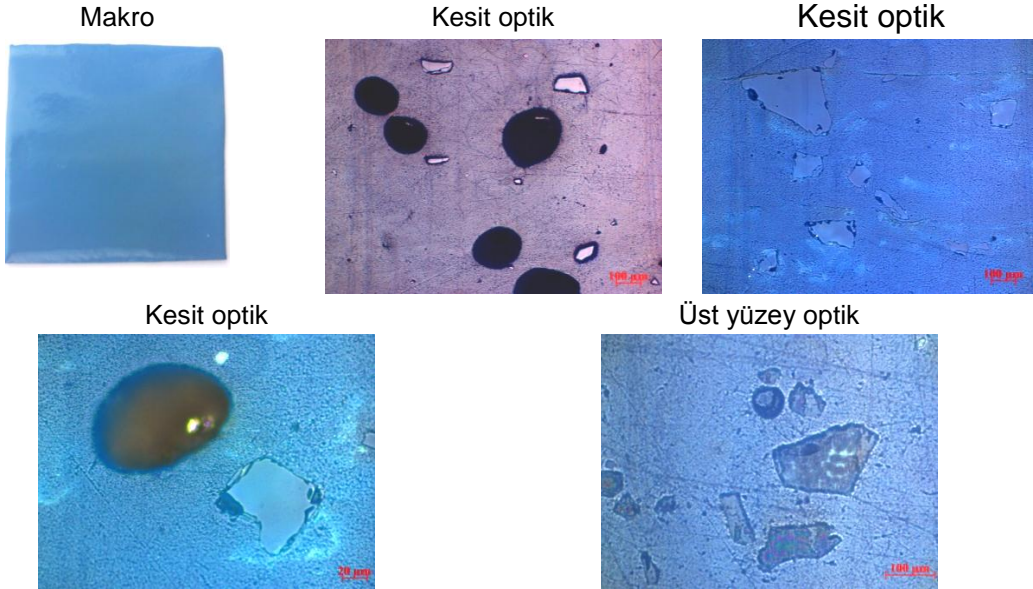
Şekil 4.34 Soda-kireç camı tozunun toz boyutu değerleri

Şekil 4.35'de partikül takviyeli kaplamalarda kullanılan EVA+soda kireç camı karışım tozunun SEM inceleme görüntüleri verilmiştir. Boyut dağılımı çok geniş bir aralıkta değişen soda kireç camı EVA tozu içerisinde homojen bir şekilde dağılmıştır.



Şekil 4.35 EVA+ %10 soda-kireç camı tozlarının SEM mikroskop görüntüleri

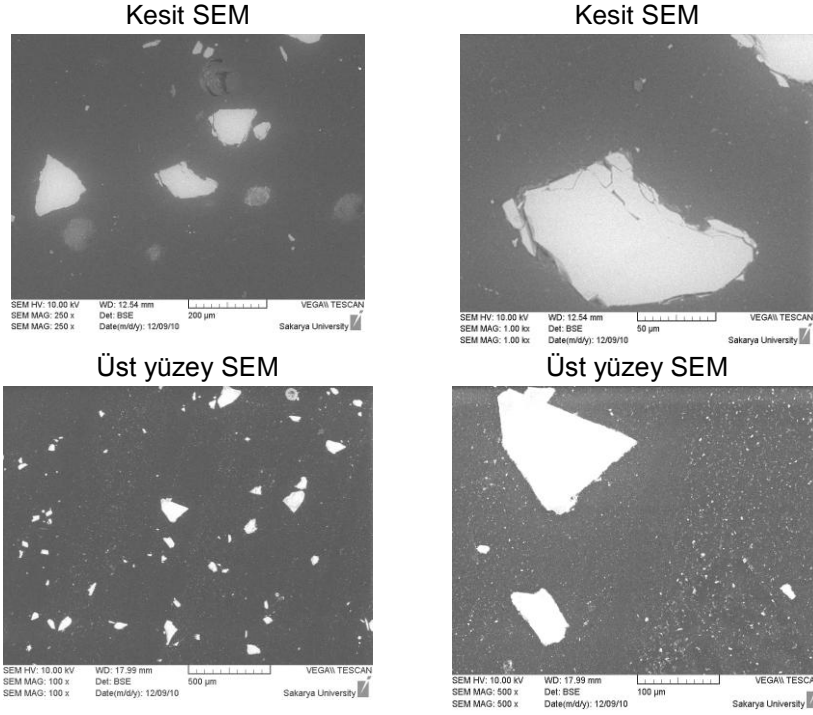
Şekil 4.36'da optimum parametrelerde üretilen kaplamaların makro görüntüsü ile optik mikroskop incelemesinde elde edilen mikroyapı fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 4.36 EVA+Soda kireç camı tozu kaplamalarının makroskobik görüntüsü ile mikroskobik kesit ve üst yüzey optik görüntüleri

Şekil 4.36'da verilen EVA+Soda kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntülerinde gaz boşlukları ve bunların çevresinde dağılmış olan cam partikülleri dikkati çekmektedir. Matris yapısı içerisinde değişik boyutlarda bulunan cam partikülleri matrisin içerisinde gömülü halde bulunmaktadır. Cam partikülleri matrisin içerisinde gömülü haldeyken etrafında herhangi bir çatlak veya deforme oluşturmamıştır. Ortalama partikül boyutu 100-105 μm arasında değişen cam partikülleri kaplamaların kalınlık kesiti boyunca farklı boyut ve dağılımlarda bulunmaktadır.

Şekil 4.37' de verilen EVA+Soda kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntülerinde ergimeyen plastik tozlarının yanı sıra beyaz renkte bulunan cam partikülleri görülmektedir. Bazı takviye tozlarının dış kısımlarında çatlakların bulunması kaplama sırasında cam partiküllerinin deformasyona uğramış olabileceğini (köşelerde kırılmalar şeklinde) göstermektedir.



Şekil 4.37 EVA+Soda kireç camı kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

4.4. Partikül Takviyeli Kaplamaların Aşınma Deneyi Sonuçları

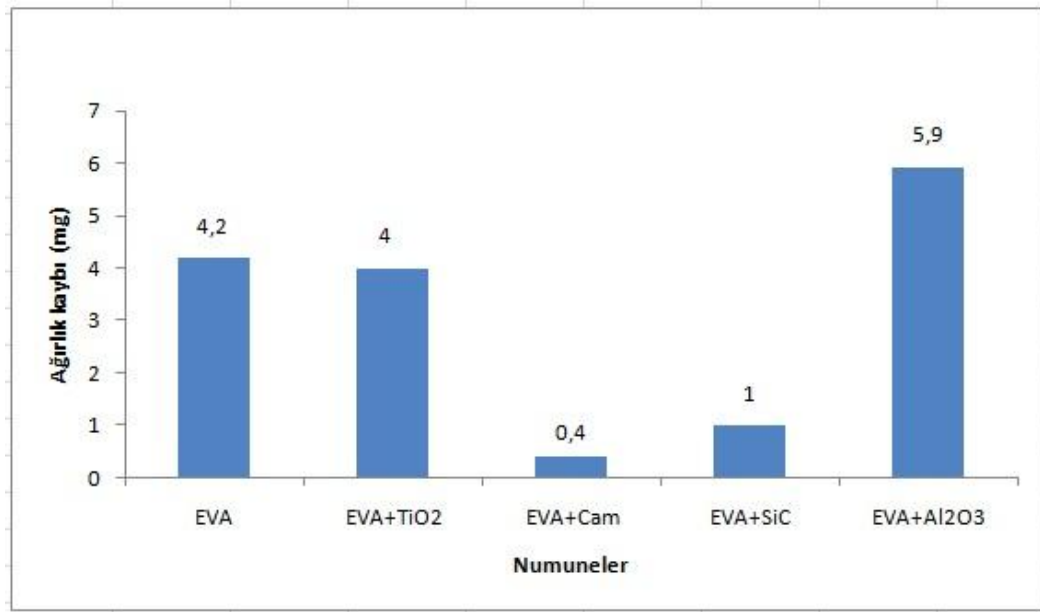
Polimerik esaslı malzemelerin aşınma özellikleri genellikle çelik malzemelere karşı pin on disk veya ball on disk yöntemleri ile yapılmaktadır (ZANG, 2006; LI 2002). Bazı özel uygulamalar için ise aşınma performanslarının belirlenmesi amacıyla erozif aşınma testleri de kullanılmaktadır (LINS, 2007; LATHABAI, 1998).

EVA poimer tozuna %10 oranında ayrı ayrı ilave edilen SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve soda kireç camı ilaveli tozlardan üretilen kaplamaların pin on disk aşınma deneyi sonuçları EVA kaplaması ile karşılaştırılarak incelenmiştir.

Kaplamalardan elde edilen aşınma deneyi sonuçları Tablo 4.11'de özetlenmiş ve bu verilerin grafiksel değerlendirilmesi Şekil 4.38'de verilmiştir. EVA kaplamasının aşınma miktarı 4.2 mg olarak belirlenir iken, EVA+cam kompozit kaplamanın aşınma miktarı (0.4 mg) EVA'ya nazaran yaklaşık 10 kat daha azdır. SiC ilave edilen kaplamanın da aşınma direnci EVA kaplamasından yaklaşık 2.5 kat daha iyi olarak elde edilmiştir. TiO₂ ilave edilen polimer kaplamanın aşınma direnci ise EVA kaplamasına yakın, Al₂O₃ ilaveli kaplamanın aşınma direnci ise EVA'dan daha düşük olarak belirlenmiştir.

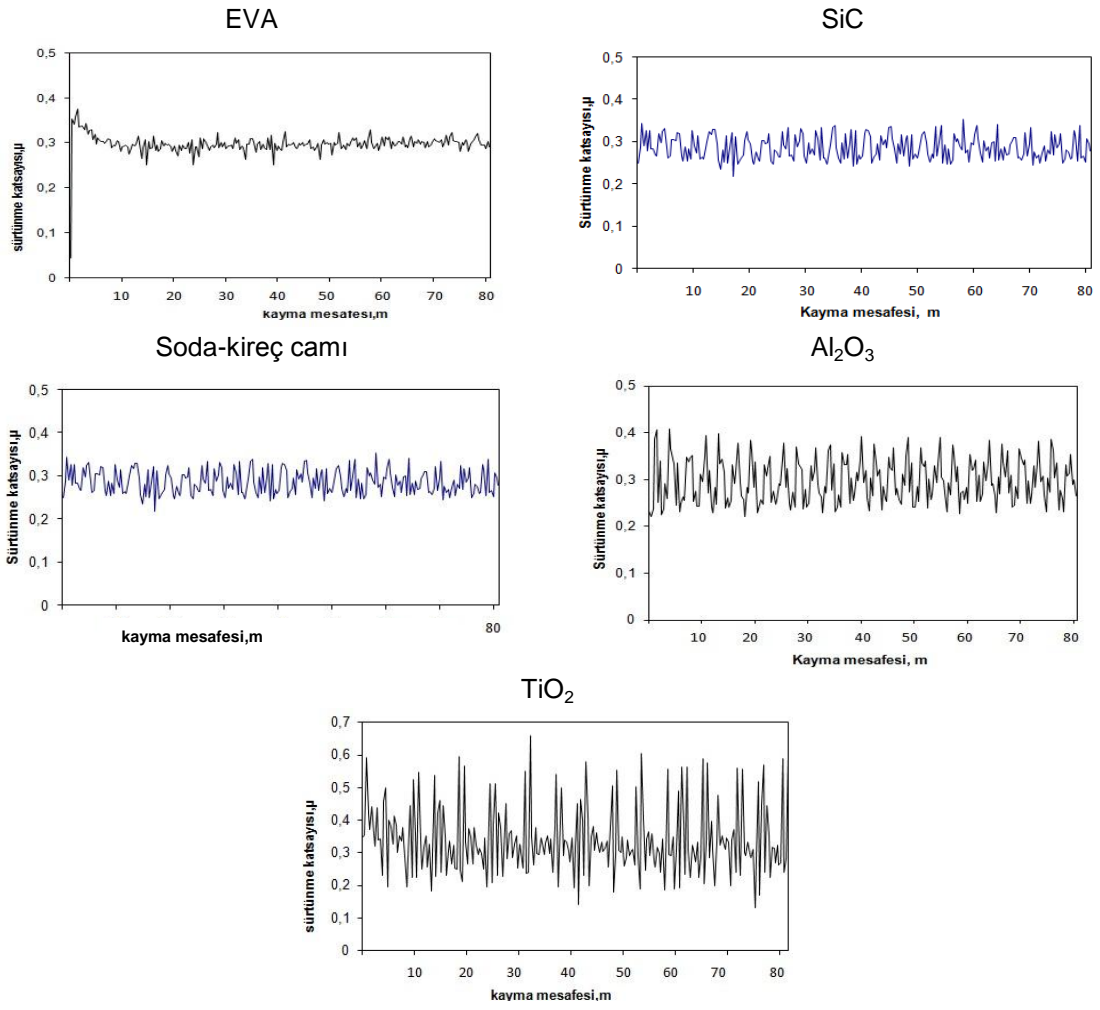
Tablo 4.11 Aşınma numunelerinin ağırlık kayıpları ve sürtünme katsayıları

Numuneler	Deney öncesi ağırlık (gr)	Deney sonrası ağırlık (gr)	Aşınma kaybı (gr)	μ
EVA	109.9685	109.9643	0.0042	0.29
EVA+TiO ₂	39.2755	39.2715	0.0040	0.32
EVA+Cam	41.5785	41.5781	0.0004	0.28
EVA+SiC	37.7938	37.7928	0.0010	0.28
EVA+Al ₂ O ₃	43.4481	43.4422	0.0059	0.30

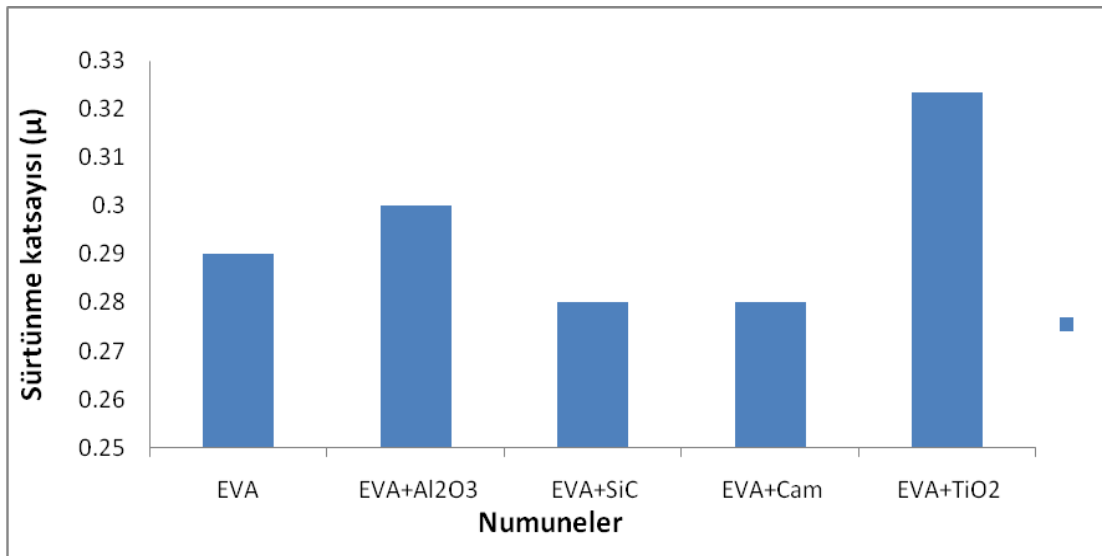


Şekil 4.38 Kaplamaların aşınma kaybı grafikleri

Aşınma deneylerinde elde edilen sürtünme katsayısı grafiklerinden (Şekil 4.39) belirlenen ortalama sürtünme katsayısı değerlerinin grafiksel değerlendirmesi Şekil 4.40'da verilmiştir. Şekildeki grafiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi kaplamalardan elde edilen sürtünme katsayıları arasında çok belirgin bir fark söz konusu değildir. Belirlenen sürtünme katsayıları içerisinde en düşük değer (0.28) aşınma kaybı sonuçlarına benzer şekilde cam ve SiC takviye edilmiş kaplamalardan elde edilmiştir. EVA kaplamasında ise sürtünme katsayısı değeri 0.29 olarak belirlenmiştir. Al₂O₃ ve TiO₂ ilaveli kaplamalarda ise bu değer daha yüksek olarak ölçülmüştür.

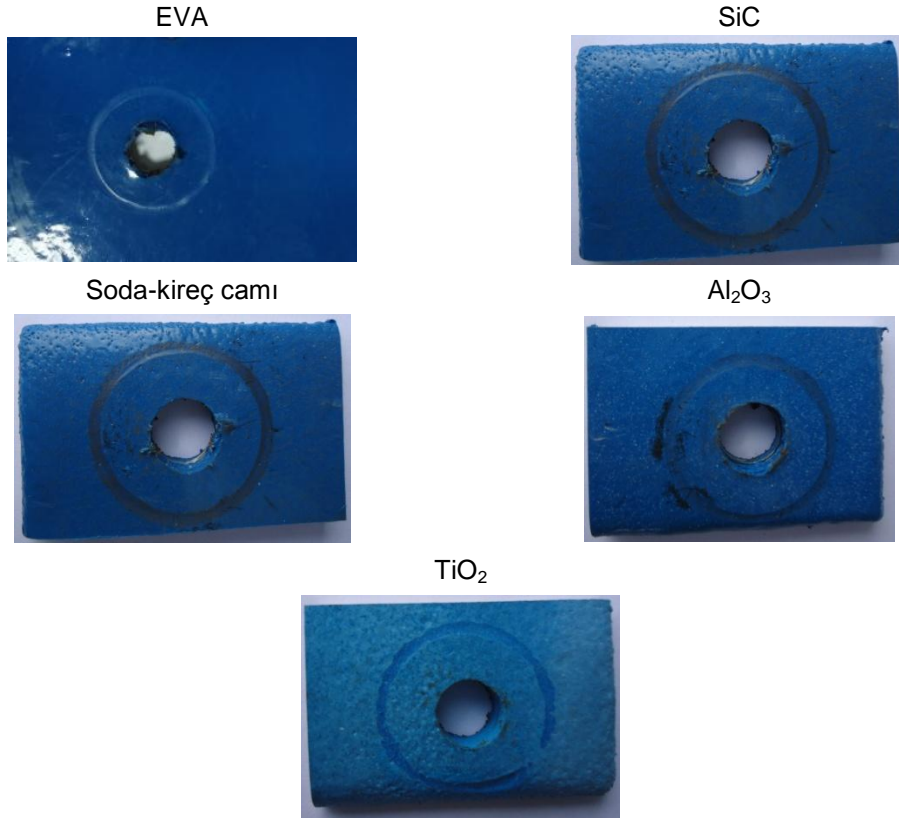


Şekil 4.39 Aşınma deneylerinde elde edilen sürtünme katsayısı grafikleri



Şekil 4.40 Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların sürtünme katsayıları grafiği

Şekil 4.41’de verilen makroskobik aşınma yüzey incelemelerinde Tablo 4.11’de verilen aşınma miktarı değerlerini destekleyen görünüşler elde edilmiştir. En iyi aşınma dayanımı gösteren cam ve SiC takviyeli kaplamalarda belirgin bir aşınma yolu gözlenmiş, fakat diğer aşınma numunelerinde ise kaplama yüzeyinde derin hasarlar meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.41 Aşınma numunelerinin makroskobik görüntüleri

4.4.1. Aşınma Deneyi Sonrası Aşınma İzlerinin Optik Mikroskop Görüntüleri

EVA polimer kaplaması ve partikül takviyeli kaplamaların aşınma deneyi sonrasında incelenen aşınma yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri Şekil 4.42’de verilmiştir. EVA kaplamasının aşınma yüzeyinde yoğun bir şekilde plastik deformasyon olduğu ve kayma yönü doğrultusunda plastik bir akış meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.42a).

Üretilen kaplamalar içerisinde en iyi aşınma dayanımı gösteren EVA+SiC ve EVA+Cam kaplamaların Şekil 4.42b ve 4.42c’de verilen aşınma yüzeyleri

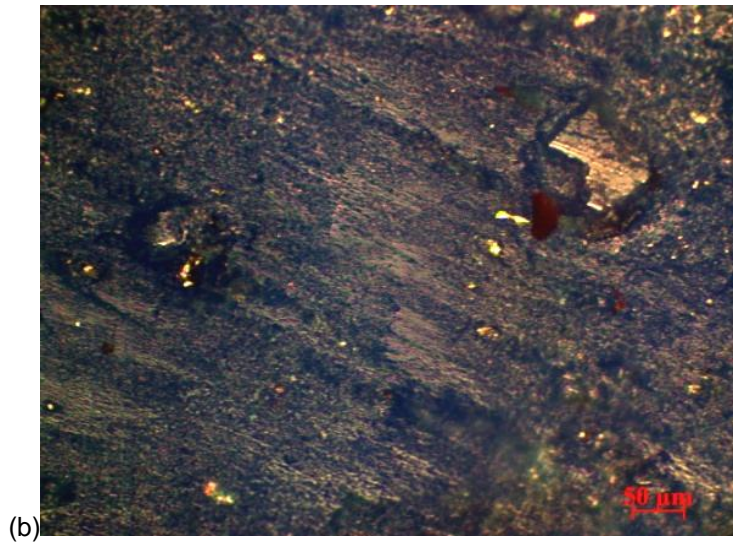
incelendiğinde aşınma deneyi esnasında kaplamalarda çok az oranda plastik deformasyonun meydana geldiği ve ilave edilen SiC ve Cam partiküllerinin plastik deformasyonu engellediği ve polimerin aşınmasını azaltıcı yönde bir katkı sağladığı aşınma yüzeyinden anlaşılmaktadır.

TiO₂ tozu ise partikül buyutunun çok küçük olması nedeniyle EVA tozları üzerine sıvandığından ve kaplama yapısında da çok ince tabakalar halinde bulunduğuından aşınma davranışına olumlu yönde bir katkı sağlamamıştır. Al₂O₃ ilave edilen polimerik kaplamaların aşınma deneyi sonucu da beklenenden farklı olarak elde edilmiştir. EVA polimerine ilave edilen Al₂O₃ partikülleri aşınma direncini azaltmış ve aşınma kayıpları EVA kaplamadan daha fazla olarak elde edilmiştir.

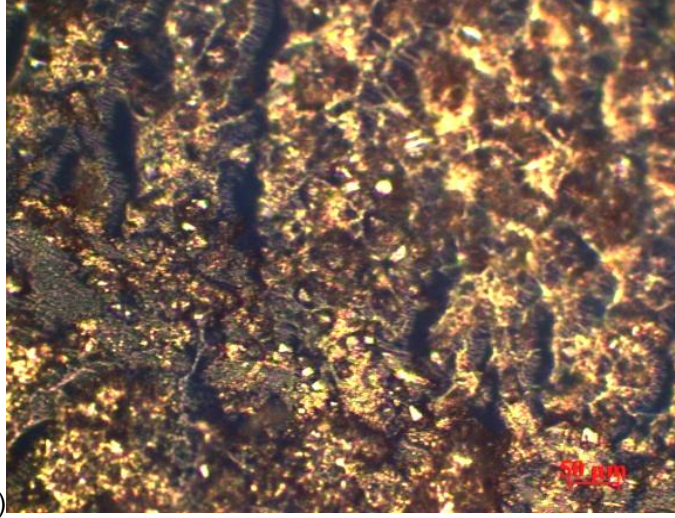
EVA



Cam

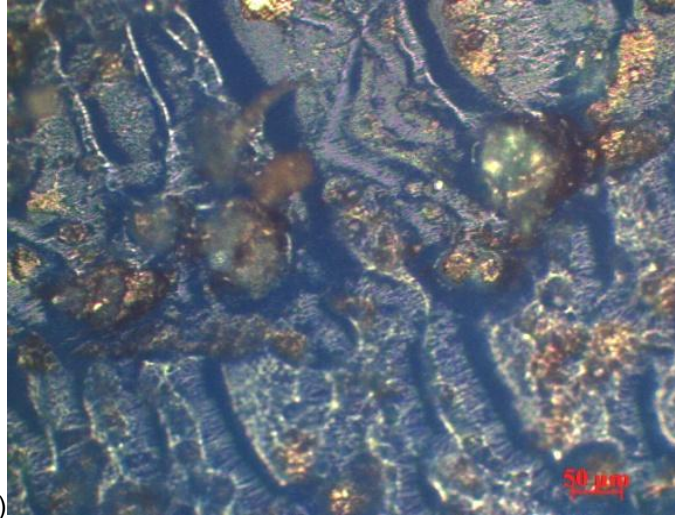


SiC



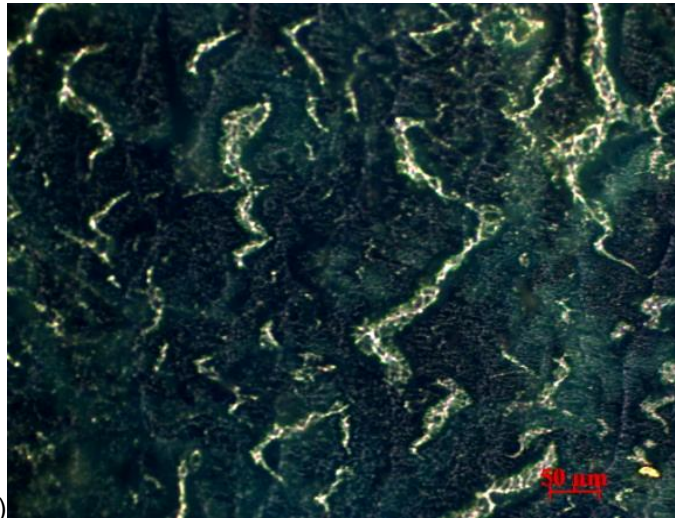
(c)

Al₂O₃



(d)

TiO₂



(e)

Şekil 4.42 Partikül takviyesi ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma deneyi sonrası elde edilen optik mikroskop görüntüleri

4.5 Üç Nokta Eğme Deneyi

Polimerik kaplamaların altlık malzeme ile iyi bir bağ oluşturduğu çekme ve eğme testleri ile belirlenebilir (ANJOS 2003, TAMBE 2008). Bu çalışmada daha pratik olması nedeniyle eğme testi kullanılmıştır. Optimum parametreler kullanılarak üretilen EVA kaplamasının altlık malzemeye yapışma dayanımını belirlemek amacıyla 3 nokta eğme testi uygulanmıştır. Eğme deneyi zwick marka universal çekme test cihazında 1 mm/dk sabit hızda yapılmış ve deneye numuneler 90°'lik konuma gelene kadar devam edilmiştir. 3 nokta eğme testi sonrasında deney numunelerinin makroskobik görüntüsü Şekil 4.43'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, yapılan deneyler sonrasında EVA kaplaması altlık malzeme yüzeyine iyi bir şekilde yapıştığından altlık malzemesinden ayrılma göstermemiştir.



Şekil 4.43 3 nokta eğme testi uygulanan kaplama numunelerinin makro görüntüsü

GENEL SONUÇLAR

Alev sprej yöntemiyle polimer esaslı kaplamaların optimizasyonu ve karakterizasyonuna yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

a) Proses Optimizasyonu Çalışmaları

Alev sprej yöntemi uzun yıllardır bilinen, metalik ve seramik malzemelerin kaplanmasında kullanılan bir termal püskürtme tekniğidir. Prosesin optimizasyonuna yönelik parametreler sınırlı olup tabancaya bağlı parametreler; yanıcı/yakıcı gaz debileri ve oranı, püskürtme mesafesi ve tabancaya beslenen toz miktarı yanında kaplanması istenen malzemeye bağlı yüzey pürüzlülüğü ve altlık sıcaklığıdır.

Gerçekleştirilen çalışmada özellikle polimer/plastik esaslı kaplamaların alev sprej yöntemiyle püskürtülmesine yönelik olarak söz konusu parametrelerin EVA kopolimeri için optimizasyonu yapılmıştır. Belirlenen parametreler şunlardır; Oksijen/propan oranı 3:1; altlık sıcaklığı 150 °C, toz besleme basıncı 1,8 bar olarak belirlenmiş ve sprej mesafesi 20 cm olarak sabit tutulmuştur.

b) Korozyon Ortamı ve UV Yaşlandırma Test Çalışmaları

Belirlenen optimum parametrelerde üretilen kaplamaların farklı ortamlardaki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla numunelere; alkol, benzin, mazot ve motor yağı banyo testleri ile atmosferik ortam testleri 1600 saat olarak uygulanmıştır. Uzun süreli testler sonucunda numunelerde meydana gelen değişimler makro görüntüler ve mikroyapı incelemelerine göre değerlendirilmiştir. Mazot, benzin ve yağ banyosu içerisinde tutulan numunelerde renk değişimi ve ağırlık artışı gözlenmiştir. Mekanik özellik noktasında yapılan sertlik ölçümleri sonucunda önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir. Alkol ve atmosfer şartlarında tutulan numunelerde ise sadece renk değişimi gözlenmiştir.

ASTM B 117 standardında %5'lik NaCl tuzlu su ortamında yapılan 1000 saatlik tuz püskürtme testi sonrasında yapılan makro incelemelerde sadece renk değişimi ve yüzey bozunmaları gözlenmiştir. Özellikle optimum parametrelerde üretilen numunelerde daha az bir bozunma meydana gelmiştir.

Yapılan UV testleri sonrasında numunelerin yüzey ve renk dokusunda ciddi bir değişim gözlenmemiştir. Fakat gerçekleştirilen sertlik ölçümlerinde EVA kopolimerinin bağ yapısının bozunmasından kaynaklandığı düşünülen bir miktar sertlik düşüşü tespit edilmiştir.

c) Aşınma Testi Sonuçları

Optimum şartlarda üretilen kaplamaların performanslarının geliştirilmesi amacıyla farklı katkı partikülleri yaklaşık %10 oranında EVA kopolimerine ilave edilmiş ve kaplamalara pin on disk aşınma testi uygulanmıştır. Katkı olarak ilave edilen SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve Cam partiküllerinin kaplamaların aşınma direncine farklı şekilde etkideği görülmüştür. SiC ve cam takviyesi EVA kaplamalarının aşınma dayanımını arttırmıştır.

Projede elde edilen kazanımlar sonucunda gelecekte yapılması düşünülen çalışmalar şunlardır:

1. Alev sprey yönteminde farklı polimer tozu veya karışım tozları kullanılarak kaplamalar üretilerek yapısal özellikler ve korozyon dayanımı değişik kullanım alanları (endüstriyel ortam, deniz ortamı vs.) için araştırılabilir.
2. Polimer tozlarına bazı katkı malzemeleri (Ag, Co, Zn, Cu vb) ilave edilerek üretilen kaplamaların sağlık alanında kullanıma yönelik olarak antibakteriyel özellikleri incelenebilir.
3. Çeşitli sert seramik partiküller polimerik malzemelere ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma performansları değişik ortamlarda ayrıntılı olarak araştırılabilir.
4. Polimer tozlarına çeşitli katkıları (MgO, SiO₂, Kil) ilave edilerek yanmayan/tutuşmayan kaplamaların değişik uygulamalarda kullanımına yönelik çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

ANJOS G.V., SYDENSTRICKER T.H., PARADES R.S., AMICO S.C., A Preliminary Investigation into Thermal Spray and Other Metal/Polymer Deposition Processes and Their Potential Use in The Oil Industry, *Engenharia Termica*, 4, 3-8, (2003).

ASTM D 1193, Specification For Reagent Water, ASTM, Annual Book Vol. 10, (2004).

ASTM B-117, Standard Test Method of Salt Spray (Fog) Testing, ASTM, Annual Book Vol. 2, (2005).

BERNDT M.L., BERNDT C.C., Thermal Spray Coatings, Brookhaven National Laboratory, State University of New York, Stony Brook, (2003).

DAVIS J.R., Handbook of Thermal Spray Technology, ASM International Materials Park OH, 2004

HOCKINY, M.G., VASANTASIEE, V., SIDKY, P.S., Metallic and Ceramic Coatings: Production High Temperature and Applications, Harlow Longman, London, 1989

HONEYWELL INTERNATIONAL INC., Material Safety Data Sheet, Ethylene-Vinyl Acetate Copolymers, 1-8, (2006).

JIN J., CHEN S., ZHANG J., UV Aging Behavior of Ethylene-Vinyl Acetate Copolymers (EVA) With Different Vinyl Acetate Contents, *Polymer Degradation and Stability*, 95, 725-32, (2010).

KUMAR B.N.R, VENKATARAMAREDDY M., SURESHA B., Two-Body Abrasive Wear Behavior of Nano-Clay Filled LDPE/EVA Composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 28, 2999-3007, (2009).

LATHABAI S., OTTMULLER M., FERNANDEZ I., Solid Particle Erosion Behaviour of Thermal Sprayed Ceramic, Metallic and Polymer Coatings, *Wear*, 221, 93–108, (1998).

LEVIO E., WILENIUS T., KINOS T., VUORISTO P., MANTYLA T., Properties of Thermally Sprayed Fluoropolymer PVDF,ECTFE, PFA and FEP Coatings, *Progress in Organic Coatings*, 49, 69-73, (2004).

LI J., LIAO H., CODDET C., Friction and Wear Behavior of Flame Sprayed Peek Coatings, *Wear*, 252, 824-831, (2002).

LINS, VANESSA F.C., BRANCO, JOSÉ R.T., DINIZ, FLÁVIO R.C., BROGAN, J.C., BERNDT, M.L., CHRISTOPHER C., Erosion Behavior of Thermal Sprayed, Recycled Polymer and Ethylene–Methacrylic Acid Composite Coatings, *Wear*, 262, 274–281, (2007).

LUCIANA T.D., EVANDO M.P, SILVA, J.R.T., BRANCO, V.F.C., Production and Characterization of Thermally Sprayed Polyethylene Terephthalate Coatings, *Surface and Coating Tech.* 182, 261-267, (2004).

PAWLOWSKI, L., *The Science and Engineering of Thermal spray Coatings*, John Willey & Sons, England, ISBN 0471-95253-2, 1995.

PETROVICOVA E., SCHADLER L.S., *Thermal Spraying of Polymers*, *International Materials Reviews*, 47, 169-190, (2002).

TAMBE S.P., SINGH S.K., PATRI M., KUMAR D., Ethylene Vinyl Acetate and Ethylene Viny Alcohol Copolymer for Thermal Spray Coating Application, *Progress in Organic Coatings*, 62, 382-386, (2008).

TAMBE S.P, SINGH S.K., PATRI M. AND KUMAR D., *Studies on Anticorrosive Properties of Thermally Sprayable EVA and EVAL Coating"* *Progress in Organic Coatings*, 67, 239–245, (2010).

ZHANG G., LIAO H., LIA H., MATEUS C., BORDES J.M., CODDET C., On Dry Sliding Friction and Wear Behaviour of Peek and Peek/SiC-Composite Coatings, *Wear*, 260, 594–600, (2006).

www.ibeda.de

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No:109M412
Proje Başlığı: Alev Sprey Yöntemiyle Plastik Esaslı Kaplamaların Üretilmesi ve Karakterizasyonu
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:Doç.Dr. Ahmet TÜRK
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme mühendisliği Bölümü Esentepe Kampüsü-SAKARYA
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:01.02.2010-01.02.2011
Öz (en çok 70 kelime) Bu çalışmada alev sprej yöntemi EVA kopolimerinin optimum parametrelerde üretimi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Öncelikle kaplama kalitesine etki eden birincil parametreler değiştirilerek değişik kaplamalar üretilmiş ve bu kaplamaların makro inceleme, mikroskobik inceleme ve sertlik deneyi sonuçlarına göre yorumlanmasıyla optimum üretim parametreleri belirlenmiştir. Üretilen kaplamalara ASTM B-117 standartlarına uygun olarak 1000 saatlik tuz püskürtme testi ve optimum parametrelerde üretilen numunelere UV yaşlandırma testi ile benzin, mazot, motor yağı ve saf alkol içerisinde 1600 saatlik banyo testi uygulanmıştır. Daha sonraki aşamada ise EVA tozuna belirli oranda (\cong %10) seramik esaslı sert partiküller ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma performansları pin on disk yöntemi ile belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler:Alev Sprey, EVA(Etil Vinil Asetat), Aşınma
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> <small>Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.</small>
Projeden Yapılan Yayınlar: Osman ALTUN, Muhammet ZAĞLI, Ahmet TÜRK, Fatih ÜSTEL, Alev Sprey Yöntemiyle Polimer Kaplamaların Üretimi ve Karakterizasyonu, I. Yüzey İşlemleri Sempozyumu, 15-18 Haziran 2011, istanbul

