

**T.C
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALEV SPREY YÖNTEMİYLE ETİLEN-VİNİL-ASETAT
KAPLAMALARIN ÜRETİLMESİ VE
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Metalurji VE Malzeme Müh. Osman ALTUN

Enstitü Anabilim Dalı : MET. VE MALZEME MÜH.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet TÜRK

Şubat 2011

T.C
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALEV SPREY YÖNTEMİYLE ETİLEN-VİNİL-ASETAT
KAPLAMALARININ ÜRETİLMESİ ve
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Metalurji ve Malzeme Müh. Osman ALTUN

Enstitü Anabilim Dalı
Tez Danışmanı

MET. ve MALZEME MÜH.
Doç. Dr. Ahmet TÜRK

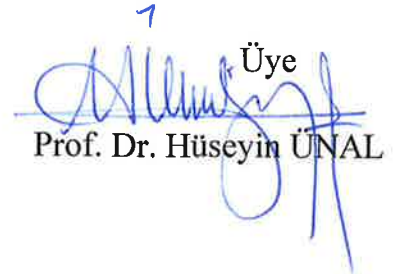
Bu tez 02/02/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Doç. Dr. Ahmet TÜRK

Üye

Prof. Dr. Fatih ÜSTEL

Üye

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, çalışmalarım süresince her türlü fedakârlığı esirgemeyen, ilgi ve yardımlarıyla tecrübesinden yararlandığım ve her zaman desteğini yanımda hissettiğim tez danışmanım değerli hocam Doç. Dr. Ahmet TÜRK' e ve engin bilgisi, desteği ve Termal Sprey Laboratuvarındaki emekleriyle bizlere en iyi çalışma ortamı hazırlanmasında büyük çaba sarf eden değerli hocam Prof. Dr. Fatih Üstel' e ,

Aşınma testlerinde desteklerini esirgemeyen Teknik Eğitim Fakültesi'nin değerleri hocalarından Prof. Dr. Hüseyin Ünal hocama, deneysel kısımların hazırlanmasında gerekli olan araç ve gereçlerin temin edilmesini sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 'na ,

Tez çalışmasının her aşamasında yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, Kocaeli Üniversitesi Öğretim Görevlisi Ekrem Altuncu' ya, Sakarya Üniversitesi doktora öğrencisi ve Termal Sprey Laboratuvarı sorumlusu Savaş Öztürk' e, Metalurji ve Malzeme Yüksek mühendisi Salih Emre Yıldırım'a, Sakarya Üniversitesi yüksek lisans öğrencisi olan ve tez çalışmalarını beraber yürüttüğüm tez arkadaşım Muhammet Zağlı' ya, lisans öğrencilerinden Cansu Aydemir'e ve Mehmet Öztürk' e ,

Ayrıca beni yetiştirip bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ve şükranlarımı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
TABLolar	xvii
ÖZET.....	xviii
SUMMARY	xix

BÖLÜM 1

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2

TERMAL SPREY KAPLAMALAR	3
2.1. Termal Sprey Prosesi	4

BÖLÜM 3

ALEV SPREY YÖNTEMİ	8
3.1. GİRİŞ	8
3.1.1. Plastik kaplama teknikleri.....	9
3.2. Alev Sprey İşleminin Prensibi	9
3.3. Toz Alev Sprey Yöntemi	10
3.3.1. Toz alev spre yöntemi ile polimer kaplama.....	11
3.3.1.1. Alev spre yöntemi ile polimer kaplamaların avantajları ..	14
3.3.1.2. Alev spre yöntemi ile polimer kaplamaların dezavantajları.....	14
3.3.2. Toz alev spre kaplamaların optimal püskürtme şartları	15
3.3.2.1. Alev ayarı	15

3.3.2.2. Püskürtme mesafesi	15
3.3.2.3. Püskürtme demetinin püskürtülen yüzeye düşüş açısı	15
3.3.2.3. Püskürtme hızı ve kaplama	15
3.3.2.4. Püskürtülen tabakanın sıcaklığı	16
3.3.3. Kaplama öncesi işlemler	16
3.3.3.1. Yüzey temizleme	17
3.3.3.2. Yüzey pürüzlendirme	17
3.3.3.3. Ön ısıtma	19
3.3.4. Kaplama sonrası işlemler	20
3.3.5. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların uygulama alanları ve avantajları	20
3.3.5.1. Alev sprej yönteminin diğer malzemelere uygulanabilirliği	23

BÖLÜM 4

POLİMER MALZEMELER	25
4.1. Giriş	25
4.2. Polimerlerin Sınıflandırılması	27
4.2.1. Elde edilişlerine göre polimerler	27
4.2.1.1. Doğal polimerler	27
4.2.1.2. Sentetik polimerler	27
4.2.1.3. Yarı sentetik polimerler	28
4.2.2. Yapılarına göre polimerler	28
4.2.2.1. Homopolimer	28
4.2.2.2. Kopolimer	28
4.2.3. Bağ yapılarına göre polimerler	29
4.2.3.1. Doğrusal (lineer) polimer	29
4.2.3.2. Dallanmış polimer	29
4.2.3.3. Çapraz bağlı polimer	29
4.2.4. Sentezlerine göre polimerler	29
4.2.4.1. Kondenzasyon polimerleri	29
4.2.4.2. Zincir (katılma) polimerleri	29
4.2.5. Zincir yapılarının geometrik dizilişlerine göre polimerler	30

4.2.5.1. Amorf polimerler	30
4.2.5.2. Kristalin polimerler	30
4.2.6. Fiziksel özelliklerine göre polimerlerin sınıflandırılması	31
4.2.6.1. Plastikler	31
4.2.6.2. Fiberler	36
4.2.6.3. Elastomerler	37
4.3. Kaplanacak Tozun Özelliklerini Etkileyen Faktörler	39
4.3.1. Molekül ağırlığı	39
4.3.2. Camsı geçiş sıcaklığı (Tg).....	39
4.3.3. Tg sıcaklığı ve toz dengesi.....	40
4.3.4. Moleküller arası düzen.....	41
4.3.5. Molekül zincirlerinin şekli.	41
4.3.6. Toz partikül boyutu	43
4.4. Alev Sprey Yönteminde Kullanılan Bazı Polimer Tozlar	43
4.4.1. Polietilen (PE).....	43
4.4.2. Etilen-Vinil alkol kopolimerleri (EVOH).....	44
4.4.3. Polipropilen (PP).....	45
4.4.4. Vinil tozları (PVC, PVDF)	46
4.4.5. Poli tetrafloraetilen (PTFE).....	47
4.4.6. Polyester.....	48
4.4.7. Nylon-Poliamid (PA)	48
4.4.8. Akrilik (PMMA).	49
4.4.9. Epoksi reçine (EP).	50
4.4.10. Polikarbonat (PC).....	50
4.4.11. Polietereterketon (PEEK).....	51
4.4.12. Etilen vinil asetat (EVA).....	52
4.5. Polimer Malzemelerle Diğer Malzemeler Arasındaki Farklar	54
4.6. Polimerlerin Kullanım Alanları	55

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR	57
5.1. Deneysel Çalışmanın Amacı ve Yöntemi.....	57
5.2. Polimer Kaplamaların Üretimi için Kullanılan Cihaz ve Malzemeler ...	57

5.2.1. Basınçlı kumlama makinası.....	57
5.2.2. Kaplama tozlarının kurutulmasında kullanılan etüv.....	58
5.2.3. Lazerle toz partikül boyut ölçme cihazı	59
5.2.4. Üç eksenli karıştırıcı	59
5.2.5. Alev sprey kaplama cihazı.....	60
5.2.5.1. Alev sprey kaplama tabancısı kullanımı	61
5.3.Kaplama Sonrası Üretilen Numunenin Karakterizasyonu İçin	
Kullanılan Cihazlar.....	62
5.3.1. Kesme cihazı.....	62
5.3.2. Numunelerin kalıplanması için bakalite alma cihazı.....	63
5.3.3. Zımparalama ve parlatma cihazı.....	63
5.3.4.Optik mikroskop	64
5.3.5.Taramalı elektron mikroskobu(SEM).....	64
5.3.6.Kaplama sertliklerinin ölçülmesi için Shore-A sertlik cihazı.....	65
5.3.8.Tuz püskürtme kabini	65
5.3.9.Isıl işlem uygulaması test düzeneği	67
5.3.10.Ultraviyole yaşlandırma test düzeneği	68
5.3.11. Aşınma deneyi test düzeneği	68
5.3.12. Mazot, benzin, motor yağı ve saf alkol banyoları test ortamları	69

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR	71
6.1. Giriş.....	71
6.2. Kaplamada Kullanılan Tozun Morfolojisi	71
6.3. Kaplamaların Üretimi	74
6.3.1. Optimum Oksijen/Propan Gaz (O_2/C_3H_8) Oranın Belirlenmesi	74
6.3.2. Optimum Altlık Sıcaklığının Belirlenmesi	76
6.3.3. Optimum Toz Besleme Basıncının Belirlenmesi	79
6.3.4. Optimum Numune Üretimi ve Performans Testleri	81
6.3.4.1. Tuz püskürtme korozyon testinin uygulanması	83
6.3.4.2. Banyo testlerinin uygulanması.....	91
6.3.4.3. Ultraviyole testi.....	99

6.4. Partikül Takviyeli Kompozit Kaplamaların Üretimi ve Karakterizasyonu	102
6.4.1. Tozların hazırlanması ve kaplamaların üretilmesi.....	102
6.4.1.1. EVA + SiC.....	103
6.4.1.2. EVA + Al ₂ O ₃	107
6.4.1.3. EVA + TiO ₂	110
6.4.1.5. EVA + soda kireç camı	114
6.5.2. Performans testleri	119
6.5.2.1. Isıl işlem uygulaması.....	119
6.5.2.2. Toz karışım kaplamalarına uygulanan aşınma deneyi	137
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR	145
KAYNAKLAR	147
ÖZGEÇMİŞ	150

SİMGELER VE KISALTMALAR

HVOF	: Yüksek hızlı-oksi yakıtlı
MAPP	: metil-asetilen-propadien
PE	: Polietilen
ASTM	: American Society for Testing and Materials
VOC	: Uçucu organik kimyasallar
PA	: Poliamid
PMMA	: Poli meta metilakrilat
EP	: Epoksi Reçine
PC	: Polikarbonat
PEEK	: Polietereterketon
TiO ₂	: Titanyum dioksit
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
SiC	: Silisyum karbür

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Termal sprej yöntemlerini tarihsel gelişimi	3
Şekil 2.2.	Termal sprej kaplamaların şematik gösterimi	5
Şekil 2.3.	Termal sprej yöntemleri, temel prensibi ve kaplama malzemeleri.	5
Şekil 2.4.	Termal püskürtme kaplama aşamalarının şematik gösterimi	6
Şekil 3.1.	Toz alev püskürtme yöntemi	11
Şekil 3.2.	Polimer püskürtmenin bileşenleri	12
Şekil 3.3.	Alev sprej tabancası püskürtme nozulu ve püskürtme anı.....	13
Şekil 3.4.	Püskürtülen kaplamanın mikro yapısı	17
Şekil 3.5.	Pürüzlendirilmiş yüzey ile ergimiş partiküllerin etkileşimi	18
Şekil 3.6.	Havuzun alev sprej yöntemiyle polimer kaplanmasının görünümü.....	20
Şekil 3.7.	Alev sprej yöntemiyle zeminin epoksi kaplanması	21
Şekil 3.8.	Alev sprej yöntemiyle bakımı zor olan direklerin polimer kaplanması	21
Şekil 3.9.	Alev sprej yöntemiyle polimer kaplama uygulamaları.....	21
Şekil 3.10.	Yüksek performanslı yapıların kaplanması	22
Şekil 3.11.	Alev sprej yöntemiyle üretilen polimer kaplamanın boyanmazlık özelliği.....	22
Şekil 3.12.	Polimer kaplamaların denizcilik sektöründeki uygulamaları	23
Şekil 3.13.	Polimer malzeme ile şekilli parçaların kaplanması	23
Şekil 3.14.	Alev sprej yönteminin farklı uygulama çalışmaları.....	24
Şekil 4.1.	Polimerlerin oluşumu	27
Şekil 4.2.	Amorf polimer	30
Şekil 4.3.	a) Kristalin polimer, b) Yarı kristalin polimer.....	30
Şekil 4.4.	1) Termoplastikler 2) Termosetler.....	31
Şekil 4.5.	Termosetlere ait zincir yapısı	32
Şekil 4.6.	Termoplastiklere ait zincir yapısı	33
Şekil 4.7.	Çeşitli polimerlerden yapılmış fiberlerin görünümleri.....	36

Şekil 4.8.	Gerilme etkisi altında polimer zincirlerinin şematik gösterimi	37
Şekil 4.9.	Bazı polimerlerin Gerilme-Genleme diyagramı	37
Şekil 4.10.	Kopolimerleri oluşturan monomerlerin diziliş şekilleri	42
Şekil 4.11.	Polimerleri oluşturan zincir şekilleri.	42
Şekil 4.12.	Polietilenin kullanıldığı uygulama alanlarını	44
Şekil 4.13.	EVOH polimer çeşitleri	45
Şekil 4.14.	PP (polipropilen) polimeri ile üretilmiş malzemeler	46
Şekil 4.15.	Vinil tozlarıyla üretilmiş malzemeler	47
Şekil 4.16.	PTFE polimeri ile üretilmiş malzemeler	48
Şekil 4.17.	Polyesterin ile üretilmiş polimerik malzemeler.....	48
Şekil 4.18.	Nylon'un uygulama alanlarını	49
Şekil 4.19.	Akrilik polimerinin denizcilik sektörü ve diğer uygulama alanları.	49
Şekil 4.20.	Epoksi reçine uygulama alanları.....	50
Şekil 4.21.	Polikarbonat kullanım alanları	51
Şekil 4.22.	PEEK malzemesinin kullanım alanları.....	51
Şekil 4.23.	EVA'nın bağ yapısı	52
Şekil 4.24.	EVA polimerinin kullanım alanları	53
Şekil 5.1.	Altlık malzemesinin kumlanması için kullanılan SAPI marka basınçlı kumlama makinası	58
Şekil 5.2.	Toz bünyesinde nemi uzaklaştırmak için kullanılan Ecocell marka kurutma fırını (etüv)	59
Şekil 5.3.	Toz partikül boyut ölçümünde kullanılan Microtrac S3500 marka lazerle partikül boyut ölçme cihazı.....	59
Şekil 5.4.	Tozların karıştırılmasında kullanılan TURBULA marka üç eksenli karıştırıcı.....	60
Şekil 5.5.	Kaplama uygulamalarında kullanılan IBEDA F311 FX-S alev sprey sistemi	61
Şekil 5.6.	Struers marka kesme cihazı	62
Şekil 5.7.	Soğuk bakalite alma işleminin gerçekleştirildiği Struers Evopac marka vakum alma cihazı	63
Şekil 5.8.	Zımparalama ve parlatma işleminin yapıldığı Struers TegraPol-21 marka otomatik zımparalama ve parlatma cihazı	64

Şekil 5.9.	ZEIS marka optik mikroskop	64
Şekil 5.10.	TESCAN marka taramalı elektron mikroskobu (SEM).....	65
Şekil 5.11.	Sertlik ölçüm cihazları.....	65
Şekil 5.12.	Tuz püskürtme test kabini önden görünümü	66
Şekil 5.13.	Tuz püskürtme test kabini arkadan görünümü	66
Şekil 5.14.	Tuz püskürtme test odası içten görünümü.....	67
Şekil 5.15.	Döner tablalı ısıtıcı	67
Şekil 5.16.	Ultraviyole yaşlandırma test düzeneği	68
Şekil 5.17.	Aşınma deneyi test düzeneği	69
Şekil 5.18.	Banyo testi için hazırlanmış test ortamları	70
Şekil 6.1.	EVA tozunun toz boyutu ölçüm sonuçları	72
Şekil 6.2.	EVA polimer tozunun SEM görüntüleri.....	72
Şekil 6.3.	EVA kopolimerine ait IR eğrileri	72
Şekil 6.4.	Oksijen / propan oranı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri	75
Şekil 6.5.	Optimum Oksijen/Propan gaz (O_2/C_3H_8) oranına göre üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri	76
Şekil 6.6.	Altlık sıcaklığı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri	78
Şekil 6.7.	Altlık sıcaklığı optimizasyonu için üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri.....	78
Şekil 6.8.	Taşıyıcı toz besleme basıncına göre üretilen numunelerin makro görüntüleri	80
Şekil 6.9.	Farklı toz besleme basıncında üretilmiş kaplamaların kesitten alınmış mikro yapı görüntüleri	80
Şekil 6.10.	Üretilen optimum numunelerin makro görüntüleri	81
Şekil 6.11.	Optimum parametrelerde üretilen numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri	82
Şekil 6.12.	Üretilen optimum numunelerin SEM görüntüleri	83
Şekil 6.13.	Korozyon numunelerinin makro görüntüleri.....	89
Şekil 6.14.	Benzin banyosu numunesi makro görüntüleri.....	92

Şekil 6.15.	Benzin banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri	93
Şekil 6.16.	Mazot banyosu numunesi makro görüntüleri	94
Şekil 6.17.	Mazot banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri	96
Şekil 6.18.	Yağ banyosu numunesi makro görüntüleri.....	96
Şekil 6.19.	Yağ banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri	97
Şekil 6.20.	Saf alkol banyosu numunesi makro görüntüleri	98
Şekil 6.21.	Atmosfer ortamı numunesi makro görüntüleri	99
Şekil 6.22.	Ultraviyole deneyi numunelerinin makro görüntüleri.....	100
Şekil 6.23.	Ultraviyole test numunesinin 800 saat sonundaki IR eğrileri.....	100
Şekil 6.24.	Ultraviyole test numunesinin 1600 saat sonundaki IR eğrileri.....	101
Şekil 6.25.	SiC tozunun toz boyutu değerleri	103
Şekil 6.26.	EVA+ % 10 SiC kaplama tozunun SEM görüntüleri	104
Şekil 6.27.	EVA+ % 10 SiC tozunun alev sprej ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü.....	104
Şekil 6.28.	EVA+ %10 SiC tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri	105
Şekil 6.29.	EVA+ % 10 SiC tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri	106
Şekil 6.30.	Al ₂ O ₃ tozunun toz boyutu değerleri.....	107
Şekil 6.31.	EVA + % 10 Al ₂ O ₃ tozlarının SEM mikroskop görüntüleri	107
Şekil 6.32.	EVA+ % 10 Al ₂ O ₃ tozunun alev sprej ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü.....	108
Şekil 6.33.	EVA+ % 10Al ₂ O ₃ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri	109
Şekil 6.34.	EVA+ Al ₂ O ₃ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri	110
Şekil 6.35.	TiO ₂ tozunun toz boyutu değerleri.....	111
Şekil 6.36.	EVA+ % 10 TiO ₂ karışım tozlarının SEM mikroskop görüntüleri .	111
Şekil 6.37.	EVA+ TiO ₂ tozunun alev sprej ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü.....	112

Şekil 6.38.	EVA+ TiO ₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri	113
Şekil 6.39.	EVA+ TiO ₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri	114
Şekil 6.40.	Soda-kireç camı tozunun toz boyutu değerleri	115
Şekil 6.41.	EVA+ %10 soda-kireç camı tozlarının SEM mikroskop görüntüleri	115
Şekil 6.42.	EVA+Soda kireç camı tozunun alev sprej ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü	116
Şekil 6.43.	EVA+Soda -kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri.....	117
Şekil 6.44.	EVA+Soda -kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri.....	118
Şekil 6.45.	EVA+SiC tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi ve sonrası makro görüntüleri	120
Şekil 6.46.	EVA+SiC tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri.....	121
Şekil 6.47.	EVA+SiC tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeyinin SEM görüntüleri	122
Şekil 6.48.	EVA+ SiC karışım tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi IR eğrileri	122
Şekil 6.49.	EVA+ SiC karışım tozu kaplamasının ısıl işlem sonrası IR eğrileri.....	123
Şekil 6.50.	a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları b) EVA bağ yapısı içerisindeki SiC tozunun konumlanması	124
Şekil 6.51.	EVA+ Al ₂ O ₃ tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi ve sonrası makro görüntüleri	124
Şekil 6.52.	EVA+Al ₂ O ₃ tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri.....	125
Şekil 6.53.	EVA+Al ₂ O ₃ tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri.....	127
Şekil 6.54.	EVA+ Al ₂ O ₃ karışım tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi IR eğrileri.....	127

Şekil 6.55.	EVA+ Al ₂ O ₃ karışım tozu kaplamasının ısıl işlem sonrası IR eğrileri.....	127
Şekil 6.56.	a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları b) EVA bağ yapısı içerisindeki Al ₂ O ₃ tozunun konumlanması.....	128
Şekil 6.57.	EVA+ TiO ₂ tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi ve sonrası makro görüntüleri	129
Şekil 6.58.	EVA+ TiO ₂ tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri.....	130
Şekil 6.59.	EVA+ TiO ₂ tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri.....	131
Şekil 6.60.	EVA+ TiO ₂ karışım tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi IR eğrileri.....	131
Şekil 6.61.	EVA+ TiO ₂ karışım tozu kaplamasının ısıl işlem sonrası IR eğrileri.....	132
Şekil 6.62.	a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları b) EVA bağ yapısı içerisindeki ısıl işlemlerle TiO ₂ tozunun konumlanması c) EVA bağ yapısı içerisindeki ısıl işlemsiz TiO ₂ tozunun konumlanması	133
Şekil 6.63.	EVA+ Soda-kireç camı tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi ve sonrası makro görüntüleri	133
Şekil 6.64.	EVA+ soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri.....	134
Şekil 6.65.	EVA+ soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri.....	135
Şekil 6.66.	EVA+ soda-kireç camı karışım tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi IR eğrileri.....	136
Şekil 6.67.	EVA+ soda-kireç camı karışım tozu kaplamasının ısıl işlem sonrası IR eğrileri.....	136
Şekil 6.68.	a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları b) EVA bağ yapısı içerisindeki soda-kireç camı tozunun konumlanması.....	137
Şekil 6.69.	Aşınma numunelerinin makroskobik görüntüleri.....	139

Şekil 6.70.	Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların sürtünme katsayıları grafiği	140
Şekil 6.71.	Partikül takviyesi ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma deneyi sonrası elde edilen optik mikroskop görüntüleri	142
Şekil 6.72.	Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların ağırlık kayıpları grafiği...	143
Şekil 6.73.	Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların sürtünme katsayıları grafiği	143

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Alev Sprey Çeşitlerine Göre Üretilen Kaplamaların Mekanik Özellikleri	10
Tablo 3.2.	Kaplama yöntemlerinin bazı karakteristik özellikleri	10
Tablo 3.3.	Alev püskürtme gazları.....	12
Tablo 4.1.	Termoplastik ve termoset esaslı tozların özellikleri.....	34
Tablo 4.2.	Plastik kaplama tozlarına katılan katkı maddeleri.....	34
Tablo 4.3.	Termoplastik esaslı kaplama tozlarının tipik uygulama şartları ve Özellikleri	35
Tablo 4.4.	Kaplamalarda kullanılan termoplastiklerin fiziksel ve mekanik özellikleri	36
Tablo 4.5.	Bazı polimer malzemelerin Tm ve Tg değerleri.....	38
Tablo 4.6.	Polimerlerin formül tabloları	38
Tablo 4.7.	Polimerlerin özellikleri ve kullanım alanları	55
Tablo 5.1.	Kaplama cihazı çalışma değerleri.....	62
Tablo 5.2.	Ultraviyole test parametreleri	68
Tablo 6.1.	EVA tozunun özellikleri.....	71
Tablo 6.2.	Farklı oksijen /propan oranlarına bağlı üretilen kaplamalar ve özellikleri	74
Tablo 6.3.	Altlık sıcaklığına bağlı özellikler	77
Tablo 6.4.	Farklı toz besleme basıncında üretilen kaplamaların özellikleri (TT: taşıyıcı toz basıncı).....	79
Tablo 6.5.	Belirlenen optimum değerlerde üretilen kaplamaların özellikleri...	81
Tablo 6.6.	Tuz püskürtme korozyonu deneyinde kullanılan suyun özellikleri.	84
Tablo 6.7.	ASTM B-117 standartlarına göre deney parametreleri	84
Tablo 6.8.	Korozyon testi uygulanan numunelerin özellikleri	85

Tablo 6.9.	Banyo numunelerinin dayanıklılık testi öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri.....	91
Tablo 6.10.	Performans test numunelerinin test öncesi ve sonrası sertlik değerleri	91
Tablo 6.11.	Ultraviyole testi uygulanan numunelerin sertlik dağılımları	99
Tablo 6.12.	Ultraviyole testi uygulanan kaplama numunelerin deney öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri	100
Tablo 6.13.	Karışım tozlarıyla üretilen numunelerin ısıtma işlem öncesi ve sonrası ağırlık oranları	119
Tablo 6.14.	Karışım tozlarıyla üretilen numunelerin ısıtma işlem öncesi ve sonrası ağırlık oranları	119
Tablo 6.15.	Aşınma numunelerinin ağırlık kayıpları ve sürtünme katsayıları ...	138

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Alev Sprey Yöntemi, Polimer/plastik Kaplama, Korozyon

Gelişmekte olan ülkemizde, korozyon ve aşınma kayıpları net bir şekilde belirlenmemiş olmakla birlikte ekonomimize büyük kayıplar vermektedir. Günümüzde malzemelerin kullanım ömrünü sınırlayan aşınma ve korozyon etkilerinin giderilmesine yönelik olarak birçok yüzey işlemi ve kaplama teknolojisi kullanılmaktadır. Korozyon kayıpları astar boya (antipas) ve değişik kaplamalar ile önlenmeye çalışılmaktadır. Bu uygulamalar çok bilinmekte olup bir çok alanda başarılı olarak uygulanmaktadır.

Sunulan tez kapsamında, alev spre yöntemi ile boyaya alternatif olarak sunulan polimer/plastik (EVA-etilen vinil asetat) püskürtme uygulamaları yapılmıştır. EVA kaplamalarının püskürtme yoluyla üretilmesi modifiye bir tabanca kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikli olarak cihaz kullanımıyla ilgili gerekli optimum üretim parametreleri yapısal karakterizasyon yöntemleriyle belirlenmiş ve daha sonra bu parametreler kullanılarak üretilen kaplama numunelerine tuz püskürtme korozyon testi uygulanmıştır. Bunun yanı sıra üretilen bu kaplamaların UV yaşlandırma özellikleri ile, mazot, benzin, motor yağı ve saf alkol içerisindeki kullanım ömrü araştırılmıştır. Son olarak EVA polimer tozuna SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve soda-kireç camı ilaveleri yapılarak üretilen kaplamaların aşınma performansı araştırılmıştır.

PRODUCTION OF ETHYLENE VINYL ACETATE BY FLAME SPRAY COATING METHOD AND CHARACTERIZATION

SUMMARY

Keywords: Flame Spray Process, Plastics/Polymers, Corrosion

In our developing country, corrosion and wear losses, which are not still determined economically, has big disadvantages to our economy. In today's, there are many surface treatments and coating technologies which are used to overcome wear and corrosion disadvantages that limit directly materials service life. Wear losses could be overcome by primarily welding application and corrosion losses could be overcome by applying undercoat onto material which is desired protecting from corrosion. These applications are well known application and are used successfully in many areas.

In this thesis, the polymer / flame spray plastic coating spray, being an alternative application for paint, applications carried out. Production of EVA coatings carried out by using a modified spraying gun. In this case, leading purpose is to achieve the optimum parameters for prime usage of the spraying system by considering structural characterization methods. Formerly the coating samples, produced with usage of optimum parameters established before, subjected to salt spray corrosion test, gasoline, diesel, engine oil and alcohol as well as UV ageing. Lastly, SiC, Al₂O₃, TiO₂ and plain glass added into EVA polymer powder and produced coatings using these mixed powders. The composite coatings wear performance was also studied.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

Alev sprej yöntemi, termal sprej (ısısal püskürtme) ailesinin en eski en yaygın ve en düşük enerjili sprej yöntemidir. Kaplama malzemesi olan tozların eritilmesi 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 erime noktasına sahip uygun fiyatlı sarf malzemelerinin kullanılabilmesi yönüyle ön plana çıkmaktadır. Yöntem uzun yıllardır metal ve seramik esaslı tozların kaplanmasında kullanılmaktadır.

Alev sprej yöntemiyle korozyona (ve kısmen aşınmaya) dirençli plastik/polimer esaslı kaplamaların üretilmesi ve korozyona karşı hassasiyeti hedeflenmiştir. Ülkemizde alev sprej teknolojisi kullanılarak plastik püskürtmeye yönelik, sistematik olarak çalışılmış herhangi endüstriyel ve bilimsel bir araştırmaya rastlanılmamıştır.

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 kaplama ile yüzey özelliklerinin servis koşullarından daha az etkilenmesine ve malzemenin ömrünün, ekonomik performansının, kullanım veriminin ve güvenilirliğin artırılmasına çalışılmaktadır.

Paul Moskowitz ve arkadaşları Rusya ordusunun kutup deniz ortamında çalışan savaş gemileri için, alev sprej yöntemiyle polimer kaplama prosesini test etmişlerdir. Sonuç olarak; geminin dış yüzeyindeki kaplamalarda düşük sıcaklık nedeniyle oluşmasını bekledikleri çatlaklar gözlemlenmemiştir.

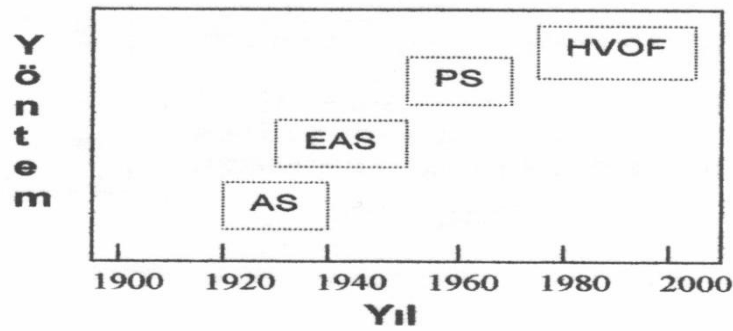
Kaplamaların üretiminde kullanılacak tozların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla öncelikli olarak toz karakterizasyonuna yönelik çalışmalar (toza bağlı özelliklerin belirlenmesi toz boyutu-bileşimi, akış özellikleri, ergime davranışı) gerçekleştirilmiş ve cihaz üreticisi firmanın da tavsiyesi göz önüne alınarak özellikleri etkileyen birincil kaplama parametreleri (yanma gaz oranları, altlık sıcaklığı ve toz besleme basıncı) belirlenmiş ve çalışma planı oluşturularak kaplamalar yapılmıştır.

Üretilen kaplamaların yapısal karakterizasyonu optik ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak, mekanik karakterizasyonu ise sertlik deneyleri ile belirlenmiş ve optimum üretim parametreleri elde edilmiştir. Üretilen tüm kaplama numunelerine ASTM B 117 standardına uygun olarak %5'lik NaCl ortamında 1000 saatlik Tuz Püskürtme Testi uygulanarak korozyon ortamına dayanımları araştırılmıştır. Ayrıca, optimum parametrelerle üretilen numunelere UV yaşlandırma testi ile benzin, mazot, motor yağı ve saf alkol ortamlarına dayanım testleri uygulanmıştır. Son olarak EVA polimerine takviye partikülleri (SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve soda kireç camı) ilave edilerek partikül takviyeli polimer kaplamaların aşınma dayanımları incelenmiştir.

BÖLÜM 2. TERMAL SPREY KAPLAMALAR

Gelişen teknoloji ile birlikte malzemelerin yüksek sıcaklıklarda kullanılması ve bununla beraber dünyamızdaki cevherlerin kısıtlı olması sebebiyle kaplama sektörüne büyük bir talep söz konusu olmuştur. Kaplamalar, malzemenin yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi veya çevresel etkilere karşı korunabilmesi için yapılan bir işlemdir.

Termal püskürtme kaplama konusundaki ilk çalışmalar 1920' li yıllarda yapılmıştır. Termal püskürtme teknolojisinin tarihçesi incelendiğinde, akla ilk olarak 20. yy'in başlarında yaşayan İsviçreli bilim adamı Dr. M. Schoop gelmektedir. Dr. Schoop sıvı kurşunu oyuncak topa püskürttüğünde kurşunun bütün yüzeye yapışıp tutunduğunu gördükten sonra, ısı kaynağı olarak oksijen ve asetilenin; erimiş malzemeyi püskürtmek içinse basınçlı havanın kullanıldığı bir tabanca dizayn etmiş ve böylece termal püskürtme teknolojisinin temellerini atmıştır. Bu proses daha sonra Amerika'da R. Axline, G. Lufkin ve H. Ingham tarafından geliştirilmiş ve 1933 yılında Metco Inc.' in kurulmasıyla; hızlı bir gelişme ve endüstriye uygulanma sürecine girmiştir [1]. Termal spre y yöntemlerinin tarihsel gelişimi şematik olarak Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1. Termal spre y yöntemlerini tarihsel gelişimi

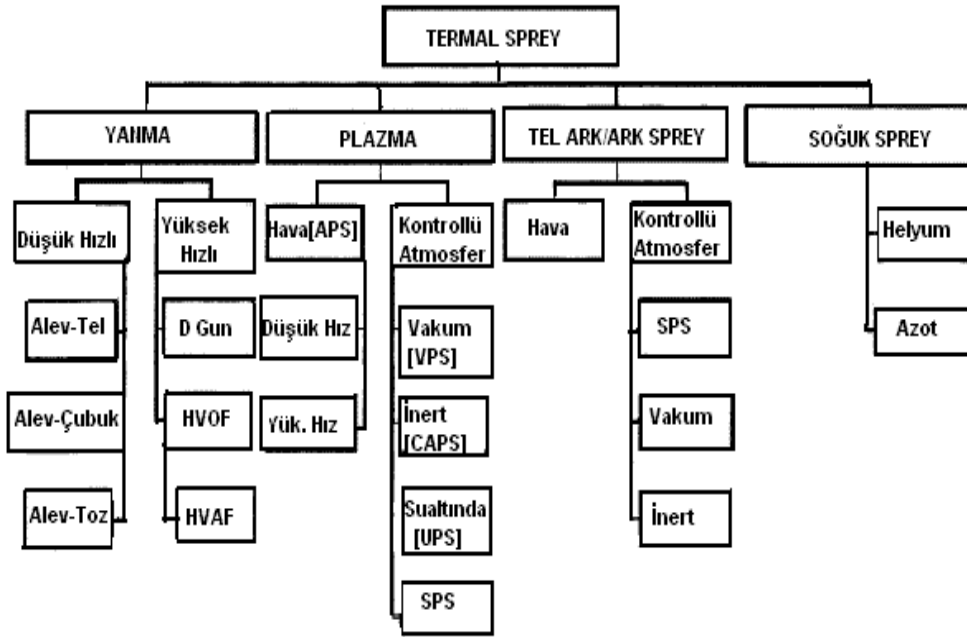
Malzemelerin üretiminde kullanılan hammadde rezervlerinin azalması ve fiyatlardaki artış ile ortaya çıkan ekonomik kayıplar ile aşınma ve korozyonun sebep olduğu ekonomik kayıpların çok büyük boyutlarda olmasından dolayı malzemelerin yüzey özelliklerinin geliştirilmesinde çeşitli kaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Özellikle aşınma ve korozyon direnci yüksek olan ileri teknoloji seramikleri ile metalik malzeme yüzeylerinde oksit, nitrür, karbür ya da sermet türündeki kaplamalar CVD, PVD teknikleri yanında HVOF ve Plazma Sprey Kaplama gibi çeşitli Termal Sprey Kaplama yöntemleri ile oluşturulabilir.

Termal sprej kaplama teknikleri arasında elektrik ark sprej, alev sprej, plazma sprej ve yüksek hızlı oksijen yakıt sprej tekniklerini sayabiliriz. Bu teknikler arasında özellikle yüksek hızlı oksijen yakıt sprej ve plazma sprej kaplama teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal sprej kaplama uygulamaları 1920' li yıllarda uygulanmaya başlanmış ve büyük bir gelişim göstererek günümüze kadar gelmiştir. Yüksek hızlı oksijen yakıt sprej ve plazma sprej kaplama tekniklerinin uygulanması ile aşınma ve korozyon dayanımı istenen ana malzeme üzerine koruyucu niteliği olan ince bir tabaka oluşturulur. Her iki teknikte de kaplama prosesi; herhangi bir malzeme tozunun yüksek sıcaklıktaki bir gaz plazması içinde ergitilerek kaplanacak ana malzeme yüzeyine çok yüksek bir hızla püskürtülmesi şeklinde gerçekleşir. Bu tür kaplamalar ile aşınma ve korozyon direnci yanında çevresel etkiler sonucu yüzeylerinde bölgesel olarak bozulmalar olan malzemelerin onarımı da söz konusudur.

Kaplama teknolojisi, metallerin tokluk ve kolay şekillendirilebilme gibi özellikleri ile seramiklerin yüksek sertlik, aşınma mukavemeti, yüksek ergime sıcaklığı, iyi korozyon dayanımı, düşük ısı iletkenlik gibi özelliklerinin bir arada toplanarak kullanılmasına imkan vermektedir [2].

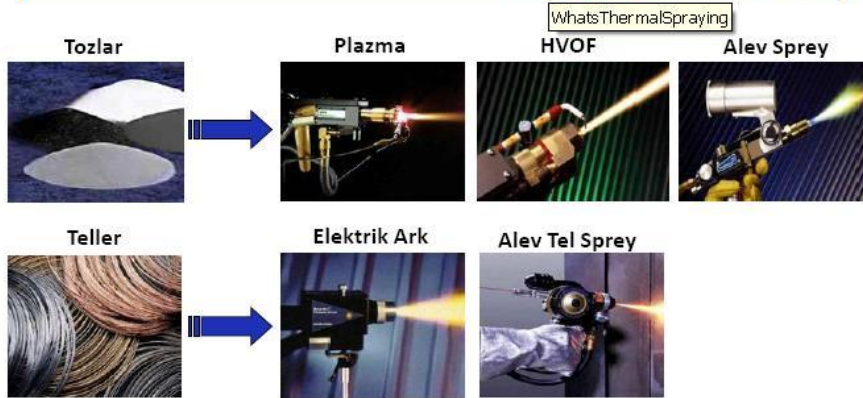
2.1. Termal Sprej Prosesi

Tüm termal püskürtme yöntemleri, kaplanmakta olan altlık malzemeye doğru hızlandırılan ve yönlendirilen ergiyik droplet akışını oluşturmak için sıcak gaz jetleri Şekil 2.2.' de Termal sprej yöntemleri ve çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Termal spreylere kaplamaların şematik gösterimi [3]

TERMAL SPREY AİLESİ



Şekil 2.3. Termal spreylere yöntemleri, temel prensibi ve kaplama malzemeleri

Termal spreylere proseslerinde kaplanacak yüzey, boyanın püskürtülmesindeki mantığa benzer şekilde, erimiş damlacıklar ile bombardıman edilmektedir. Boya işleminden farklı olarak kaplama malzemesi oda sıcaklığında sıvı değildir ve bir yüksek enerjili

ısı kaynağı tarafından ısıtılmak üzere ısıtılmakta ve kaplanacak malzemenin yüzeyine spreylenecektir. Oluşabilecek oksidasyon ve distorsiyondan kaçınmak için kaplanacak malzeme düşük sıcaklıklarda tutulmaktadır. Yüzeye çarpan damlacıklar altlık malzeme ile ısı transferinin yüksek olması nedeniyle kısa sürede yassılaşmakta ve soğumaktadır. Bu oluşum Şekil 2.3.' de gösterilmiştir [4].

Kaplamanın ana malzemeye yapışması temel olarak mekanik bağlanma kısmen de kimyasal bağlanma etkisi ile olmaktadır. Kuvvetli bir bağ oluşumu için ana malzemenin yüzeyi öncelikle kimyasal olarak temizlenir ve sonrasında kaplanacak yüzeye abrasiv partiküller püskürtülerek yüzey pürüzlendirilir. Püskürtülen kaplama malzemesi pürüzlü yüzeyin hem oyuklarına girerek hem de yüzey pikleri üzerinde büzüşerek katılaşır. Böylelikle kaplamanın daha kuvvetli olarak altlık malzemeye bağlanması sağlanır. Şekil 2.4.' de termal spray kaplama mikro yapısına etki eden temel bileşenler verilmiştir [4].



Şekil 2.4. Termal püskürtme kaplama aşamalarının şematik gösterimi

Termal spreyleme erimiş yada yarı erimiş malzemenin kaplanması istenilen malzeme yüzeyine çarpması ile elde edilen kaplama prosesidir. Bütün termal spreyleme kaplamalarının genel özelliği; yüksek hızlarda soğuk yüzeylere çarpması sonucu oluşturdukları çifte ya da lamelli kabarık yapılarıdır.

BÖLÜM 3. ALEV SPREY YÖNTEMİ

3.1. Giriş

Isıl püskürtme yöntemine ilk zamanlarda “metalizasyon” adı verilmekteydi. 1890-1910 yıllarında metalizasyon amacıyla oksijen-asetilen torcunun kullanılmaya başlanmasından sonra 1910 yılında Schoop ve arkadaşları, iletken metal tellerini ergitmek, atomize etmek ve ana metal üzerinde uygulamak için bir elektrik ark yöntemi geliştirmiştir. Özellikle ikinci dünya savaşına kadar bir gelişme gösteremeyen yöntem daha sonra Sovyet Rusya ve Çekoslovakya da farklı püskürtme konusunda sıkı bir çalışmaya başlanmıştır. Günümüzde çok gelişen çeşitli usuller çeşitli endüstri kollarında geniş bir kullanım alanı bulmuştur [5].

Metal püskürtmede esas, ergimiş haldeki metali, bir yüzeye püskürterek orada bir tabaka oluşturmaktır. Bir metal ya da alaşım, alev ya da elektrik arkı ile ergitildikten sonra basınçlı hava ile küçük partiküller halinde püskürtülür. Bu püskürtülen metal ya da polimer tozları, daha önce hazırlanan yüzeyde tutunarak orada bir püskürtme tabakası meydana getirir. Günümüzde böyle püskürtülen metaller veya polimerler, sanayinin çeşitli kollarında ve değişik amaçlar için hem yapımda hem de onarımda geniş çapta kullanılmaktadır.

Termal püskürtme işlemlerinin en basit ve en ucuzu olan alevle püskürtme yöntemi, hem tel hem de toz kullanılan yöntemde düşük basınç ve düşük akış oranı partikül hızının düşük olmasına neden olur. Bundan dolayı kaplamalar daha çok gözenekli ve bağ mukavemeti düşüktür. Sistemlerin uygulanması çok basittir ve manuel olarak kullanılabilir [6].

Alev püskürme ile kaplama malzemesinin ergitilmesi için gerekli ısı oksijen ve yakıt gazının kombinasyonunun yakılmasıyla üretildiğinden yakıt gazı olarak asetilen, propan, hidrojen ve doğal gaz kullanılır. Asetilen yüksek ısı üretme kapasitesinden dolayı sık kullanılır. Fakat daha ekonomik olduğu için düşük sıcaklık yakıt gazları da bu işlemde kullanılabilir. Yakıt gazı alt tabaka üzerine yüzey malzemesini yönlendirmek için değil, sadece yanma için kullanılır [7].

3.1.1. Plastik kaplama teknikleri

- Daldırmalı Kaplama Tekniği (Dip coating)
- Püskürtme Kaplama Tekniği (Spray Coating)
- Akış Kaplama Tekniği (Flow Coating)
- Döndürme Kaplama Tekniği (Spin Coating)
- Laminer Kaplama Yöntemi (Laminar Coating)
- Merdaneli Kaplama Yöntemi (Roll Coating)
- Baskı Kaplama (Printing)

3.2. Alev Sprey İşleminin Prensibi

Alev püskürtme, termal püskürtme işlemleri arasında en basit ve en ucuz olan proseslerin başında gelmektedir. Alev püskürtmede kaplama malzemesini eritmek için ısı kaynağı olarak yanabilir bir gaz kullanır. Bu yöntemle kaplama malzemesi tel veya toz halde beslenerek oksijen-asetilen aleviyle ergitilir. Düşük ergime noktalı malzemeler için propan, çelikler için asetilen ve ince tozların püskürtülmesinde hidrojen yanıcı gaz olarak kullanılmaktadır. Alev püskürtme ile kaplama tekniğinde asetilen, propan, metil-asetilen-propadien (MAPP) gazı ve hidrojen, oksijen alev püskürtme gazlarıdır. Oksijen ile kullanılan bu gazların kullanım sıcaklıkları birbirlerine göre farklılıklar göstermektedir. Alev sıcaklığı 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 [8]. 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 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Alev sprej çeşitlerine göre üretilen kaplamaların mekanik özellikleri [8]

Alev sprej çeşitleri	Parçacık hızı(m/s)	Yapışma mukavemeti(Mpa)	Porozite(%)
Tel Alev Sprej	24-36	4-27,6	6-15
Toz Alev Sprej	244	13.8-27.6	6-15
Çubuk-Alev Sprej	244	13.8-27.6	6-15

Tablo 3.2.' de Termal sprej yöntemlerinde kullanılan ısı kaynakları verilmiştir. Bu yöntemlerde kullanılan kaplama malzemeleriyle birlikte püskürtme anında tabanca merkezindeki sıcaklıkları, tipik toz besleme hızları ve ortalama sprej hızları verilmiştir.

Tablo 3.2. Kaplama yöntemlerinin bazı karakteristik özellikleri [9]

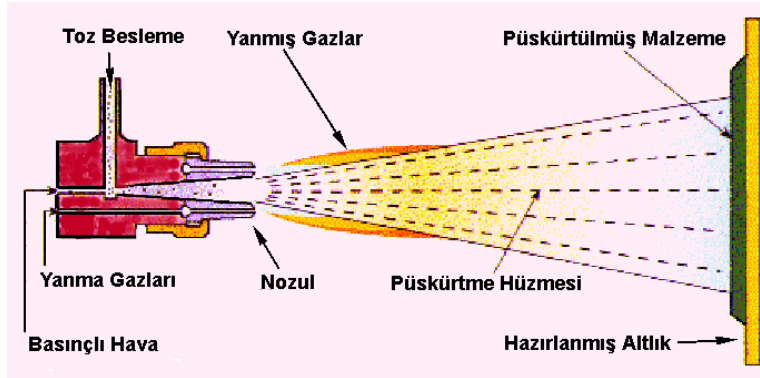
Birikirme Yöntemi	Isı Kaynağı	Yönlendirici Gaz	Malzeme Besleme	Tabanca Merkezindeki Sıcaklık (°C)	Tipik Toz Hızı (m/sn)	Ortalama Sprej Hızı (kg/sa)
Alev Püskürtme	Oksijen-asetilen,Oksijen-propan	Hava	Tel-toz	3000	40	2-6
Elektrik Ark Püskürtme	Elektrotlar arası ark	Hava	Tel	6000	100	12
Hava Plazma Püskürtme	Plazma ark	Soygaz	Toz	12000	400	3-9
Düşük Basıncılı Plazma Püskürtme	Plazma ark	Soygaz	Toz	12000	400	3-9
Detenasyon Alev Püskürtme	Oksijen-asetilen Azot-gaz Detenasyonu	Detenasyon dalgaları	Toz	4500	800	0.5
Yüksek Hızlı Oksigaz	Oksi-gaz yanması	Eksoz gazı	Toz	3000	400-600	2-4

3.3. Toz Alev Sprej Yöntemi

Bu metotla; püskürtülecek malzeme, huniden tabancaya toz formunda temin edilir. Huni tabancadan uzak veya tabancaya gömülü olabilir. Toz, alev tarafından emilir

veya sıkıştırılmış hava jeti ya da yanma gazlarıyla alt tabaka üzerine gönderilir. Toz püskürtmede ince parçacıklar birçok ısı kaynağının içinden sevk edilirken ergimiş yada yarı ergimiş hale gelerek, bir alt tabakaya çarptıklarında yassılaşırlar ve ince plaka veya lamel haline gelerek yüzeyde herhangi bir düzensizliğine uyum gösterirler. 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. Burada ergitilen tozlar kaplamayı oluşturmak üzere ana malzeme üzerine gönderilmektedir. Toz alev sprej yöntemi, kullanılan tabanca dizaynına ve kaplanacak malzemenin türüne göre metal-seramik ve polimer olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [10].

Toz alev püskürtme sistemi daha basit ve plazma sprej donanımından daha ucuzdur. Bununla beraber, alevle spreyleme ile sprej hızı daha düşüktür. Donanım kolay taşınacak şekilde tasarlanabilir. Şekil 3.1’ de toz alev püskürtme yöntemi şematik olarak görülmektedir.



Alev Sprejin Bileşenleri:

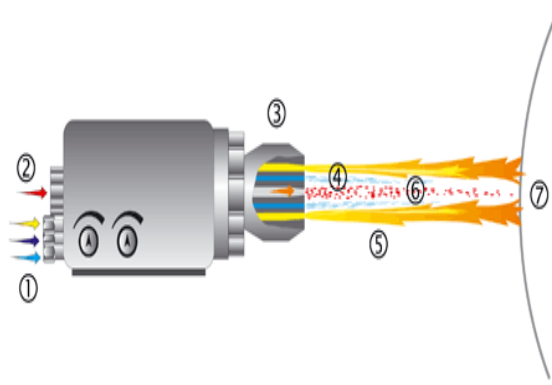
- Kaplama tabancası,
- Toz besleyici - tel besleme ünitesi,
- Akışmetre (flowmetre)-regülatör,
- Basınçlı hava, azot tüpleri

Şekil 3.1. Toz alev püskürtme yöntemi

3.3.1. Toz alev sprej yöntemi ile polimer kaplama

Alev sprej yöntemi, termal sprej (ısısal püskürtme) ailesinin en eski en yaygın ve en düşük enerjili sprej yöntemidir. Polimerlerde termal sprej yöntemi, polietilenin (PE) DUPONT tarafından üretilmesi ile 1940 sonlarında ortaya çıkmıştır. İlk olarak

metal-seramik malzemelerin kaplanması için üretilen toz alev sprej tabancaları ile polimer malzemelerin kaplanması mümkün değildir. Bilindiği gibi polimer malzemelerin erime sıcaklıkları metal ve seramiklere göre çok düşüktür. Polimer tozlar alev ile temas ettirmek ve bu sırada yüksek ısıdan dolayı tozlarda erime meydana gelir[11,12]. Polimer tozların erimesinin engellenmesi için tabanca dizaynı yapıldı ve geliştirilen polimer alev sprej tabancasının çalışma anının şematik olarak Şekil 3.2’ de gösterilmektedir.



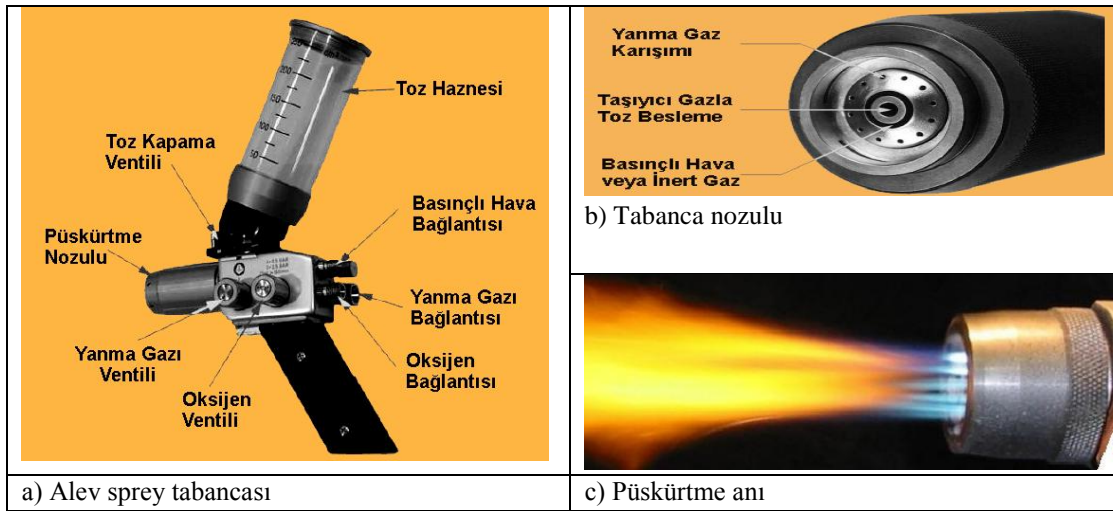
Şekil 3.2. Polimer püskürtmenin bileşenleri 1) Asetilen / oksijen 2) polimer tozlar 3) Tabancanın çıkış ucu 4) Hava ile sarılmış ortam 5) Oksi-asetilen alevi 6) ısı ile yumuşatılmış polimer tozu 7) İş parçası [12].

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 erime noktasına sahip uygun fiyatlı sarf malzemelerinin kullanılabilmesi yönüyle ön plana çıkmaktadır. Kaplama tozları, asetilen veya propan gazının yanmasıyla elde edilen alevin içerisinde ergir ve önceden yüzeyi hazırlanmış altlık yüzeyine püskürtülerek kaplamalar üretilir.

Tablo 3.3. Alev püskürtme gazları [10]

Gaz Karışımı	Alev Sıcaklığı °C	Isı Değeri (kJ/m ³)	Tutuşum Hızı (°C/sn)	Alev Verimi (%)
Oksijen-Hidrojen	2650	10740	890	11
Oksijen-Propan	2850	93423	370	15
Oksijen-Asetilen	3200	56430	1350	45

Alev sprey yöntemiyle kaplama uygulamasında altlık malzemeler çok geniş bir yelpazede seçilebilir. Metaller, cam, tahta, plastik, kompozit ve kartonların yüzeyi başarıyla kaplanabilir. Alev sprey yöntemiyle korozyona karşı kaplama uygulamaları son yıllarda alev sprey tabancalarının modifiye edilmesiyle mümkün olmuştur. Özel olarak tasarlanan kaplama tabancalarında, püskürtülen plastik/polimer tozları doğrudan alev ile temas etmez, ergime sıcaklığın çok kısa sürede konveksiyonla iletilmesiyle gerçekleşir. Bu dizayn püskürtülen plastik/polimer tozlarının kimyasal yapılarında bir değişme olmasını engellemektedir. Şekil 3.3.' de yanma nozulu özel olarak tasarlanmış bir alev sprey tabancası resimleri ve püskürtme anı görülmektedir.



Şekil 3.3. Alev sprey 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.

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

Kullanıma başladıktan sonra boya sektörüyle rekabet edeceği düşünülen alev sprej ile polimer kaplamalar, polimerlere çeşitli katkı ilavelerle metal ve seramiğin ekonomik olmadığı yerlerde de kullanılmaktadır [13].

3.3.1.1. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların avantajları

- a) Kaplama için öncü işlem olarak 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 [11,12].

3.3.1.2. 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 sistemi mobil olduğu için istenilen ortamda kaplama yapılabilir.
- d) Polimer alev sprej sisteminin toz beslemesinde oluşabilecek dalgalanmalar sonucunda kaplama içerisinde boşluk ve erimemiş partikül bulunabilir.

3.3.2. Toz alev sprej kaplamaların optimal püskürtme şartları

3.3.2.1. Alev ayarı

Alevle püskürtme işleminde daima nötr (normal) bir alev kullanılmalıdır. Bazı kaplamalarda kaplama özelliklerine bağılı olarak propanı fazla veya hidrojeni fazla gaz ayarları da yapılabilir. Genellikle uygulamalarda O_2/C_3H_8 oranının 3/1 olduğu durumlarda optimal şartlar sağlanmıştır.

3.3.2.2. 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 seçilir. Çarpılmaların fazla olduğu veya yapışma mukavemetinin kritik bulunduğu hallerde (alüminyum) ilk tabaka kısa püskürtme mesafesinde ve hızla püskürtülür. Eğer püskürtme hızı yavaş olursa, püskürtülen tabaka kısmen yanar.

3.3.2.3. Püskürtme demetinin püskürtülen yüzeye düşüş açısı

Püskürtme demetinin, püskürtülen yüzeye teşkil ettiğı açı 45° den küçük olmamalıdır. Aksi halde püskürtülen tabaka sünger gibi bir hal alır. En iyi püskürtme açısı 70 ila 80° lik bir düşüş açısı ile sağlanmaktadır.

3.3.2.3. Püskürtme hızı ve kaplama

Ekonomik bakımdan, dar açılı bir püskürtme demetinin kullanılması gerekir. Böylece kalınlığı düzgün olan bir püskürtme tabakası sağlanmış olur. Dar açılı püskürtme kullanılması halinde, tabancanın ilerleme hızının yüksek olması gerekir. Böylece

istenilen kalınlıktaki püskürtme tabakası birkaç defada ve her bir tabaka bir öncekine dik olacak şekilde püskürtülür. Kenarlar daima, ilk önce ve 45° lik açı ile püskürtülmelidir.

3.3.2.4. Püskürtülen tabakanın sıcaklığı

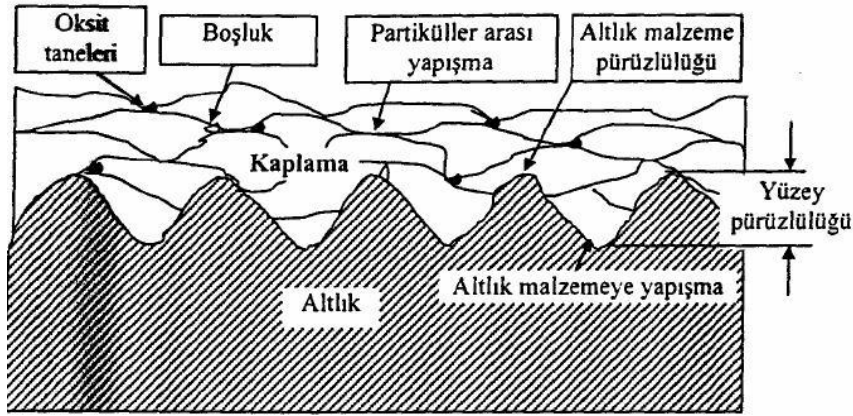
Kötü iklim veya atölye şartlarında, kum ile temizlenmiş yüzeylerde ince bir tabaka halinde su filmi kalır. Bu durum, iyi yapışmayı engeller. Bu sebepten yüzeylerin püskürtme işleminden önce 60 ila 80 °C bir ön tavlama tabi tutulması gerekir. Genel olarak, kum ile temizlemeden sonra püskürtme hemen yapılmalıdır. Bu arada süre üç saati geçerse yapışma iyi olmaz, çünkü kaplanacak yüzeyde oksitlenme olur [10].

3.3.3. Kaplama öncesi işlemler

Altlık ile kaplama arasındaki bağ tipi mekanik, metalurjik, kimyasal yada bunların kombinasyonu olabilir.. Bunlardan uygun yüzey hazırlama, güçlü bir bağ elde etmek için en önemli adımdır.

Püskürtülen tabakanın altlık metal ile iyi bir tutunma temin edebilmesi için, esas metalin yüzeyinin iyi bir şekilde hazırlanması gerekir. Bilhassa püskürtülen tabakanın kalınlığı arttıkça, ısının tesiriyle meydana gelen çekme gerilimleri, tabakanın tutunma mukavemetini azaltır ve çatlama ile kaplama tabakasının kalkma tehlikesi ortaya çıkar.

Püskürtülen plastik, ufak zerrecikler halinde sistemine göre düşük - orta veya yüksek hızla iş parçasına çarpar ve bulunduğu zemine göre şekillenerek, bir tabaka oluşturur. Bu tabakanın oluşumunda, alt zeminin temizliği ile pürüzlülüğü, üzerine gelen zerreciklerin yapışması ve stresin giderilmesi bakımından çok önemlidir. Püskürtme yöntemi ile kaplanmış bir malzemenin mikro yapısı Şekil 3.4.'de şematik olarak gösterilmiştir [10].



Şekil 3.4. Püskürtülen kaplamanın mikro yapısı

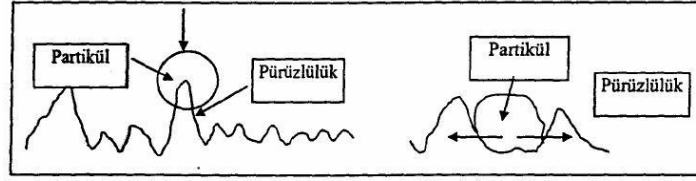
3.3.3.1. Yüzey temizleme

Püskürtme sırasında, sıcaklık nedeniyle yağ kusabilecek parçalar, mutlak olarak daha önce, trikloretilen veya benzeri uçucu ve tortu bırakmayacak temizleme maddeleri ile yıkanmalı ve ardından kumlanmalıdır. Güçlü bir bağ elde etmek için, yüzey ve buna bağlı alanlar yağ, oksit, kir ve diğer yabancı maddelerden arındırılmış olmalıdır. Temizlik, püskürtme işleminden önce yapılmalı ve işlem sırasında korunmalıdır. Özel tutma ve saklama prosedürü bundan emin olacak şekilde korunmalıdır. Dökme demir gibi malzemeler kum püskürtme ile temizlenebilirler. Döküm üzerine basınçlı hava püskürtülür ve oksit kabuğu mekanik olarak kaldırılır. Küçük işletmelerde kum püskürtme aspiratörlü odalarda yapılır, fakat işlemin dışarıdan kumanda edilmesi daha yerinde olur. Kum püskürtme temizlenecek malzemenin yüzeyini etkiler ve bazen de mat bir yüzey arzu edildiğinde son işlem olarak kullanılır [14].

3.3.3.2. Yüzey pürüzlendirme

Mekanik bağ, termal püskürtme ile elde edilen en geçerli mekanizma olduğu için, genellikle mekanik pürüzlendirmenin bazı formları kullanılır. Abrasiv partiküllerin aşırı püskürtülmesi yüzeyde oluşan keskin piklerin yuvarlatılması ve mekanik kilitlemenin azaltılması ile sonuçlanabilir. Ayrıca yüzeyde aşındırıcı partiküller kalabilmektedir. Bu durum da altlık malzeme ile kaplama arasındaki difüzyonu

etkilemektedir. Şekil 3.5.' deki farklı iki şekilde de pürüzlendirilmiş yüzey ile ergimiş partiküllerin etkileşimi görülmektedir [15].



Şekil 3.5. Pürüzlendirilmiş yüzey ile ergimiş partiküllerin etkileşimi

Kumlama ;

Kumlamadan kasıt, Alüminyum oksit köseli zerrelerin (genelde demir-çelik malzemenin pürüzlendirilmesinde kullanılır) veya silisyum karbür zımpara maddesinin (genelde pik ve emsali malzemenin pürüzlendirilmesinde kullanılır), iş parçası üzerinde toz bırakmayacak şekilde temizlenmesi ve pürüzlendirilmesidir. Bu amaç için çeşitli tane iriliğinde aşındırıcı malzemeler temin edilmelidir. Kumlama yapıldıktan sonra 1-2 saat içinde püskürtme işlemine geçilmeli ve parçanın kirlenmemesine dikkat edilmelidir. Gözle görülmeyecek kadar ince bir oksit tabakasının 3-4 saat içerisinde oluşması veya hafif nemlenme, tozlanma doğrudan iki yüzey arasında yapışmayı zorlaştırır. Kumlama işlemi makina ile yapıldığından makinaya gelen havanın her türlü nem ve yağdan temizlenmiş olması gerekir. Bunun için hava girişine veya kompresör çıkışına ciddi mekanik filtre konması çok yararlı olur [16].

Mekanik işlemler ;

Mekanik olarak yüzeylerin hazırlanmasında, yüzeylerde püskürtülen parçacıkların kolayca tutunmasını sağlayacak, çeşitli biçimlerin oluşturulması anlaşılır. Bu biçimler temel olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

- a) Vida açma
- b) Testere dişi vida açma
- c) Karşılıklı yöne testere dişi vida açma
- d) Basit kırılmalı kuyruğu yarık açma
- e) Düz yüzeyler için profil yarık açma

Maskemele ;

Püskürtme esnasında, püskürtmenin yapılmasını istemediğimiz bölgeler, koruma bantları veya koruma boyları ile kapatılır ve bu suretle buralara püskürtülen malzemenin yapışması önlenir. Kumlama operasyonunda da bu bölgeler cam elyaf esaslı yanmayan yapışkan bantlar ile korunur. İşlem sonrası bu örtüler yerlerinden söküldüğünde, kaplamanın istenmediği yüzey kısımları aynen kalır [16].

3.3.3.3. Ön ısıtma

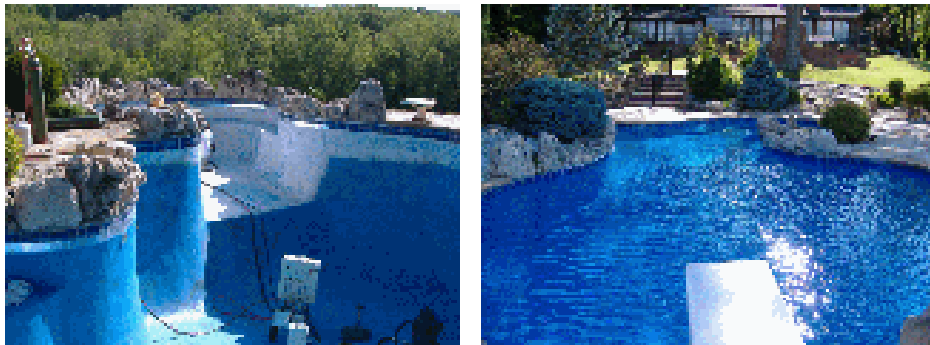
Birçok temel malzemelerde, is parçasına 100 ile 200 °C arasında ön ısıtma yapılmalı ve termal püskürtme işlemi sırasında bu sıcaklık korunmalıdır. Bu işlem, yüzey yoğunlaşmasını, alt tabakanın genişmesini önler ve soğuma esnasında kaplama tabakasındaki gerilmeleri azaltır. Püskürtme sırasında is parçasına ısı transfer edildiği için fazla ısınmayı ve bunun sonucunda istenmeyen birikinti özelliklerini önlemek için bazı soğutma formuna ihtiyaç duyulabilir. Püskürtme yapılan parçanın kalınlığına ve atılan malzemenin kalınlığı ile çalışma mesafesine göre altlı malzeme ısıtılacağından ve ihtiyari ekipman olarak, tabancaya hava jet soğutma sistemi takılabilir. Bu aksesuar hem is parçasını soğutur, hem de yavaş olarak hareket eden partiküllerin daha yüksek bir ivme ile malzemeye yapışmasında yardımcı olur. İş parçası, büyük bir tambur veya emsali ise, genelde ısınmaz veya püskürtme yerinin aksi tarafından, hava verilmek suretiyle, parça püskürtmeden ısınırken, diğer yandan da soğutulur [16].

3.3.4. Kaplama sonrası işlemler

Alev sprej ile polimer kaplamalarda kaplama sonrasında üretilen numuneler genel olarak oda sıcaklığında soğutulmaktadır. Kaplama sırasında yanıcı gazların etkisinde altlık malzemenin aşırı ısınmasından dolayı meydana gelebilecek olan poroziteli yapıların oluşmasını önlemek için altlık malzeme dışarıdan hava jetleri vasıtasıyla soğutulabilir. Kaplama öncesinde altlık malzemesi yeteri kadar ısıtılmazsa kaplamada püskürtülen plastik tozlar süngerimsi bir yapı alır ve buda istenilen kaplamanın oluşmadığı anlamına gelir. Bunu engellemek için kaplama sırasında ve sonrasında altlık malzeme dışarıdan ısıtıcı vasıtasıyla ısıtılabilir. Soğutma tam olarak sağlandıktan sonra istenilen diğer işlemler gerçekleştirilir.

3.3.5. Alev sprej yöntemi ile üretilen polimer kaplamaların uygulama alanları ve avantajları

Alev sprej yöntemi ile polimer kaplamalar ilk olarak boyaya alternatif olarak düşünüldüğü için görsel amaçla kullanılmıştır. Bu yöntemle üretilen polimer kaplamalar görselliğin yanında, yosun ve mantar gibi canlıların oluşumunu engellediği için havuzlarda kullanılmaktadır (Şekil 3.6.) [17].



Şekil 3.6. Havuzun alev sprej yöntemiyle polimer kaplanmasının görünümü [17]

Genellikle atölyelerin zemininde kullanılan epoksi kaplamalar, alev sprej yöntemiyle de uygulanabilmektedir. Normal boya olarak sürülen epoksinin kuruması için en az 2 gün beklenmesi gerekmektedir fakat alev sprej yönteminde bu süre çok daha kısadır (Şekil 3.7.) [17].



Şekil 3.7. Alev sprej yöntemiyle zeminin epoksi kaplanması [17]

Bu yöntemle üretilen plastik kaplamalar, bakımı zor olan uzun reklam direkleri ve aynı zamanda evlerin korkuluklarında kullanılmaktadır (Şekil 3.8.)



Şekil 3.8. Alev sprej yöntemiyle bakımı zor olan direklerin polimer kaplanması [18]



Şekil 3.9. Alev sprej yöntemiyle polimer kaplama uygulamaları [18]



Şekil 3.10. Yüksek performanslı yapıların kaplanması [18]

Gemilerin dış saclarında (Şekil 3.9.) ve köprülerin deniz suyu ile temas halinde bulunan kısımlarında bu uygulamalarda kullanılmaktadır (Şekil 3.10.). Çeşitli reklam panolarına, evlerin duvarlarına ya da tren vagonlarına yapılan grafiti çizimleri yok etmek için gereksiz para harcanması kişilere ekstra gider olarak eklenmektedir. Alev sprey yöntemiyle özellikli polimer tozları kullanılarak boyanmaz yüzeyler elde edilebilir ve buna uygun yerlerde kullanılmaktadır (Şekil 3.11.).

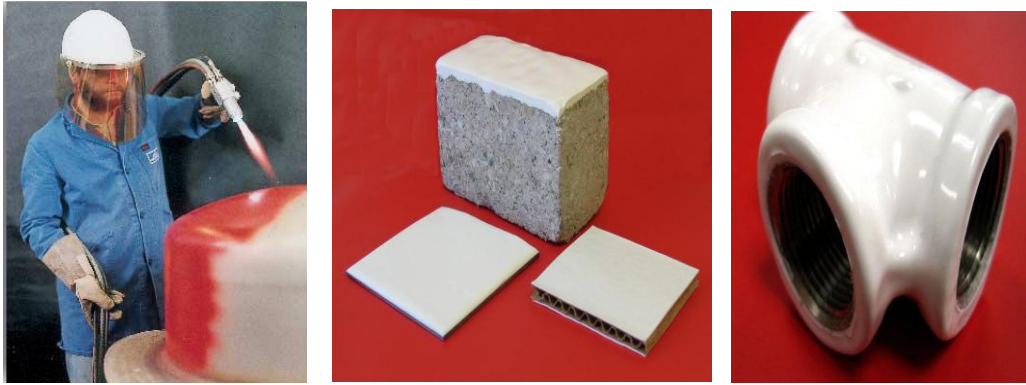


Şekil 3.11. Alev sprey yöntemiyle üretilen polimer kaplamanın boyanmazlık özelliği [17]

Literatür taramasında, birçok makalede yapılan deneyler sonucu, alev sprey yöntemiyle üretilen polimer kaplamaların korozyon direncinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle alev sprey yöntemiyle üretilen polimer kaplamalar denizcilik sektöründe kullanılmaktadır ve gün geçtikçe önemini artmaktadır (Şekil 3.12.) [17].



Şekil 3.12. Polimer kaplamaların denizcilik sektöründeki uygulamaları [17]

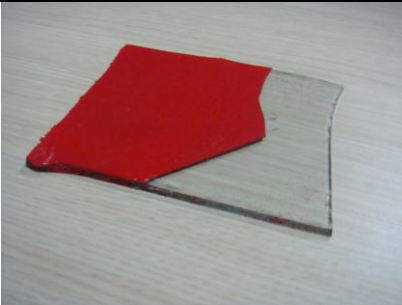

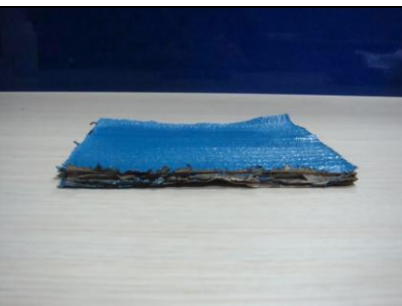




Şekil 3.13. Polimer malzeme ile şekilli parçaların kaplanması

Alev sprej yöntemi şekilli parçaların kaplanmasında ve evlerin iç kısımlarındaki boruların dış yüzeylerinde dekoratif amaçlı uygulamaları da mevcuttur (Şekil 3.13.)

3.3.5.1. Alev sprej yönteminin diğer malzemelere uygulanabilirliği

Performans deneylerinde kullanılan numuneler paslanmaz çelik üzerine plastik kaplama yapılarak üretimi gerçekleştirildi. Polimer kaplamaların metallerin haricinde uygulanabilirliği olduğunu göstermek amacıyla optimizasyon çalışması yapılmadan metallerin kaplanmasında elde edilen optimum datalar kullanılarak deney gerçekleştirildi. Fakat malzemenin cinsine göre sprej mesafesinde oynama yapıldı. Karton, cam, beton, seramik, selüloz beton, boru, alüminyum plaka, alüminyum tepsi ve ahşap gibi malzemelerin yüzeylerine polimer kaplama uygulamaları gerçekleştirilebilir.

<p style="text-align: center;">Cam</p> 	<p style="text-align: center;">Beton</p> 
<p style="text-align: center;">Ahşap</p> 	<p style="text-align: center;">Selüloz beton</p> 
<p style="text-align: center;">Karton</p> 	<p style="text-align: center;">Seramik</p> 
<p style="text-align: center;">Boru</p> 	<p style="text-align: center;">Kozalak</p> 
<p style="text-align: center;">Alüminyum tepsi</p> 	<p style="text-align: center;">Şamdan</p> 

Şekil 3.14. Alev sprej yönteminin farklı uygulama çalışmaları

BÖLÜM 4.POLİMERİK MALZEMELER

4.1.Giriş

Plastikler, yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşmaktadır. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılardır. Plastik, istenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca "plastikos" sözcüğünden gelir[19]. Yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin, yani makromoleküllerin varlığı ilk olarak 1920'li yıllarda Hermann Staudinger tarafından öne sürülmüş ve geçen 80 sene içinde polimerler günlük yaşamımızın hemen her safhasında kullanılır hale gelmiştir. Sahip oldukları üstün özellikleri nedeniyle polimerik malzemelerin kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Polimerlerin başlıca avantajları, hafif oluşları, korozyona karşı dayanıklı oluşları ve kolay işlenebilirlikleridir. Yapı malzemeleri olarak polimerlerin çok büyük bir önemi vardır. Bugün dünyada üretilen polimerlerin yaklaşık %30' u her sene inşaat mühendisliği ve yapı endüstrisinde kullanılmaktadır.

Polimerler monomer adı verilen küçük moleküllerin ardarda dizilmesi ile oluşan uzun zincirli yapılardır (Şekil 4.1.). Tek bir polimer zincirinde binlerce ya da milyonlarca monomer bulunur. Polimer zincirini oluşturan monomerlerin özellikleri ve zincirlerin birbirleri ile olan etkileşimleri polimer malzeme özelliklerinde belirleyici olmaktadır. Genelde polimer denince ilk akla organik polimerler gelmesine rağmen inorganik polimerler de oldukça yaygındır[20].

Ticari olarak yapılan ilk plastikler, yarı sentetiktir. Bunlar, genellikle pamuk artıklarından elde edilen ve insanların sindiremediği bir karbonhidrat olan selülozdan türetilmiştir. 1868 yılında İngiliz Kimyacı Alexander Parkes, kolayca kalıplanabilen ve biçimlendirilebilen, "Parkenise" (parkesin) adlı bir plastik hazırlamıştır. Parkesin'in küçük miktarlarda hazırlanması kolay olmasına karşın endüstri ölçeğinde

üretimi başarısızlıkla sonuçlanmıştır. 1870 yılında ABD'de matbaacı John Wesley Hyatt, ticari bakımdan ilk başarılı plastik olan selüloiti Parkensin'e benzer biçimde, ama hintyağı yerine kafuru kullanarak hazırlamıştır. Hyat'ın buluşu kafurun plastikleştirici etkisidir. Bu yeni madde, gözlük çerçeveleri, taraklar, bilardo topları, bıçak ve fotoğraf filmi gibi çok çeşitli ürünlerin yapımında kullanılmıştır. Herman Standinger 1922 yılında plastiklerin küçük moleküllerin birleştirilmesiyle oluşan dev moleküller ya da polimerler olduğunu göstermiştir. Benzer moleküllerin polimer zincirleri oluşturacak biçimde bağlanması anlamına gelen polimerizasyon işlemi ile kimya sanayi hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. İkinci Dünya Savaşı plastik endüstrisinin gelişiminde en önemli etkenlerden birisi olmuştur[19].

Plastiklerin kaynağı, ham petrol, gaz ve kömürdür. Plastiğin genelde ana kaynağı petrol rafinerisinden arta kalan maddelerdir. Dünyada üretilen toplam petrolün sadece %4'ü plastik üretimi için kullanılmaktadır[19].

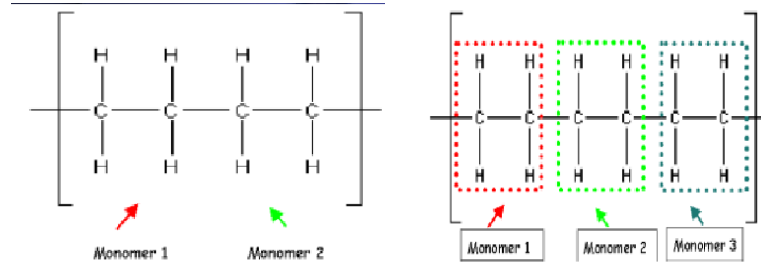
Polimerlerin yaygın olarak kullanılmasını sağlayan özellikler:

1. Hafif olmaları.
2. Kolay şekillendirilebilir ve kolay dizayn edilebilirler.
3. Kimyasal etkilere karşı dayanıklı olmaları.
4. Atmosferik koşullara karşı dayanıklıdırlar.
5. Mekanik dayanımları yüksektir.
6. Yalıtıkcandırlar, elektrik, ısı ve sesi iletmezler.
7. Hijyeniktirler.
8. Özellikleri İstekler Doğrultusunda Değiştirilebilir.
9. Optik Özellikler (Şeffaflık, Matlık).
10. Düşük Maliyetlidirler (Hammadde Ve İmalat)

n Monomer → Polimer

• n CH₂=CH₂ → (CH₂ - CH₂)_n

• etilen polietilen



Şekil 4.1. Polimerlerin oluşumu[21].

4.2. Polimerlerin Sınıflandırılması

4.2.1. Elde edilışlerine göre polimerler

Polimerler elde edilışlerine göre doğal, sentetik ve yarı sentetik olmak üzere üçe ayrılır.

4.2.1.1. Doğal polimerler

Doğal polimerlerin bazıları ise farklı yapıda değişik birimlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Biyopolimer olarak isimlendirilen ve yaşamla ilgili bir çok önemli faaliyetin yürütülmesinde rol alan proteinler, nükleik asitler (DNA, RNA) ve enzimler doğal polimerlere örnek olarak verilebilir. Bu karmaşık yapıdaki yüksek molekül ağırlıklı bileşikler çoğu zaman daha uygun bir sözcük olan " Makromoleküller " olarak da isimlendirilirler.

4.2.1.2. Sentetik polimerler

Genellikle çok sayıda tekrarlanana " mer" veya " monomer" denilen basit birimlerden oluşur. " Poli" latince bir sözcük olup çok sayıda anlamına gelir ki "mer"sözcüğü ile birleştirilerek , bu yüksek molekül ağırlıklı moleküllerin

adlandırılmasında kullanılır. En basit sentetik polimer olan polietilen örnek verilebilir.

4.2.1.3. Yarı sentetik polimerler

Doğal polimerlerin modifikasyonu ile elde edilirler. Örneğin doğal selülozdan elde edilen rejenere selüloz ve diğer selüloz türevleridir, örn. selüloz asetat (bu madde malzemeleri iç yapılarının metalografik incelemesinde replika yönteminde kullanılır).

4.2.2. Yapılarına göre polimerler

4.2.2.1. Homopolimer

Tek bir monomer biriminin tekrarlanması ile oluşan polimerlerdir.örn.etilen grubunun tekrarlandığı polietilen (PE).

4.2.2.2. Kopolimer

İki monomer karışımından oluşan polimerdir. Kendi içinde sınıflanabilir,

a) Ardışık (alternatif) polimer: Örneğin Stiren-maleikanhidrit

A-B-A-B-A-B-A-B-

b) Blok (düzenli) polimer: Örneğin Stiren-izopren

-A-B-B-B-A-B-B-B-A

c) Gelişigüzel polimer: Örneğin Stiren-metilmetakrilat

-A-A-B-A-B-B-A

d) Graft (aşılı) polimer : Ana zincire başka bir monomerin tekrarlandığı yan gruplar takılmış polimerdir. Örneğin Stiren -metilmetakrilat

-A-A-A-A-A-A-A

B B

B B

4.2.3. Bağ yapılarına göre polimerler

4.2.3.1. Doğrusal (lineer) polimer

Örneğin yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE veya HDPE)

-A-A-A-A-A-A-A-A-

4.2.3.2. Dallanmış polimer

Örneğin düşük yoğunluklu polietilen (AYPE veya LDPE)

-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A

A A A

4.2.3.3. Çapraz bağlı polimer

Örneğin vulkanize kauçuk

-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-

B B

-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-

4.2.4.Sentezlerine göre polimerler

4.2.4.1. Kondenzasyon polimerleri

İki tane monomerin reaksiyona girerek su açığa çıkması ile oluşan polimer.

4.2.4.2. Zincir (katılma) polimerleri

Sentez reaksiyonu bir çift bağın açılması ve monomerlerin birbirine zincirin halkaları gibi katılması ile oluşan polimerlerdir.

4.2.5. Zincir yapılarının geometrik dizilişlerine göre polimerler

4.2.5.1. Amorf polimerler

Molekül zincirleri birbirlerine göre gelişigüzel şekilde birbiri içine girmiş yün yumakları şeklindedir. Moleküller kendi aralarında rasgele bağlanmış olup, kristalleşme yada çapraz bağlar yoktur. Bunu en güzel spagettiye benzetebiliriz. Bu tip polimerler cama benzer ve saydamdırlar. Örneğin metilmetakrilat.

Amorf Polimer

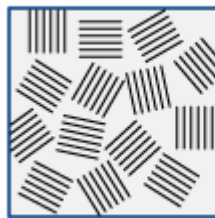


Şekil 4.2. Amorf polimer[22]

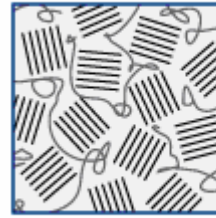
4.2.5.2. Kristalin polimerler

Polimer zincirlerinin tamamı belli bir düzene girmiş veya kristalleşmiştir. Diğer bir deyişle, Molekül zincirleri birbirlerine göre üç boyutlu bir düzeni andıran düzenli bir yapıdadır.

Kristalin Polimer Yarı Kristalin Polimer



a



b

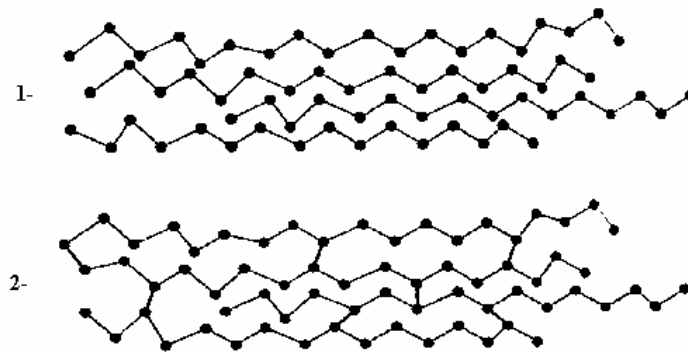
Şekil 4.3. a) Kristalin polimer, b) Yarı kristalin polimer[22].

4.2.6. Fiziksel özelliklerine göre polimerlerin sınıflandırılması

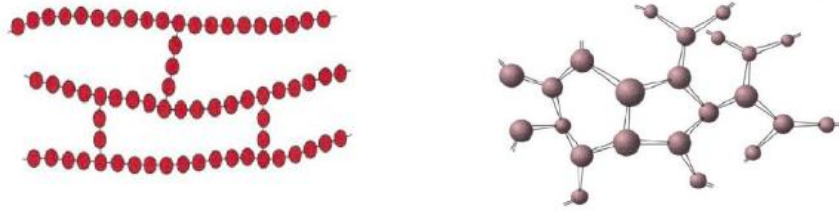
4.2.6.1. Plastikler

Termosetler ;

Isı verilmesi sonrasında yalnız bir defa istenilen şekli alabilen plastiklerdir. Şekillendirilmiş bir termoset plastiğe yeniden ısı verilerek tekrar şekillendirmek mümkün değildir. Termoset malzeme tekrar ısıtılırsa bozunmaya uğrar. Termosetler çapraz bağlı bir yapıya sahiptir. Bu plastiklerde polimerizasyon işlemi malzemeyi ihtiva eden monomerlerin bir araya getirildiği reaktörde başlar ve kalıplama işlemi sırasında biter. Termosetler oda sıcaklığında sıvı halde bulunurlar. Geçirdikleri çeşitli kimyasal işlemlerden sonra katı hal alabilirler. Isıtıldıklarında sertleşirler. Termosetlere örnek olarak polyeater, epoksi , PVC ve asetol verilebilir. Termosetlerdeki polimer zincirleri arasında kuvvetli bağlar oluşur ve bunun neticesinde üç boyutlu ağ yapısı meydana gelir. Bu da termosetleri termoplastiklere göre daha dayanımlı ve rijit yapar. Termosetler de polimerizasyon işlemi ile elde edilirler. Termosetlerin polimerizasyonu genelde iki aşamalı bir süreçtir. İlk aşamada termoseti oluşturacak monomerler bir araya getirilir. İkinci aşama ise üretim sürecinin içerdiği kalıpta meydana gelir. Yüksek basınç ve sıcaklıkta monomerler reaksiyona girer ve polimer zincirleri oluşur. Bu durumda polimer zincirlerinde reaksiyona girmemiş birimler bulunmaktadır. Basınç ve sıcaklık etkisi ile polimer zincirleri arasında yan bağlar meydana gelir ve kalıplanmış bir termoseti oluşturan polimer zincirleri arasında ağ yapısında bağlar oluşur [22].



Şekil 4.4. 1) Termoplastikler 2) Termosetler [22]



Şekil 4.5. Termosetlere ait zincir yapısı[2]

Termoplastikler ;

Plastikler lineer veya dallanmış dev moleküllerden yani makromoleküllerden oluşmuşlardır. Termoplastiklerde, makromoleküller arasında kimyasal bağ bulunmaz. Bu bağların bulunmaması termoplastiklerin tekrar tekrar işlenebilmesine imkân sağlamaktadır. Aynı zamanda termoplastikler kimyasal çözücülerde çözülebilmektedir. Termoplastikleri makromoleküllerin dizilişine göre ikiye ayırmak mümkündür. Eğer makromoleküllerin dizilişi rasgele gerçekleşmiş ise malzeme “amorf” olarak adlandırılır. Amorf malzemelere katkı malzemeleri katılmadığı sürece şeffaf bir görünüme sahiptirler. Bazı termoplastiklerde yer yer makromoleküllerin dizilişleri bir düzen ihtiva eder. Bu tarz termoplastikler “yarı kristal” olarak adlandırılır. Plastiklerde, makromoleküller karmaşık ve birbirine dolaşmış bir yapı ihtiva eder. Bu da plastik malzemelerin % 100 oranında kristalli bir yapıya sahip olmasını engeller. Bu yüzden plastik malzemelerde kristalli bölgeler arasında amorf bölgelerde yer alır. Kristalleşmiş bölgelerin tüm alana oranı “kristallik derecesi” olarak adlandırılır. Fakat daha basit zincir yapısına sahip olan plastik malzemelerin kristallik derecesi daha yüksektir.

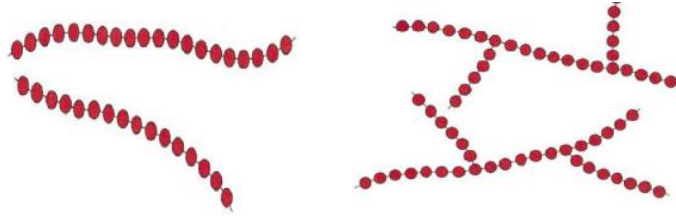
Katı hal: Malzeme sert ve tok bir davranış gösterir

Termoelastik hal: Bu durumda malzeme yüksek elastikiyet değerlerine sahiptir

Termoplastik hal: Bu durumda malzeme akışkan bir sıvı halindedir.

Termoplastikler ısıtılırlar, ergitilirler ve sonunda şekillenmiş bir ürün eldesi sağlanabilir. Daha sonra katılaştırmış termoplastik yeniden ısıtılabilir ve ergitildikten sonra yeniden kalıplanarak ürün haline getirilebilir. Her ne kadar geri dönüşüm söz konusu olsa da termoplastiklerin ısıtılıp ergitme ve soğutma işlemleri belirli tekrarlarla

sınırlı kalmalıdır. Aksi takdirde termoplastiğin fiziksel özelliklerinde değişiklikler görülmektedir. Termoplastiklere örnek olarak polietilen, polistren ve polipropilen verilebilir.



Şekil 4.6. Termoplastiklere ait zincir yapısı[2]

Alev sprej yönteminde kullanılan tozların çeşitleri ve özellikleri ;

Yüzey kaplamacılığında termoplastik ve termoset esaslı tozlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Termoplastik tozlar yüksek molekül ağırlığı, iyi fiziksel özellikleri nedeniyle kaplanacak nitelikte toz formunu alması zor olmasına rağmen termosetlerden daha fazla kullanılmaktadırlar. Termoplastik tozlarla yüzey kaplamacılığında değişik kalınlıklarda kaplama yapılabilmesi bu tozlara ayrı bir özellik katmaktadır. Ancak kaplama kalınlığının 250 μm ' nun altında olması durumunda kaplama yüzeyinde pürüzlülük olmaktadır. Buna karşılık termoset esaslı plastik toz kaplamalar düşük molekül ağırlığı ve düşük ergime viskozitesine sahiptir. Yapıları gereği çok küçük partikül boyutları elde edilmekte ve daha çok elektrostatik kaplama yöntemiyle kaplanmaktadırlar. Termoplastiklerin aksine çok daha ince kalınlıklarda bile kaplanabilmektedirler. Tablo 4.1' de termoplastik ve termoset esaslı kaplama tozlarının genel bir karşılaştırılması yapılmaktadır. Tablo 4.2' de ise yüzey kaplamacılığında kullanılan tozlardan beklenen özellikler verilmektedir.

Değişik yüzeylerin kaplanmasında termoplastik ve termoset plastiklerden her ikisi de kullanılmaktadır. Ancak bunların zaman içindeki kullanımları incelendiği zaman termoplastik tozların daha yeni oldukları görülmektedir. Genel olarak termoplastik kaplama tozları yüksek molekül ağırlığı yanında, çok iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere de sahiptir. Ayrıca kaplama esnasında kaplamalarda kaplama kalınlığı sınırlaması olmaksızın kaplamalar yapılabilir. Ancak termoplastik esaslı

kaplama tozlarıyla 200 μm ' dan daha az kalınlıkta kaplamaların gerçekleştirilmesi daha zor olduğu daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur[23].

Tablo 4.1. Termoplastik ve termoset esaslı tozların özellikleri [23]

Termoplastik tozlar	Termoset tozlar
Yüksek molekül ağırlığı	Düşük molekül ağırlığı
Yüksek kristallenme derecesi	Amorf yapı
Tokluk	Sert, gevrek ve kolay partikül yapılabilir
Yüksek ergime viskozitesi	Düşük ergime viskozitesi
Yüksek uygulama sıcaklığı	Düşük uygulama sıcaklığı
Kararlı	Kararlı

Tablo 4.2. Plastik kaplama tozlarına katılan katkı maddeleri [23].

Katkı maddesi	Termoplastik	Termoset
Reçine	+	+
Sertleştirme ajanı	-	+
Katalizör	-	+
Plastifiyan	*	+
Akış kontrol katkısı	*	+
Isı stabilizatörü	+	-
Işık stabilizatörü	*	*
Pigment	+	+
Dolgu	*	+
Parlaklık kontrol katkıları	-	*

+ her zaman veya genellikle; * bazen; - genellikle kullanılmaz.

Kaplanan yapının özellikleri kaplamada kullanılan tozların termoplastik ve termoset olmasıyla da değişmektedir. Özellikle yüzey koruma işlemlerinde malzeme özellikleri açısından bakıldığında termoset esaslı tozların özellikleri açısından daha dayanıklı olmalarına rağmen termoplastik tozlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır [23].

Tablo 4.3. Termoplastik esaslı kaplama tozlarının tipik uygulama şartları ve özellikleri [23].

Uygulama	Test yöntemi (ASTM)	Plastik türleri				
		Nylon 11-12	PVC	PE	PP	PVD
Ön ısıtma sıcaklığı, °C		260-370	230-340	200-300	260-330	240-300
Süre (dak)		5-15	5-15	5-15	5-15	5-15
Son tavlama sıcaklığı, °C		190-320	190-320	190-320	190-320	190-320
Süre (dak)		0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
Sertlik (shore D)	D2240	70-80	30-55	30-50	55-65	76-80
Max. kullan. sıcak. °C		100-120	60-90	70-105	90-120	130
Esneklik	D522	6,4 mm	6,4 mm	6,4 mm	6,4 mm	6,4 mm
Darbe direnci	D2794 (kg.m)	>1,84 çatlaksız	>1,8 çatlaksız	>1,84 çatlaksız	>1,84 çatlaksız	>1,84 çatlaksız
Suya dayanıklılık	D1308	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Alkollere dayanıklılık		Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Hidrokarbonlara karşı dayanıklılık		Mükemmel	İyi	İyi	İyi	Mükemmel
Ester, ketonlar vb. çözücülere karşı dayanıklılık		İyi	Zayıf	İyi	İyi	Zayıf
Tuza karşı dayanıklılık		Çok iyi	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Bazlara karşı dayanıklılık		İyi	Mükemmel	Çok iyi	Çok iyi	İyi

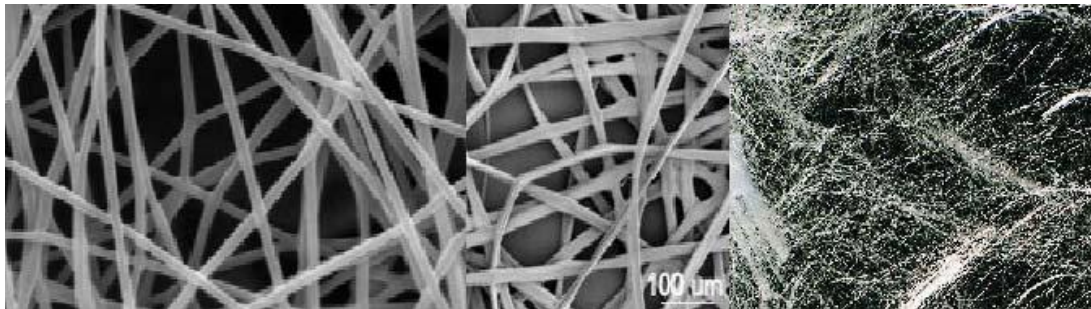
Plastik ve plastik esaslı tozlarla yüzeylerin kaplanmasında kullanılan tozların uygulamalarına ilişkin pratik bilgiler yukarıda Tablo 4.3'deki gibi olup söz konusu veriler ilgili standarda göre belirlenmiş olup endüstriyel uygulamalarda kullanıcılara uygulama açısından yardımcı olmaktadır [23]. Söz konusu plastik kaplamalarının bu yöntemlerle gerçekleştirilen kaplamaların fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda Tablo 4.4'da ki gibi belirlenmektedir.

Tablo 4.4. Kaplamalarda kullanılan termoplastiklerin fiziksel ve mekanik özellikleri[23]

Özellik	Test Yöntemi	Plastik türleri				
		Nylon 11-12	PVC	PE	PP	PVD
Ergime noktası °C	D 789	176-188	135-150	94	140-150	167-171
Yoğunluk g/cm ³	D 792	1,01-1,03	1,35-1,42	0,91-0,925	0,89-0,92	1,76
Çekme mukavemeti (MPa)	D 638	67-68	12-15	10-15	18-22	34-41
Uzama (%)	D 638	350-360	200-400	300-600	300-700	50-250
Spesifik ısı (cal/g°C)	D 2766	0,40	0,40-0,60	0,40-0,60	0,40-0,60	0,30-0,34
Termal iletkenlik (W/mk)	C 177	0,27	0,17-0,23	0,41-0,46	0,43	0,17-0,19
Lineer termal uzama katsayısı (-10 ⁻⁵ l/k)	D 696	8,5-15	6-15	15-20	15-20	7,2
Dielektrik mukavemeti (kV/mm)	D 149	30	18-25	32-90	30-90	63

4.2.6.2. Fiberler

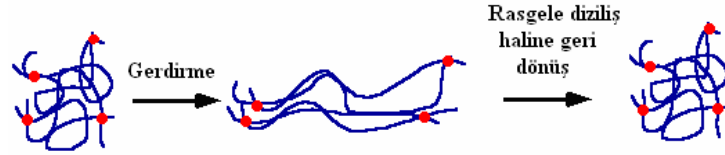
Örnek olarak PA 6, PA 66, PP, PAN, PET vb. polimer malzemeler kullanılarak, fiber üretimi yapılabilir. Şekil 4.7 'de çeşitli polimerlerden yapılmış olan fiberlerin SEM görüntüleri verilmiştir[22].



Şekil 4.7. Çeşitli polimerlerden yapılmış fiberlerin görünüşleri[22]

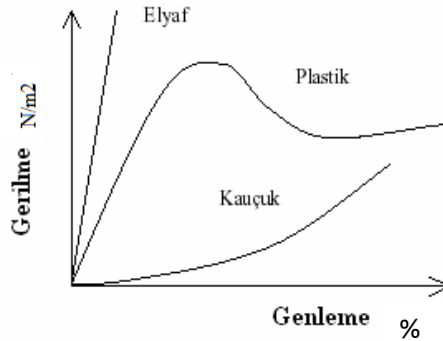
4.2.6.3. Elastomerler

Elastomerler, termosetler gibi çapraz bağlı bir yapıya sahiptirler ve uzun zincirli yapıdadırlar. Maruz kaldıkları çok küçük gerilmeler sonrasında bile çok büyük elastik deformasyonlara uğrarlar. Bazı elastomerler ilk boyutlarına nazaran % 500 ve üzerinde uzama gösterebilirler. Ve sonrasında eski boyutlarına dönebilirler. Yüksek elastik şekil değiştirme kabiliyetine sahip olmalarının nedeni; polimer zincirlerinin birbirine zayıf çapraz bağlarla bağlı olmasıdır. En çok bilinen elastomer kauçuk'tur. Çapraz bağların sayısının artırılması elastomerin daha dayanımlı ve rijit bir yapı kazanmasını sağlar.



Şekil 4.8. Gerilme etkisi altında polimer zincirlerinin şematik gösterimi[22].

Elastomerlerde gerilme öncesinde polimer zincirleri olağan konumunda iken, gerilme sonrasında zincirler gerilme yönünde açılarak malzemenin elastik olarak deformasyona uğramasına neden olurlar. Gerilme kaldırıldığında ise polimer zincirleri eski konumlarına geri dönerler. Şekil 4.9.' da elyaf, plastik ve kauçukların gerilme genleme grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.9. Bazı polimerlerin Gerilme-Genleme diyagramı[22]

Gerilme-Genleme diyagramından da görüldüğü gibi; elyaf ve plastiklere göre elastomer olan kauçuk, daha düşük gerilmelerde yüksek genleme değerlerine ulaşmıştır. Tablo 4.5.' de ise bazı polimer malzemelere ait Tm ve Tg değerleri verilmiştir.

Tablo 4.5. Bazı polimer malzemelerin Tm ve Tg değerleri[24]

Malzemeler	Tm (°C)	Tg (°C)
Polietilen	137	-115
Polimetilen oksit	181	-85
Polietilen oksit	66	-67
Polipropilen	176	-20
Polivinil florür	200	-20
Polivinil klorür	212	81
Poliviniliden florür	190	-19
Poli tetra flora etilen	327	117
Polistiren	240	100
Poli meta metilakrilat	200	105
Poli vinil asetat	-	28
Nylon 6	223	50
Nylon 6,6	265	53
Poli etilen tetraftalat	265	69
Poli akrilonitril	317	115
Doğal kauçuk	14	-73

Tablo 4.6.' da ise polimer tozlarını oluşturan monomer yapıları ve kimyasal formülleri verilmiştir.

Tablo 4.6. Polimerlerin formül tabloları[24]

İsim	Formül	Monomer
Poliakrilonitril (PAN, Orlon, Acrilan)	$-(CH_2-CHCN)_n-$	akrilonitril $CH_2=CHCN$
Politetrafloroetilen (PTFE, Teflon)	$-(CF_2-CF_2)_n-$	tetrafloroetilen $CF_2=CF_2$
Poly(metil metakrilat) (PMMA, Lucite, Fleksiglas)	$-[CH_2-C(CH_3)CO_2CH_3]_n-$	metil metakrilat $CH_2=C(CH_3)CO_2CH_3$
Poly(vinil asetat) (PVAc)	$-(CH_2-CHOCOCH_3)_n-$	vinil asetat $CH_2=CHOCOCH_3$
cis-Poliizopren doğal kauçuk	$-[CH_2-CH=C(CH_3)-CH_2]_n-$	izopren $CH_2=CH-C(CH_3)=CH_2$
Polikloropren (cis + trans) (Neopren)	$-[CH_2-CH=CCl-CH_2]_n-$	kloropren $CH_2=CH-CCl=CH_2$
Polietilen düşük yoğunluk (LDPE)	$-(CH_2-CH_2)_n-$	etilen $CH_2=CH_2$
Polietilen yüksek yoğunluk (HDPE)	$-(CH_2-CH_2)_n-$	etilen $CH_2=CH_2$
Polipropilen (PP)	$-[CH_2-CH(CH_3)]_n-$	propilen $CH_2=CHCH_3$

Poli(vinil klorür) (PVC)	$-(CH_2-CHCl)_n-$	vinil klorür $CH_2=CHCl$
Poly(viniliden klorür) (Saran A)	$-(CH_2-CCl_2)_n-$	viniliden klorür $CH_2=CCl_2$
Polistiren (PS)	$-[CH_2-CH(C_6H_5)]_n-$	stiren $CH_2=CHC_6H_5$

4.3. Kaplanacak Tozun Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Farklı yüzeylerin değişik amaçlarla plastik tozlarla kaplanmasında kaplama malzemesi olarak kullanılan toz malzemenin özellikleri gerçekleştirilen kaplamanın özelliklerini etkilemektedir. Bunlar sırasıyla aşağıda açıklanmaktadır [23].

4.3.1. Molekül ağırlığı

Plastiklerde molekül ağırlığının artmasıyla beraber plastik yapıdaki yapısal hareketlilikler ve çekim kuvvetlerindeki artışlar toz kaplamanın mekanik, kimyasal ve akış özelliklerini etkilemektedir. Ancak bu artış mekanik özelliklerde önemli derece bir artış sağlarken plastiğin işlenmesini zorlaştırır da plastiğin kaplama malzemesi olarak kullanılması durumunda sistemde kullanılan ısı kaynaklarındaki sıcaklığın yüksek olması nedeniyle yüzey kaplama yöntemlerinde bu şekilde bir sorunla karşılaşılmamaktadır [23].

Bütün plastiklerde olduğu gibi plastik tozlarla da yüzey kaplamada kullanılan toz malzemenin molekül ağırlığı oldukça önem taşır. Özellikle tozun farklı türdeki plastiklerden kopolimer olarak elde edilmesi durumunda tozun molekül ağırlığı genel olarak tozların ortalama ağırlığı olarak ifade edilmektedir [23].

4.3.2. Camı geçiş sıcaklığı (T_g)

Birçok plastik malzeme değişik yüzeylerde kaplanmak suretiyle kullanılabilmesine rağmen bunların T_g sıcaklıklarındaki değişimler kullanımlarını sınırlandırmaktadır. Özellikle kristalin yapıli plastiklerde T_g sıcaklığının kesin bir değeri ifade etmemesi nedeniyle kritik bir durum arz etmektedir. Amorf yapıli termoplastik ve termoset plastiklerde T_g sıcaklığının belli bir sıcaklık aralığında olması nedeniyle kristalin plastiklerde görülen kritik durum bu tip plastiklerde görülmemektedir. Bütün

plastiklerde olduğu gibi, plastik toz kaplamalarda da sıcaklığın düşmesi ile molekül zincirlerin dönme hareketi yavaşlar ve belli bir sıcaklığa ulaştığında ise dönme hareketi durur. Bu durumda atomların sadece kendi titreşim hareketleri kalır. Tg' nin altında plastikler sert ve gevrek bir yapıya geçerler ve mukavemet özelliklerinde azalmalar görülür [23].

Literatürde genel olarak plastiklerde moleküller arası düzenin iki türüne rastlanır. Bunlar amorf ve kristal yapılardır. Polimer zincirlerin yapı içerisinde rastgele düzenlenmeleri sonucu amorf yapılar meydana gelirken bu yapıların düzen oluşturacak bir şekilde dizilmeleri sonucunda ise kristalin yapılar meydana gelmektedir. Amorf yapılı polimerlerde camsı geçiş sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda serbest hacim oranı düşüktür. Sıcaklığın artışına bağlı olarak plastiklerdeki serbest hacim oranı ve buna bağlı olarak da segmental hareketler artar ve belli bir sıcaklıkta moleküllerin ısı enerjileri birbiri üzerinden akabilecek değere yükselir. Amorf yapıdaki plastiklerde geçiş bir faz geçişi olmayıp, değişim veya geçiş daha çok plastiğin süper moleküler yapısında meydana gelmektedir. Camsı geçiş sıcaklığı ayrıca plastik zincirlerin sert, esnek olmasına da bağlı olarak değişmektedir. Zincirlerdeki esneklik azaldıkça plastiğin Tg sıcaklığı yükselir. Bununla beraber, plastik yapıya değişik tip ve özellikteki yumuşatıcıların ilave edilmesi sonucunda plastik yapıların Tg sıcaklığı düşürülmektedir [23].

4.3.3. Tg sıcaklığı ve toz dengesi

Eğer kaplama malzemesi olarak kullanılacak tozun Tg sıcaklığı tozun depolandığı ortamın Tg sıcaklığından yüksekse polimer segmentlerindeki hareketin olmamasından dolayı farklı fazlar arasındaki moleküllerde bir hareket olmaz. Tg' nin düşük olması durumunda polimer moleküllerinde yeterli moleküler hareket yoktur. Bu da plastik toz kaplamaların daha uzun süre kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Termoset plastiklerde Tg sıcaklığı elde edilen toz kaplamanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir[23].

4.3.4. Moleküller arası düzen

Plastikler katı, sıvı ve çözelti hallerinde değişik fiziksel yapılar meydana getirirler. Plastik yapıda yerel yapıyı etkileyen kimyasal bileşimin yanında makro yapıyı belirleyen morfoloji olarak ifade edilen polimerin yapısı, miktarları, büyüklükleri, biçim ve yerleşme düzenleri de plastiğin mekanik ve kimyasal özelliklerini önemli oranda etkilemektedir. Amorf yapıdaki plastiklerde moleküller veya segmentler sürekli hareket halinde olup yapıdaki zincirler bir konformasyondan diğerine rastgele dönme ve bükülme hareketleri yaparlar [23].

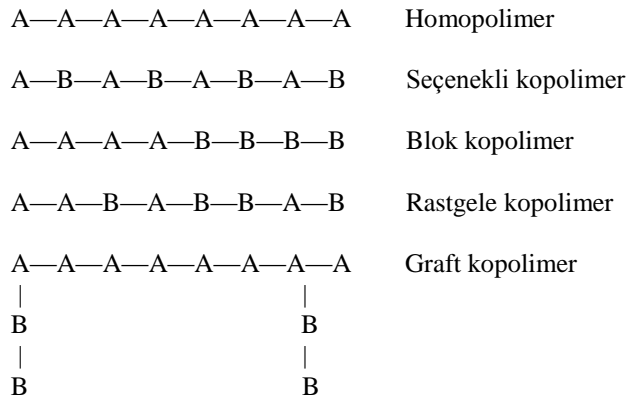
4.3.5. Molekül zincirlerinin şekli

Monomerlerden meydana gelen polimerin zincir şekli büyük oranda bu monomerlerin zincir içerisindeki dizilişlerine bağlıdır. Molekül zincirleri lineer, dallanmış ve üç boyutlu çapraz bağlı yapılar şeklinde olabilmektedir. Lineer zincir şeklindeki moleküllerde zinciri meydana getiren birimler çok kuvvetli kovalent bağlarla birbirine bağlanmışlardır [23]. Lineer ve dallanmış zincirler daha çok termoplastiklerde görülürken çapraz bağ zincirler ise termoset plastiklerde görülür [23].

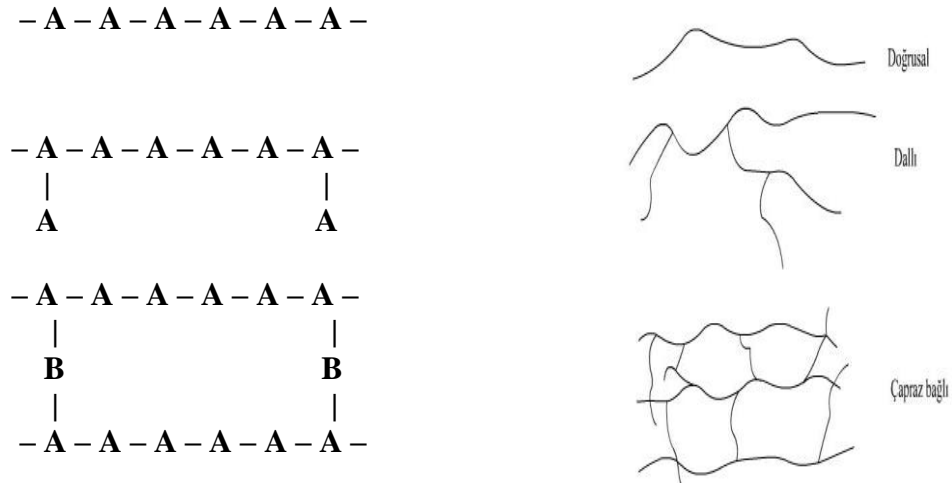
Polimerik yapıyı oluşturan benzer birimlerin tekrarlanması ile meydana gelen yapılar homopolimer olarak adlandırılırken bu birimlerin birden fazla farklı türdeki birimlerden oluşmasıyla meydana gelen polimerler ise kopolimer olarak adlandırılırlar. Bunlar yapıyı oluşturan monomerlerin diziliş şekillerine göre seçenekli, blok, rastgele ve grafit (aş) kopolimerleridir. Aşağıda Şekil 4.10' da kopolimerleri oluşturan monomerlerin diziliş, Şekil 4.11' da polimeri oluşturan zincir şekilleri verilmektedir [23]. Polimer zincirlerini oluşturan zincirler arası mesafelerin kısalması zincirlerin mukavemet özelliklerinin artmasına neden olur. Bunun içindir ki plastiklerin yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılması durumunda genel olarak zincirler arasında kısa mesafe olan plastikler tercih edilmektedir. Ancak zincirler arasındaki mesafeler zincirlerin lineer, dallanmış ve çapraz bağlı olmalarına bağlı olarak değişmesi de toz kaplamanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır [23].

Lineer zincirlerde moleküller arası mesafelerin kısalmış zincirlerde zincirler arasındaki mesafelerin kısılması moleküller arasındaki mukavemeti artıracak seviyede olmazlar [23].

Üç boyutlu yapıya sabit termoset yapılı plastiklerde ise zincirler çok kuvvetli kovalent bağlarla birbirine bağlı olup moleküller arasındaki bağlar ancak çok yüksek sıcaklıklarda kopabilmektedirler. Bundan dolayı termoset yapılı plastik kaplama tozların özellikle sıcaklığın büyük önem ifade ettiği uygulamalarda kullanılmaları daha iyi sonuç vermektedir [23].



Şekil 4.10. Kopolimerleri oluşturan monomerlerin diziliş şekilleri [23].



Şekil 4.11. Polimerleri oluşturan zincir şekilleri [25].

4.3.6. Toz partikül boyutu

Toz partikül yüzey kaplamacılığında önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Partikül boyutları genel olarak iki şekilde ifade edilmektedir. Bunlar mikrometre ve mesh ekran (screen) numarasıdır. Kaplama kalınlığı ise genel olarak mm ile ifade edilmektedir. Kaplama filminin gerçekleştirilme işleminde kaplamada kullanılan tozun partikül boyutu kapamanın nihai özelliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Genel olarak partikül boyutu büyük olan tozlardan meydana gelen kaplamaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin artması kaplama esnasındaki püskürtme, sinterleme işleminin uniform olmamasından dolayı zordur [23].

Yüksek partikül yoğunluğuna sahip plastik toz kaplamalarda kaplama filmindeki yüzey kalınlığı dağılımı düzgün bir şekilde almaktadır. Toz kaplama işleminde film tabakasının oluşumu iki aşamadan olmaktadır. Birinci aşamada tozların püskürtme aparatından ergiyerek çıkması, ikinci aşamada ise soğuma sonucunda kaplama tabakasının oluşmasıdır. Kaplama tabakası kalınlığı önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Eğer kaplama kalınlığı 100 µm'nin altında ise yer çekimi kuvveti kaplama filminin şekillenmesinde önemli rol oynamaz [23].

4.4. Alev Sprey Yönteminde Kullanılan Bazı Polimer Tozlar

4.4.1. Polietilen (PE)

Termoplastik olan bu polimer, sektöründe en çok kullanılan türdür. Polietilen gerek homopolimer gerekse komopolimer bileşiminde koruma amaçlı olarak yüzey kaplamacılığında kullanılmaktadır. Homopolimer formunda etilen ve α -olefinlerin bileşiminden elde edilmektedir. Düşük ve yüksek yoğunluklu olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Polietilenin yoğunluğu arttıkça yapıdaki kristal oranı artmakta ve elde edilen kaplamanın yüzey dayanıklılığı daha da artabilmektedir. Polietilen, polietilen kopolimeri halinde ve polietilen kopolimerlerinin karışımları halinde de kullanılabilir. Özellikle poli(etilen-ko-vinilasetat) EVA, poli(etilen-ko-vinilalkol) EVOH, poli(etilen-ko-metakrilat) EMA, poli(etilen-metakrilat) EEA, poli(etilen-ko-akrilikaset) EAA karışımlarıyla daha dayanıklı tozlar ve kaplamalar

yapılabilmektedir. Bu şekilde plastik tozun kaplama yüzeyindeki tutunması artarak kaplamanın daha uzun süre kullanılması mümkün olabilmektedir. Kopolimer karışım içindeki kristallenmenin azalması ile beraber kaplamanın parlaklık, darbe mukavemeti yükselmekte ve çatlak ilerlemeleri de azalmaktadır. Bu malzeme kimyasallara karşı dirençli olması, aşınmalara karşı dirençli olması, elektriksel özelliğinin iyi olması, darbe çentik mukavemetinin yüksek olması, nem emme kabiliyetinin sıfıra yakın olması gibi özelliklerinden dolayı en çok kullanılan polimer türü olmaya devam etmektedir. Termoplastiklerin içerisinde en ucuzudur. Şekil 4.12- de polietilenin uygulama örnekleri görülmektedir [23,25].



Şekil 4.12. Polietilenin kullanıldığı uygulama alanlarını [25]

4.4.2. Etilen-Vinil alkol kopolimerleri (EVOH)

Genellikle EVOH adı ile bilinmektedir. Bu reçineler gaz tutma özelliklerinin yüksek olması nedeniyle kaplamalarda iyi sonuçlar vermektedir. Bilinen en etkin oksijen tutuculardır. Bundan dolayı paketlenme ve kaplama yapımında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Oksijen tutucu niteliği polipropilenden 16000, naylondan 200 kez büyüktür. Bu reçinelerin yağlara ve çözücülere karşı da güçlü bir direnç göstermeleri, korozif ortamlara karşı dayanımlarını arttırmaktadır. Ayrıca antistatik özelliklerinin yüksek olması kabloların kaplanmasında kullanımını daha da arttırmıştır. Bu kopolimerlerin gaz tutucu özelliği kristal oranına da bağlıdır. Küçük ve sık dizilmiş kristal taneleri gaz geçişini engeller. Bundan dolayı bu tür kopolimerlerin üretim aşamalarında, yapılan kristal oranı yüksek (polietilen, polipropilen) plastikler katılarak kristal oranı artırılarak gaz geçirgenliğine karşı dayanımı artırılır. Bu kopolimerlerin çok katmanlı olarak kullanılmaları bunların korozyona karşı dayanımını daha da arttırmaktadır [23]. Şekil 4.13.' de kaplamada ve katkı malzemesi olarak kullanılan alanları verilmiştir.



Şekil 4.13. EVOH polimer çeşitleri

4.4.3. Polipropilen (PP)

Polipropilen yarı kristalin bir termoplastik malzeme olup propilen monomerinin katolma polimerizasyonu veya stereospesifik (koordinasyon) polimerizasyon yöntemi ile elde edilen bir homopolimerdir. Polimerizasyon için kullanılan monomerin çok saf olması gerekir. Çünkü monomerin yapısında bulunabilecek su, katalizörü yok eder ve polimerizasyonun ilerlemesini engelleyerek uzun zincir yapıları polipropilen molekülünün elde edilmesini zorlaştırır. Bu yönüyle propilenin polimerizasyonu gaz formunda gerçekleştirilmektedir. Polipropilenin kauçuksu özelliğe sahip monomerlerle (bütan, bütadien vs.) kopolimerizasyonu gerçekleştirildiğinde, kopolimerin oranına bağlı olarak kauçuksu özellik değişikliği gösterir. Polipropilen; halojenleri içeren nitrik asit, sülfürik asit, potasyum dikromat, keroson karbo tetraklorür ve çok kuvvetli oksitleyici maddelerden başka kimyasal maddelerden etkilenmez. Oda sıcaklığında polipropileni hiçbir çözücü çözemez [23]. Polipropilenin yüzey kaplamacılığında kullanılması durumunda kaplama yüzey sertliği yükselirken aşınmaya karşı direncide artabilmektedir. Polipropilene örneğin % 2-5' lik etilenin katılmasıyla kaplamanın esneklik ve tokluk özellikleri geliştirilmektedir. Polipropilenin tek başına kullanılması durumunda kaplamanın yüzeyindeki tutunmasının azalmasından dolayı polipropilen kaplama tozlarına kaplama tabakasına olan tutunmayı yükseltmek üzere akrilik asit kopolimerleri ilavesi yoluyla kaplamanın özellikler artmaktadır [23]. Ayrıca kimya sanayi tarafından yapılan ve ambalaj, kırtasiye, plastik parçalar ve yeniden kullanılabilir konteyner (halatlar, termal iç giyim ve halı gibi) tekstil gibi geniş bir uygulama çeşitliliği ile beraber laboratuvar ekipmanları, hoparlör, otomotiv parçalarında kullanılır. Ayrıca polimer, alışılmadık birçok kimyasal çözücüler, baz ve asitlere

karşı dayanıklıdır sağlamdır. Şekil 4.14.'de kaplama alanındaki ve katkı malzemesi olarak kullanılan alanları verilmiştir.



Şekil 4.14. PP (polipropilen) polimeri ile üretilmiş malzemeler

4.4.4. Vinil tozları (PVC, PVDF)

PVC toz kaplamaların diğer polimer toz kaplamalar göre bazı üstünlükleri vardır. PVC toz kaplamaların kimyasallara örneğin asitlere, suya karşı dayanıklılığı çok iyidir. Mükemmel darbe direncine sahip olan PVC yüksek dielektrik özelliğinden dolayı elektrik ekipmanları imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretimini fazla ve ucuz olması kullanımını daha da artırmıştır. Poli (vinil klorür)' nin değişik maddelerle örneğin stabilizator, pigment maddeleri ile çok iyi bir ürün göstermesi kaplama tozu olarak kullanılmasına olanak vermiştir. Ayrıca aleve karşı dayanıklılığının diğer plastiklere göre daha iyi olması PVC toz kaplamaların önemini daha da artırmıştır. İyi bir PVC toz kaplama pigment, UV ve ısı stabilizatorü içermektedir özellikle metil metakrilat kopolimerlerinin (MMA / EA) PVC tozlarına ilave edilmesiyle kaplamanın işlenebilirliği yükselir [23].

PVDF (etilen vinil diflorür) ise özellikle atmosferik ortamlarda kullanılması esnasında degradasyona uğramaması veya çok yüksek degradasyon direncinde dolayı toz kaplama uygulamalarında kullanımına imkan vermektedir. Nem absorblanmasının düşük olması, çok yüksek kimyasal direnç ve düşük sürtünme özellikleri PVDF 'i üstün kılmaktadır. Ancak PVDF 'in yüzey parlaklığının düşük olması dekoratif amaçlı kaplamalarda kullanılmasına imkan vermektedir. Ayrıca tek başına kaplama maddesi olarak kullanılması durumunda metalik yüzeylere olan

tutunmasının düşük olması kaplamanın ömrünü azaltmasına rağmen akriliklerle harmanlama yapılmasıyla yüzeye olan tutunması arttırılabilmektedir [23]. Şekil 4.15.' te ise kaplamada kullanılan alanlarıyla beraber katkı malzemesi olarak ilave edildiği uygulamaları verilmiştir.



Şekil 4.15. Vinil tozlarıyla üretilmiş malzemeler

4.4.5. Poli tetrafloraetilen (PTFE)

2.14–2.20 gr/cm³ yoğunluğunda olup ergime sıcaklığının diğer polimerlerden yüksek olması bu polimerin gerek yüzey kaplamacılığında gerekse diğer uygulamalarda kullanılmasına imkân sağlamıştır. Teflon olarak bilinen bu malzemenin yüzey enerjisinin düşük olmasından dolayı kendisiyle temas eden malzemelere yapışmamasından dolayı kullanım alanı daha da artmıştır. Polifenilen oksit (PPO), poliamid imid (PAI) gibi polimerlerin teflona ilave edilmesiyle kaplamanın aşınma ve sürtünme özelliklerinde artış meydana gelir [23]. Floratilen polimerinin teflondan başka poli(klonitritetrafloraetilen) (PCTFE) poli (viliden florid) (PVDF) türleri de mevcuttur. PCTFE polimerinin kimyasallara dayanımı ve polimer tozunun kaplama yüzeyine yapışmasının yüksek olması bu malzemenin kaplama malzemesi olarak özelliklerini yükseltmektedir. PVDF polimer ise diğer türlerinin yanında özellikle atmosferik şartlara karşı dayanımının çok iyi olması nedeniyle kaplama tozları malzemesi olarak yüzey kaplamacılığındaki önemini arttırmıştır. PVDF yapışma direncinin daha da artırılabilmesi için epoksilerle takviye edilebilmektedir [23].

PTFE tava ve tencerelerde yapışmazlık özelliğinden dolayı kullanılır. Karbon-flor bağlar olup kısmen non-reaktif yani genellikle reaktif ve aşındırıcı kimyasallar için konteyner ve boru içinde kullanılır. Yağlayıcı olarak kullanılan yerlerde, PTFE

makineleri enerji tüketimi ve aşınma ile birlikte sürtünmede de azalma gösterir. Şekil 4.16.' da tekstil alanında kurutma silindirlerinin kaplamasında kullanılmasına karşı ilave malzemesi olarak tencerelerde kullanılmaktadır.



Şekil 4.16. PTFE polimeri ile üretilmiş malzemeler

4.4.6. Polyester

Termoset olan polyester genellikle cam ile kuvvetlendirilmiş olarak kullanılır. Kaplandığı yüzeydeki tutunmasının yüksek olması kaplama tozu olarak kullanılmasına imkan sağlamıştır. Genellikle bu reçineler kütle kalıplama ve levha kalıplama için kullanılmaktadır. Mekanik özellikleri katkı elemanlarına göre çok farklılık göstermektedir. Tekne, mimari paneller, atletizm ekipmanları, su depoları, sandalye ve mobilya yapımında kullanılmaktadır (Şekil 4.17). Alev sprej yöntemiyle polyester kaplamalar, denizcilik sektöründe hasarların tamirinde kullanılır [23,25].



Şekil 4.17. Polyester ile üretilmiş polimerik malzemeler[25]

4.4.7. Nylon-Poliamid (PA)

Nylon'un Nylon6, Nylon66, Nylon610, Nylon612, Nylon11 gibi çeşitleri vardır. Nylon'un en kötü tarafı su emme özelliğinin yüksek olmasıdır. Tüm nylon çeşitleri elyaf ile takviye edilebilirler. Nylon kristalin yapıya sahip bir polimerdir. Nylon6,

dökülebilen yapıdadır. Diğer nylon türlerinin akışkanlığı düşük olduğu için yüksek basınç gerektiren enjeksiyon ve ekstrüzyon yöntemleriyle şekillendirilmeleri daha kolaydır. İyi mekanik ve tribolojik özelliklere sahip olan nylon dişli çark, kam, kaymalı yatak malzemesi olarak kullanılırlar (Şekil4.18). Nylon, takviye edilebildikleri için termal sprej proseslerinde genellikle kompozit kaplama üretiminde kullanılmaktadır [25]. Poliamidler yaygın olarak tekstil, otomotiv, halı ve spor alanlarında aşırı dayanıklılık ve gücü nedeniyle kullanılmaktadır.



Şekil 4.18. Nylon'un uygulama alanlarını [25].

4.4.8. Akrilik (PMMA)

Kristal gibi parlak görünen, atmosferik etkilere dirençli, ağırlığı cam ağırlığının yarısı kadar olan bu polimerin darbe mukavemeti de yüksektir. Termoset akrilik toz kaplamalar uzun süreli kullanımlarda renklerini muhafaza etmeleri ve yüzeye olan tutunmalarının yüksek olmasından dolayı kullanılmaktadır. Bu gibi yüksek özelliklerinin yanında çok fazla renk çeşidine sahip olduğu için alev sprej yöntemiyle üretiminde, genellikle görsellik istenilen yerlerde kullanılır. Binaların dış cephe kaplamalarında, trafik işaretlerinde, reklam panolarında kullanılmaktadır (Şekil 4.19) [23,25].



Şekil 4.19. Akrilik polimerinin denizcilik sektörü ve diğer uygulama alanları [25].

4.4.9. Epoksi reçine (EP)

Termal ve kimyasal mukavemetleri çok iyidir. Atmosferik koşullara çok iyi dayanım gösterirler. Oldukça düşük olan mukavemetleri, lifli takviyeler ile güçlendirilmektedir. Yapısındaki epoksi gruplar sayesinde çapraz bağ yoğunluğunun artmasında neden olur ve kaplamanın kimyasallara, sıcaklığa karşı direncinin artmasına neden olur. Uzun zincirli poli esterlerin kullanılması ile aromatik epoksi reçinelerin çekme ve darbeye karşı özelliklerinin artması mümkündür. Epoksi kaplamaların en önemli özelliği kaplama yapıldığı metalik yüzeylere olan yapışmasıdır. Ayrıca kimyasallara karşı direncinin yüksek olması kaplamanın daha uzun süre kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Curing işlemi esnasında kaplamadaki büzülmenin azalması kaplamada oluşabilecek çatlakların azalmasına neden olmaktadır. Şekil 4.20.' de alev sprej yöntemiyle ve katkı malzemesi olarak ilave edilmesini gösteren uygulamaları verilmiştir.



Şekil 4.20.Epoksi reçine uygulama alanları

4.4.10. Polikarbonat (PC)

Aleve karşı dirençli, besin maddeleri ve ilaçlara etkileşimsiz, atmosfere ve uv ışınlarına dirençli, darbe mukavemeti parça kalınlığına göre değişen fakat 6,5mm kalınlıkta bile mukavemetini koruyabilen bir polimer malzemedir. Aleve karşı direnci ve darbe mukavemetinden dolayı daha çok yalıtım istenen atölye tarzı işletmelerde kullanılır. Kristalin bir yapıya sahip olup saydam, açık hava ve ışıktan etkilenmemesi özellikle kaplama malzemesi olarak kullanılmasına neden olmuştur. Ancak petrol esaslı yağ ve yakıtlara dayanımı sınırlıdır [23,25]. Şekil 4.21.' de uygulama alanları verilmiştir.



Şekil 4.21. Polikarbonat kullanım alanları

4.4.11. Polietereterketon (PEEK)

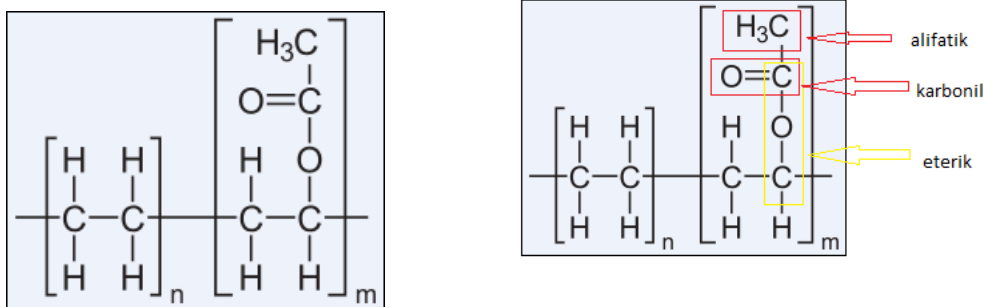
İlk olarak victrex firması tarafından bulunan, kısmi kristalliğe sahip bu polimer tel kaplama ve kompozit malzemeler için uygun bir reçinedir. Oda sıcaklığında tok, rijit uzun sürede aşınmaya karşı çok dirençli bir polimer malzemedir. Sulu ortama ve çözücülere karşı dirençlidir. Kristal yapılı, yüksek sıcaklığa dayanıklı bir polimerdir. Yüksek sıcaklık özellikleri aromatik yapıya bağlıdır. Bunun yanı sıra kristalin yapı reçineye iyi bir yorulma mukavemeti, organik çözücülere karşı direnç sağlar. Isıya karşı kararlılığı çok iyidir. Uygun boya ve katkı maddelerinin ilavesi ile ultraviyole ışınlar karşı direnci daha da artırılır. Bu polimer malzeme uçak, askeri, nükleer santral gibi alanlarda kullanılabilen tel ve kablo için yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alev sprej yöntemiyle PEEK kaplamalarının üretimi ile bu kaplamaların aşınma direnci ve elektriksel özellikleri üzerine birçok deneyler yapılmıştır. Alev sprej yöntemiyle üretilen PEEK kaplamalar, günlük ihtiyaçların yerine mühendislik anlamında hizmet etmektedir. Ulaştırma, elektronik ekipmanlarında kullanılmaktadır. PEEK malzemesinin kullanıldığı yerler şekil 4.22. de gösterilmiştir [23,25].



Şekil 4.22. PEEK malzemesinin kullanım alanları [25].

4.4.12. Etilen vinil asetat (EVA)

Etilen Vinil Asetat (EVA) etilen ve vinil asetatın kopolimeridir. EVA'nın yapısında kristallenme düşüktür, fakat yoğunluk yüksektir ($0.922-0.943 \text{ g/cm}^3$). Çünkü içerisindeki vinil asetat amorf fazlar yoğunluğunu artırır. Ağırlıkça %20'nin üzerinde vinil asetat içeren EVA çeşitli ekstrüzyon ve kalıplama uygulamalarında kullanılır. %2-5 vinil asetat içeren EVA, PE ile benzer davranış gösterir fakat darbe dayanımı daha yüksektir, düşük sıcaklıkta esnekliği daha iyidir ve ısıl yapışma sıcaklığı daha düşüktür. %7,5-12 vinil asetat içeren EVA daha çok esnekliğe sahiptir, delinme direnci yüksektir ve darbe dayanımı çok iyidir. Bu kopolimerler yüksek performanslı film kaplamalarda kullanılırlar [26]. EVA kopolimerleri rastgele yapılandırılmış polimerlerdir, üstün ozon direnci, hava koşullarına direnç ve üstün mekanik özelliklere sahiptir. EVA, kablo yalıtımı için yaygın olarak kullanılan bir polimerdir [26]. Şekil 4.23.'de EVA polimerinin kimyasal bağ zincirleri şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.23. EVA'nın bağ yapısı [27].

EVA ayrıca ilaç dağıtım aracı olarak biyomedikal mühendislik uygulamalarında kullanılır. Polimer organik bir çözücü (örneğin, metilen klorür) ile çözülür. Toz ilaç ve dolgu (genellikle bir inert şeker) sıvı çözelti içerisine hızlı bir şekilde homojen olarak ilave edilerek karışım elde edilir ve daha sonra $-80 \text{ }^\circ \text{C}$ 'de bir kalıp içine bırakılarak katılaşması sağlanır.

EVA kauçuk veya sünger olarak bilinen maddelerden biridir. EVA köpük, dövüş sanatları, su kayağı botları, balıkçılık çubuklar ve balıkçılık makara kolları, boks, çim hokeyi, kayak botları gibi çeşitli spor ekipmanları da dolgu olarak kullanılır. EVA

nın kullanıldığı terlik ve sandaletler, günümüzde kalıp, kokusuz, parlak, kolay ve doğal kauçuk göre daha ucuz çok hafif gibi özellikleri nedeniyle oldukça popülerdir. EVA'nın bir diğer kullanımı Adidas Jabulani üretiminde bulunmaktadır. Termoplastikler gibi yumuşaktır ve esnek elastomerik yapıdadır. Su geçirmez özellikleriyle beraber UV uygulamalarında da dayanıklıdır. Etilen zincirine vinil asetat dahil edilmesi esneklik, tokluk ve berraklığı artırır. Diğer önemli özellikleri düşük sıcaklıklarda tokluk ve iyi işlenebilirliktir. Bu önemli özelliklerinden dolayı Şekil 4.24.'de EVA kopolimerleri yüzey kaplama malzemeleri, tel ve kablo kaplamaları, esnek borular, ayakkabı tabanı ve gıda paketlenme gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır [26].



Şekil 4.24. EVA polimerinin kullanım alanları

4.5. Polimer malzemelerle diğer malzemeler arasındaki farklar

- a. Katı malzemeler; metaller, seramikler ve polimerler şeklinde 3 grupta incelenebilirler.
- b. Metaller atomlardan oluşan, serbest elektronlar nedeniyle ısı ve elektriği iyi ileten, erime sıcaklıkları orta düzeyde, sert, parlak, KN yüksek, mekanik dayanımları iyi malzemelerdir.
- c. Seramikler anorganik ve metal olmayan kimyasalların oluşturduğu, elektriksel açıdan genelde yalıtkan, ısıyı zayıf ileten, sert olmakla birlikte kırılğan malzemelerdir.
- d. Polimerler metal ve seramiklerle kıyaslandığında
 - Düşük mekanik dayanım
 - Yumuşaklık
 - Belli sıcaklık aralıklarında kullanılabilme
 - Bazı özelliklerinin zamana bağlı olması (uzama) noktalarında zayıf oldukları gözlenir[23].
- e. Bunun yanında polimerler bazı üstünlükleri nedeniyle çoğu alanda metal ve seramiklerin yerini almışlardır.
 - Kolay şekillenebilme
 - Düşük yoğunluk
 - Kimyasal maddelere dayanım
 - Düşük ısı iletimi
 - Ucuzluk
 - Korozyona uğramama
 - Estetik görünüm
 - Düşük elektrik iletimi
 - Esneklik
- f. Küçük moleküllü maddeler (monomer) genellikle gaz veya sıvı haldedirler, polimerler ise büyük moleküllü olduğu için katı ve genellikle serttirler.
- g. Küçük moleküllü bileşikler genellikle çözücülerde kolay çözünürler. Ancak yüksek moleküllü bileşikler ise hem zor çözünürler hem de çözünme şekilleri farklıdır.

h. Çözücü molekülleri polimer molekülünden küçük olduğu için onlar önce polimerin içine difüze olurlar. Bu nedenle polimer şişer, hacmi 1000 kat kadar artar. Böylece aralarındaki bağ zayıflar ve çözücüde çözünürler.

1. Küçük molekülü bileşiklerin çözeltileri şeffaf olduğu halde, yüksek molekülü birleşmelerin çözeltilerinde ışığın dağılması gözlenir.

i. Polimer maddeler küçük molekülü bileşiklerden farklı olarak yüksek elastik kabiliyetine sahiptir.

j. Küçük molekülü bileşiklerden farklı olarak, yüksek molekülü bileşiklerin çözeltilerinden veya eriyik halinden ince tabakalar meydana getirebilirler.

k. Küçük molekülü bileşiklerin kristalleşmesi genellikle kolay ve belli bir sıcaklıkta olduğu halde, yüksek molekülü birleşmeler için kristalleşme prosesi çok zor ve geniş bir sıcaklık aralığında olmaktadır.

4.6. Polimerlerin kullanım alanları[21]

Tablo 4.7.' de polimer malzemelerin fiziksel özellikleriyle beraber kullanım yerleri açıklanmıştır.

Tablo 4.7. Polimerlerin özellikleri ve kullanım alanları[21]

Polimerler	Özellikleri	Kullanım yerleri
Fenolik reçineler	Kimyasal korozyona karşı yüksek dirençli, iyi ısıl kararlılık, düşük nem geçirgenliği ve kolay işlenebilirlik.	Yapıştırıcılar, elektrik aletleri parçaları, kalıplanmış malzemeler, levha ve plakalar, fren astar ve balatasında
Amino reçineler	Kimyasal direnç, üstün yüzey sertliği, iyi ısıl kararlılık ve iyi renk koruma.	Dekoratif malzeme, yapıştırıcılar, levha ve plakalar, tekstil işlemlerinde kalıplanmış malzemeler, kontraplak ve kağıt kaplama
Poliesterler	Alevlenmeye ve kimyasallara karşı üstün direnç, düşük fiyat, üstün mekaniksel ve elektriksel özellik, üstün ısıl kararlılık.	Yapı malzemeleri, levha ve plaka, hava ve deniz taşıt parçaları, lif dekoratif malzeme, misina ve kayak malzemesi.
Alkit Reçineleri	Kimyasal direnç, üstün elektriksel ve ısı özellik ve geniş esneklik-sertlik aralığı	Elektriksel yalıtkan, boyalar, cam macunu, elektronik alet parçaları ve cam lifi takviyeli parçalar.
Polikarbonat	Şeffaf, iyi sürünme direnci, lekelenmeye karşı direnç, yüksek kırılma indisi, iyi boyutsal kararlılık ve üstün kimyasal ve elektriksel özellik.	Yalıtkan malzeme, metal malzeme yerine, lens, elektrik aletleri parçaları, fotoğraf filmi, döküm kalıplama ve emniyet baretleri.

Tablo 4.7. (Devamı)

Poliamit	Kimyasal direnç, sertlik, iyi aşınma direnci, kolay kalıplanmak, hafiflik ve düşük sürtünme katsayısı	Sise, lastik, lif, paketleme, dikiş ipliği, çeşitli aletler, dişli ve misina.
Poliüretan	İyi kimyasal fiziksel ve elektriksel özellikler, diğer reçinelerle kullanıldığında üstün ürün çeşitliliği	Roket yakıtı bileşeni, izolasyon, köpük ve elastomer.
Polieter	Değişik biçim ve boyutta kolay islenebilirlik, çoğu asit alkali ve tuzlara karşı üstün direnç.	Su saati parçaları, vana, pompa dişlileri ve tabakalar.
Epoksi	İyi yapışma özelliği, üstün elektriksel özellik, iyi ısı yalıtımı, sertlik, düşük büzülme ve üstün kimyasal direnç.	Yer döşemesi, yapıştırıcılar, ince levha ve plakalar, yüzey kaplamaları ve astarlar.
Silikon	Esneklik, inert, oksidasyona direnç, üstün elektriksel özellik ve iyi ısı özellik	Kauçuk, su itici malzeme, levhalar, köpüklenmeyi önleyici ve kapsülleme malzemesi
Polietilen	Dış ortamda neme karşı iyi direnç, esneklik, zayıf mekaniksel kuvvet ve üstün kimyasal direnç	Kap ve kutular, oyuncak, mutfak eşyaları, kaplamalar, boru ve tüp, kablolarda yalıtkan tabakalar ve paketleme ve ambalaj filmi.
Polipropilen	Kokusuz ve şeffaf düşük yoğunluk, iyi ısı direnç, üstün yüzey sertliği, kırılmazlık, üstün kimyasal direnç ve iyi elektriksel özellik.	Levha ve tabakalar, lif boru ve tüp, elektronik alet parçaları, oyuncak, mutfak eşyaları, tıbbi malzeme(steril edilebilir) ve çeşitli aletler
Polivinilklorür	Üstün fiziksel ve kimyasal özellik, işleme kolaylığı, nispeten düşük fiyat diğer polimerlerle iyi uyum ve üstün kimyasal direnç.	Boru ve tüp, yapıştırıcı, inşaat malzemesi, atık su deposu, su tesisat malzemesi ve yağmurluk
Polistiren	UV ışınlarına direnç, iyi gerilme direnci, düşük fiyat ve işleme kolaylığı, asit alkali ve tuzlara karşı üstün direnç	Izolasyon malzemesi, ince cidarlı kaplar, soğutma kuleleri, boru köpük, kauçuk, çeşitli aletler, otomobil parçaları ve paneller.
Selülozik	Dış ortamda dayanıklılık, yüzey parlaklığı, düşük ısı iletkenlik ve yüksek dielektrik özelliği	Tekstil ve kağıt endüstrisi, manyetik bant, paketleme ve ambalaj malzemesi, kalınlaştırıcı, boru ve tüp
Akrilik	UV ışınlarına direnç, kristal parlaklığı, orta derecede kimyasal direnç, iyi vurma ve gerilme direnci asit ve alkali tuzlara karşı üstün direnç	Lens, elastomer, dekoratif yapısal paneller, aydınlatma sistemleri, pencere ve gölgelik, tabela reklam panosu ve yapıştırıcı

BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Deneysel Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Bu çalışmada alev sprey 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 optimizasyon amacıyla üretilen kaplamalara ASTM B-117 [29] 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 kaplama numunelerinin aşınma performansları belirlenmiştir.

5.2. Polimer Kaplamaların Üretimi için Kullanılan Cihaz ve Malzemeler

Alev sprey yöntemi ile polimer esaslı kaplamaların üretimi değişik aşamalarda gerçekleştirilir. Birinci aşamada seçilen altlık malzemesinin yüzeyi temizlenir ve iyi bir yapışma elde etmek amacıyla altlık yüzeyi pürüzlendirilir. Daha sonra uygun toz boyutuna sahip olan tozlar nemi alındıktan sonra cihaza yüklenir ve son aşamada kaplama işlemi gerçekleştirilir.

5.2.1. Basınçlı kumlama makinası

Kaplama işlemine geçmeden önce ön hazırlık dediğimiz işlemler gerçekleştirilir. Kaplama tabakasının özelliklerine etki eden parametrelerden biri de

yüzey hazırlama işlemidir. Altlık-kaplama arasında güçlü bir bağlanma, yüzey üzerindeki nem, yağ ve oksit filmlerinin kaldırılması ve uygun bir yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesiyle sağlanabilir. Termal sprey kaplamalarında, altlık ile kaplama arasındaki bağlanma türü mekanik olduğu için, yapışma mukavemetini artırmak amacıyla kaplama öncesi altlık yüzeyinin pürüzlendirilmesi önemli bir işlemdir.



Şekil 5.1. Altlık malzemesinin kumlanması için kullanılan SAPI marka basınçlı kumlama makinesi.

Kaplamaların yüzey pürüzlendirilmesi kumlama ile yapılmaktadır. Kumlama işlemi 30–36 gritlik alümina toz kullanılarak yapılmıştır. Maksimum yüzey pürüzlülüğü kumlama tabancasının, numune yüzeyine 90°'lik bir açı ile tutulmasıyla elde edilir. Kumlamada kullanılan hava basıncı 8 bar olarak seçilmiştir.

5.2.2.Kaplama tozlarının kurutulmasında kullanılan etüv

Öğütme ve karıştırma işleminde bünyede bulunan nemin uzaklaştırılması için Ecocell marka kurutma fırını (Şekil 5.2.) kullanılmıştır. Etüve konulan tozlardaki nemin alınması için uygun ortam olarak yaklaşık 30-40 °C sıcaklıkta 1 saat süreyle numuneler etüv içerisinde bekletilmiştir.



Şekil 5.2. Toz bünyesinde nemi uzaklaştırmak için kullanılan EcoCell marka kurutma fırını (etüv).

5.2.3. Lazerle toz partikül boyut ölçme cihazı

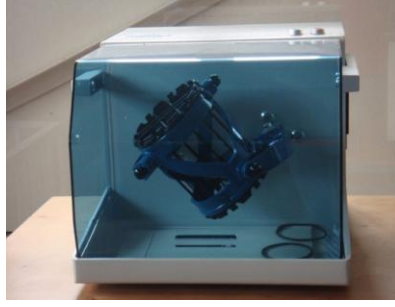
Alev sprey kaplama işleminde, uygulamaya etki eden önemli faktörlerden bir tanesi de başlangıç toz partikül boyutudur. Kullanılan başlangıç EVA tozunun partikül boyut dağılımını belirlemek amacıyla 3 yönden lazerle toz partikül boyutlarını ölçen Microtrac S3500 marka lazerle toz partikül boyut ölçme cihazı (Şekil 5.3.) kullanılmıştır.



Şekil 5.3. Toz partikül boyut ölçümünde kullanılan Microtrac S3500 marka lazerle partikül boyut ölçme cihazı.

5.2.4. Üç eksenli karıştırıcı

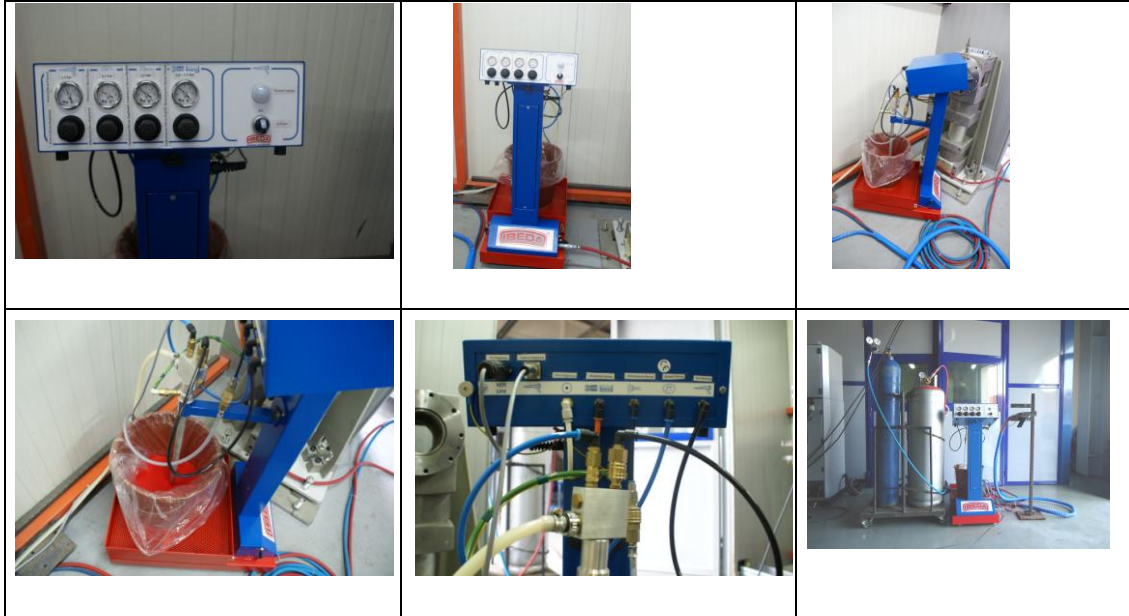
Toz üretimi esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli etkenlerden birisi homojen karışımın sağlanmasıdır. Bu tez çalışmasında plastik tozlarla diğer tozların homojen bir şekilde karıştırılmasını sağlamak amacıyla TURBULA marka üç eksenli karıştırıcı (Şekil 5.4) kullanılmıştır.

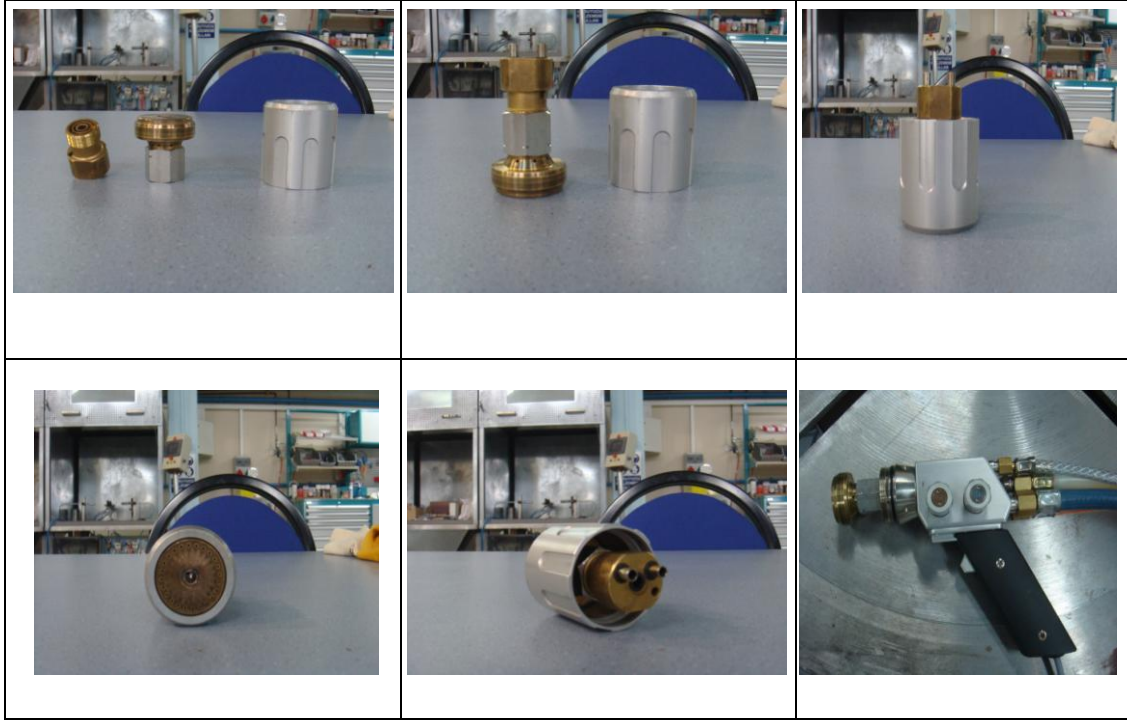


Şekil 5.4. Tozların karıştırılmasında kullanılan TURBULA marka üç eksenli karıştırıcı.

5.2.5. Alev sprej kaplama cihazı

Polimer kaplamaların üretimi için IBEDA firmasının F311 FX-S modeli polimer alev sprej sistemi kullanılmıştır. Sistemin ağırlığı yaklaşık olarak 30kg olup propan, oksijen ve basınçlı hava ile çalışmaktadır. Sistem $-200+80\mu\text{m}$ boyutundaki polimer tozları ile çalışmakta olup saatte 8-10kg kaplama kapasitesine sahiptir. Manuel ateşlemeye sahip olan bu sistemin en büyük avantaj mobil olmasıdır. Kaplama sistemi Şekil 5.5' de gösterilmektedir.





Şekil 5.5. Kaplama uygulamalarında kullanılan IBEDA F311 FX-S alev sprey sistemi

5.2.5.1. Alev sprey kaplama tabancası kullanımı

.Cihazın çalıştırılabilmesi için elektrik bağlantısı yapılır. Cihazın sağ alt tarafında bulunan kompresör havası girişi yapılarak basınç değeri 3.0 bara ayarlanır. Yanıcı gazlar olan oksijen ve propan tüplerinin doluluk oranına bakılarak oksijenin 3.0 barda ve propanın 1.5 barda olup olmadığı kontrol edilir. Eğer regülatör değerleri bu basınç değerlerinden büyük veya küçük ise tabanca ağzında bulunan oksijen ve prapan açma-kapama anahtarından ve tüp üzerinde bulunan vanalardan bu değerler ayarlanır. Aç-kapat butonundan cihaz çalıştırılır. Cihaz üzerinde bulunan akışkanlaştırıcı havanın (tozun üzerinden bulunduğu tablanın vibrasyonel basıncı) 1.0 barda, atomizasyon havasının (tabancadan çıkan alevin püskürtmedeki basıncı) 1.0 barda, düzenleyici havanın (toz kabı içerisine giren havanın) 0.5 barda, kontrol havasının (tabancanın ucundan çıkan toz besleme basıncının) 1.8 barda olup olmadığı kontrol edilir. Bu değerlerin tabancadan gazın verilmesi esnasında değil toz beslemesinin yapıldığı esnada olması gerekir. Gerekli basınç değerleri okunduktan sonra kaplama işlemi gerçekleştirilir. Tablo 5.1' de kaplama cihazı çalışma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1.Kaplama cihazı çalışma değerleri

Kaplama cihazı çalışma koşulları	Basınçları
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

5.3. Kaplama Sonrası Üretilen Numunenin Karakterizasyonu İçin Kullanılan Cihazlar

5.3.1. Kesme cihazı

Alev sprey kaplama uygulaması ile üretilen kaplamaların metalografik olarak hazırlanması için ilk aşamada kesme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem kesme işleminde oluşabilecek çatlakların engellenmesi için elmas diske sahip ve çok düşük hızlarda (min. 0.005 mm/sn) kesme işlemi yapabilen Struers marka kesme cihazı (Şekil 5.6.) ile yapılmıştır.



Şekil 5.6. Struers marka kesme cihazı

5.3.2. Numunelerin kalıplanması için bakalite alma cihazı

Kesme işleminden sonra metalografik olarak incelemek istediğimiz parçanın soğuk olarak bakalite alınması işlemi uygulanmıştır. Bu işlem vakum altında olup, Epofix marka reçine ve sertleştirici kullanılarak Struers Evopac marka vakum alma cihazı (Şekil 5.7) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma prensibine bağlı olarak cihaz yaklaşık 100-200 mbar basınç altında çalışmaktadır.



Şekil 5.7. Soğuk bakalite alma işleminin gerçekleştirildiği Struers Evopac marka vakum alma cihazı

5.3.3. Zımparalama ve parlatma cihazı

Soğuk bakalite alma işleminden sonra optik incelemelerin yapılabilmesi için zımparalama ve parlatma işleminin uygulanması gerekmektedir. Bu işlem için Struers TegraPol-21 marka otomatik zımparalama ve parlatma cihazı (Şekil 5.8.) kullanılmıştır. Cihaz çalışma prensibinde ise her numune için bu değerler farklı olup zımparalama işleminde kullanılan elmas veya SiC zımparaların dönme hızı yaklaşık 300 rpm, uygulanan kuvvet 35 N, dönme yönü zımpara diski ile aynı yönde olup zımpara sırasında uygun miktarda su kullanılıp uygun sürelerde zımparalama tamamlanmaktadır. Parlatma işleminde ise kullanılan parlatma cuhalarının dönme hızı 150 rpm olup kuvvet aynı kalmakla beraber zımparalama işleminde kullanılan suyun haricinde pürüzlülüğün alınması ve net bir görüntünün sağlanması için solüsyonlar kullanılmaktadır.



Şekil 5.8. Zımparalama ve parlatma işleminin yapıldığı Struers TegraPol-21 marka otomatik zımparalama ve parlatma cihazı

5.3.4. Optik mikroskop

Metalografik işlemlerin en son aşamasında ise optik mikroskop incelemeleri yapılmıştır. Bu işlemler ise ZEIS marka optik ve stereo mikroskoplar (Şekil 5.9.) kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 5.9. ZEIS marka optik mikroskop

5.3.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Başlangıçtaki kullanılan ve üretilen tozların morfolojilerini görebilmek için ayrıca üretilen kaplamaların kesitlerinden görüntü alabilmek ve EDS analizlerini yapabilmek için TESCAN marka SEM cihazı (Şekil 5.11.) kullanılmıştır.



Şekil 5.10. TESCAN marka taramalı elektron mikroskobu (SEM).

5.3.6. Kaplama sertliklerinin ölçülmesi için Shore-A sertlik cihazı

Üretilen kaplamaların sertlikleri Shore-A sertlik ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Digital ve mekanik olmak üzere iki çeşit sertlik ölçme cihazları bulunmaktadır. Elastomer grubuna dahil olan EVA polimeri için Shore-A sertlik ölçüm skalası kullanılmaktadır.



Şekil 5.11. Sertlik ölçüm cihazları

5.3.8. Tuz püskürtme kabini

Üretilen kaplamaların deniz ortamındaki dayanıklılığının hesaplanması için ASTM B-117 standartlarına [30] uygun koşullarda deniz suyu çözeltisi hazırlanmıştır.

DCTC 600P marka tuz püskürtme kabini kullanılarak korozyon testi yapılmıştır. Kullanılan cihazın görüntüleri Şekil 5.13-5.15’de verilmiştir.



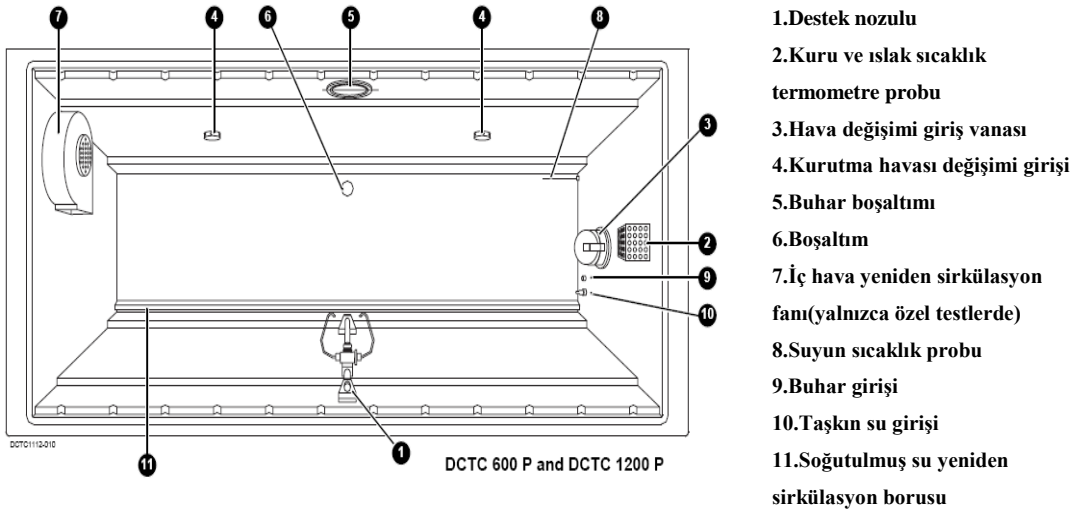
1. Test odası kapağı
- 2.Tuz solüsyonu tankı
- 3.Solüsyon seviye göstergesi
- 4.Kontrol paneli
- 5.Ana şalter
- 6.Tuz solüsyonu debimetresi
- 7.Ayarlanabilir ayaklar
- 8.Elektrik kontrol panosu
- 9.Test odası

Şekil 5.12. Tuz püskürtme test kabini önden görünümü [35]



- 10.Ana güç kablosu
- 11.Makine odasının havalandırma ızgarası
- 12.Test odası deliği
- 13.Buhar boşaltımı
- 14.Yoğunlaşmış drenaj
- 15.Mikro PLC odası
- 16.Tuz solüsyonu tank kapağı
- 17.Basınçlı hava girişi
- 18.Demineralize su girişi
- 20.Tank solüsyonu boşaltımı

Şekil 5.13. Tuz püskürtme test kabini arkadan görünümü [35]



Şekil 5.14. Tuz püskürtme test odası içten görünümü [35]

5.3.9. Isıl işlem uygulaması test düzeneği

Alev sprej yöntemi kullanılarak EVA polimer tozuna takviye partikülleri ilave edilerek üretilen kaplamalara alttan ısıtılmalı tabla üzerinde oda sıcaklığında 100 °C' de 30 dakika süre ile ısıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.15. ' de test düzeneği gösterilmiştir.



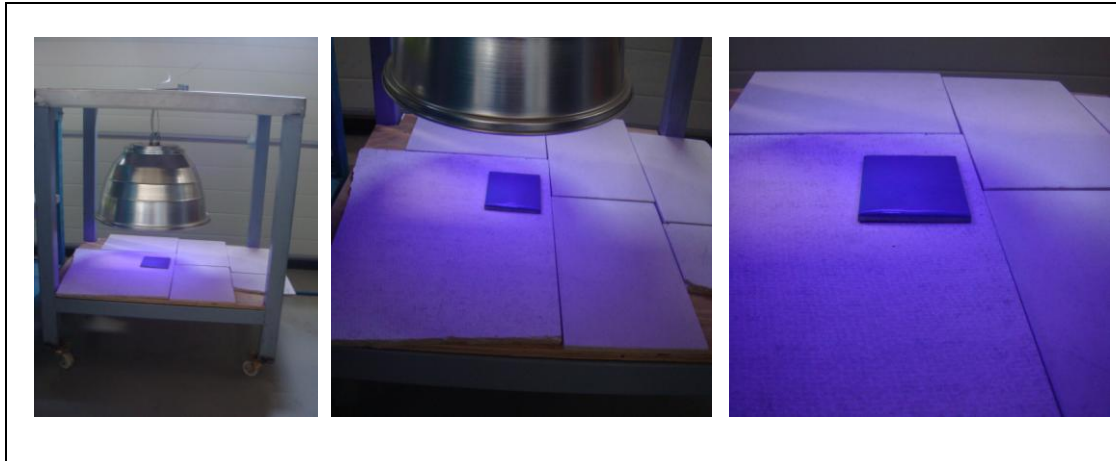
Şekil 5.15. Döner tablalı ısıtıcı

5.3.10. Ultraviyole yaşlandırma test düzeneği

Optimum şartlarda üretilen EVA kaplamalarına ultraviyole (UV) yaşlandırma testi 800 saat ve 1600 saat olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında oluşturulan test düzeneği Şekil 5.1.6.'da ve test parametreleri ise Tablo 5.2.'de verilmiştir [31].

Tablo 5.2. Ultraviyole test parametreleri[31]

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

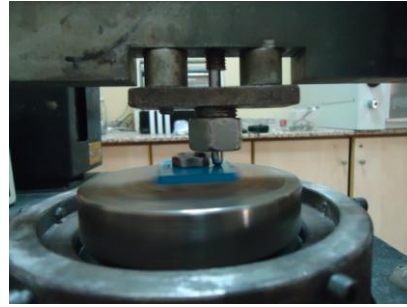


Şekil 5.16. Ultraviyole yaşlandırma test düzeneği

5.3.11. Aşınma deneyi test düzeneği

Alev sprej yöntemi kullanılarak EVA tozu içerisine partikül tozları ilave edilerek üretilen kaplamalara özel olarak hazırlanan "pin on disk" aşınma cihazında 8620 nitrasyon çeliğinden 6mm ' lik aşınma numunesi tornada işlenerek üretilmiştir. Cihaz dakikada yaklaşık 113 devir, süre olarak 8 dakika sürede aşınma için uygulanan yükün ise 10 N seçilmesiyle 0,15 m/sn' lik sabit hızla aşınma deneyi gerçekleştirilmiştir.

Döner tabla üzerine ortası delinerek bağlanan numune orta kısımdan vidayla sabitlenmiştir. Aşındırıcı numunenin cihaza bağlanmasıyla gerekli olan set ayarları girilerek aşınma işlemi başlatılmıştır. Aşınma öncesi ve sonrası ağırlıklar 1×10^{-4} hassasiyetine sahip terazide tartılarak ağırlık kaybının hesaplanması yapılmıştır. Deney sonrası alınan toplam yol 73.76 metre olarak hesaplanmıştır. Şekil. 5.17.' de ise bu deneyin test düzeneği gösterilmiştir [32].



Şekil 5.17. Aşınma deneyi test düzeneği

5.3.12. Mazot, benzin, motor yağı ve saf alkol banyoları test ortamları

Termal püskürtme sistemlerinde polimer kaplamaların önemi korozyona karşı koruma da giderek arttırıldı. Alev sprey yöntemiyle yapılan kaplamaların performans testleri her alanda denenmek için geliştirildi. Yapılan çalışma örneklerinden de anlaşılacağı üzere çeşitli kaplama tozları kullanılarak kaplamalar üretildi ve testler yapıldı. Örnek bir çalışmaya baktığımızda ise polietilen tereftalat (PET) tozları düşük hız ile 1020 çelik üzerine alev sprey püskürtme teknolojisi ile kaplaması gerçekleştirilmiştir. Farklı plastik esaslı kaplama tozları kullanılarak yapılan çalışmalarda bu standartlara uygun olarak performans testleri gerçekleştirilebilir. Bu kaplama tozu günümüzde kalay kaplı çelik üzerine kaplanarak otomobil yakıt tanklarında kullanılmaktadır. Kurşun-kalay kaplama tarafından sunulan özellikler iyi olmasına rağmen, çevresel maliyet kısıtlamalarının ve ağır metallerin sınırlı olmaları onların yerine yeni malzemelerin araştırmasına teşvik etmiştir. Kaplama parametreleri olarak ön ısıtma sıcaklığı, oksijen-propan debi oranı ve sprey mesafeleri tespit edilmiştir. Kaplama sırasında PET' in ulaştığı sıcaklık kaplamanın belirgin özelliklerinin ve kaplama özelliklerinin etkilediği gözlenmiştir. PET' te

termal sprej işlemine bağılı olarak yapısındaki kimyasal değişiklikler Fourier tarafından incelenmiş, spektroskopi diferansiyel taramalı kalorimetre ve akışkanlığı analiz kızılötesi dönüşümü ile tespit edilmiştir. Kaplamanın korozyon direnci benzin, mazot, alkol, yağ solüsyonlarında kısmi daldırma ile test işlemleri gerçekleştirilmiştir [33].EVA' nın özellikleri molekül ağırlığına, molekül yapısı, kristalliğine ve impürütelerin varlığına bağılı olarak değişir.

Bu tür uygulamaların sonuçlarında benzin, mazot, yağ ve alkol uygulamalarında herhangi bir değişim rastlanmamıştır. Elde edilen olumsuz sonuç ise bazı kaplamalarda renk solması ve altlık malzemelerden ayrılma görülmüştür.Polimerlerin geçirgenlik özelliklerinden dolayı içerisine nüfus eden banyo sıvıları renk pigmentlerinin deforme olmasına ve kaplama renginde değişime uğramasına neden olmuştur[34].

Banyo testlerinin uygulanma nedeni başlangıcında kurşun kalay kaplı araba yakıt tanklarında kullanılan bu malzemeye alternatif yöntem üretmek amacıyla kullanılmıştır. Kurşun kalay kaplamalar yerine alev sprej yöntemiyle üretilen polimerik kaplamalar kullanılmaya başlanmıştır[34].

Alev sprej yöntemiyle üretilen kaplamaların banyo ortamlarındaki dayanımlarının ölçülmesi için sızdırmaz plastik kaplar içerisinde tamamen daldırılmış olan numuneler Şekil 5.18.'deki gibi hazırlanmıştır.



Şekil 5.18.Banyo testi için hazırlanmış test ortamları

BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR

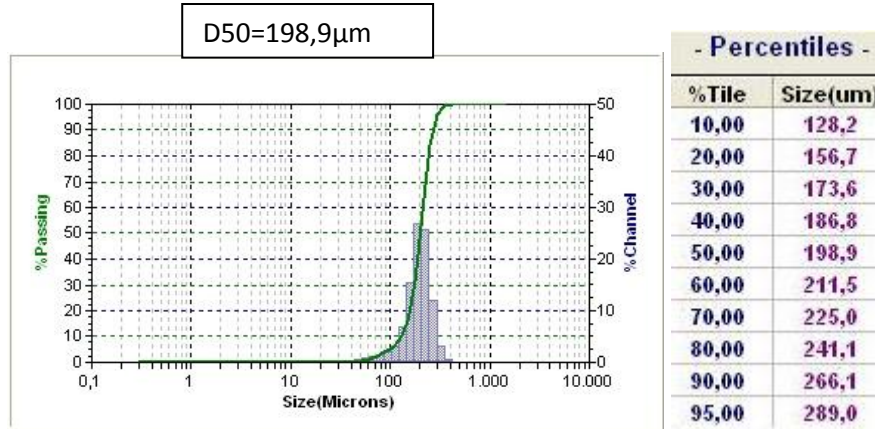
6.1. Giriş

Kaplama işlemleri, Sakarya Üniversitesi Termal Sprey Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında manuel olarak yapılmıştır. Polimer kaplamaların üretimi için IBEDA firmasının F311 FX-S modelli polimer alev sprej sistemi kullanılmıştır. Polimer tozu özellikleri önceki bölümlerde geniş olarak açıklanmasına rağmen deneyde kullandığımız tozun morfolojisi aşağıdaki bölümlerde verilecektir. Literatür taraması sonucunda ve IBEDA firmasının yayınladığı kataloga göre kaplama mesafesinin 20-30 cm, numune yüzeyine verilecek eğimin ise 30° olduğu görülmüştür ve kaplamalar bu mesafeye göre üretilmiştir. Kaplama süresi ise 30 sn ile sınırlandırılmıştır. 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 yapılacak olan optimizasyon çalışmaları sonrasında tespit edilmiştir.

6.2. Kaplamada Kullanılan Tozun Morfolojisi

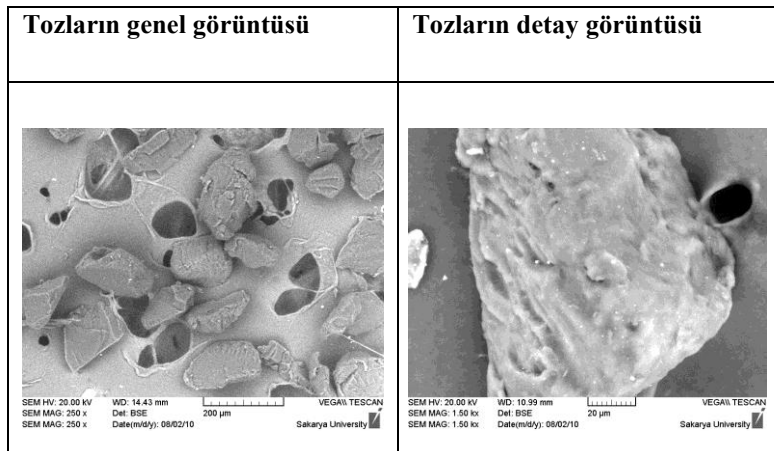
Tablo 6.1. EVA' nın özellikleri[28]

Görünüm	yağlıdır, zerrecikler veya tozlar beyaz granül yapıdadır	Erime noktası	167-216 °F 72-102 °C
Fiziksel durum	Katı	Buhar basıncı	Uygulanamaz
Koku	Karakteristik mumlu koku	Buhar yoğunluğu	Mevcut değil
Yoğunluk	0.92-0.93	Buharlaşma hızı	Belirlenmemiştir
Suda çözünürlük	İhmal edilebilir	% uçuculuk	Belirlenmemiştir
pH	Uygulanamaz	Kaynama noktası	Belirlenmemiştir



Şekil 6.1.EVA tozunun toz boyutu ölçüm sonuçları

Kaplama tozu olarak iyi özelliklere sahip olması ve kolay bulunabilmesi nedeniyle EVA kopolimeri seçildi. EVA kopolimer tozlarına ait SEM görüntüsü Şekil 6.2.' de gösterilmiştir. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi ortalama toz boyutu 198.9 µm olarak belirlenmiştir. SEM sonuçlarında ise çeşitli boyutlara sahip olan tozun belirli bir şekilsel yapıya sahip olmadığı küresel ve değişik şekillerde olduğu görülmüştür.



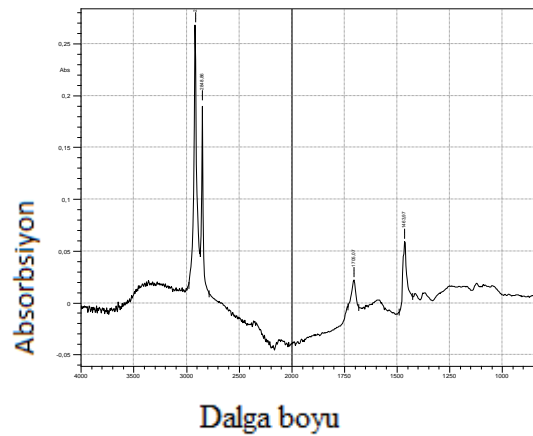
Şekil 6.2. EVA polimer tozunun SEM görüntüleri

INFRARED (IR) SPEKTROMETRESİ ANALİZLERİ ;

- Moleküllerin IR ışığını (0,78 – 1000 µm dalga boylu veya 12800 – 10 cm⁻¹ dalga sayılı) absorpsiyonuyla titreşim ve dönme enerji seviyelerine uyarılmalarının ölçümüne dayanır.

- Uzak IR bölgesi metal ametal bağlarını içerdiği için özellikle anorganik bileşiklerin (Koordinasyon Bileşikleri) yapılarının aydınlatılması açısından önemlidir.

EVA kopolimerinin kaplama sonrasında alınan IR analizlerinde karbonil piki dediğimiz O=C bağları yaklaşık olarak 1705 1/cm' de görülmektedir. Alifatik grup dediğimiz CH₃ yapı ise kaplamada 2900 1/cm' de görülmektedir. Eterik yapı dediğimiz bağ yapısı yani C-O-C bağ yapısı 1464 1/cm' de pik vermektedir. Yapılan kaplamada EVA kopolimerine ait nominal bağ yapıları kaplama sonrasında da değişmeden kaldığı tespit edildi.



Şekil 6.3. EVA kopolimerine ait IR eğrileri

IR analizleri fonksiyonel grup analizleridir. EVA kaplamalarındaki fonksiyonel gruplar alifatik, eterik ve karbonil gruplardır. INFRARED ışınları malzeme yüzeyine cihaz vasıtasıyla gönderilir. Gönderilen ışınlar belirli frekanslarla malzemeye iletilir. Malzeme içerisindeki fonksiyonel gruplara yönelen ışınlar frekanslarla titreşim oluşturur. Bağlar arasındaki titreşimler belirli miktarda enerji yayarlar. Bu enerjiler ise belirli dalga boylarında belirir. Fonksiyonel grupların yaydıkları enerjiler sonucunda belirlenen dalga boyları hangi fonksiyonel gruplara ait olduklarını belirlenmesini sağlar.

6.3. Kaplamaların Üretimi

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

Hidrokarbonlu bir gazın oksijen ile yakılmasında elde edilen alev 3 farklı stokiyoimetriden 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 6.2.' de verilen farklı yanma gazı/yakıcı gaz oranlarında üretilmiştir (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Farklı oksijen /propan oranlarına bağlı üretilen kaplamalar ve özellikleri






Numune	O_2/C_3H_8	Kaplama Kalınlığı (μm)	Sertlik Shore A	Yüzey Görünümü
Numune-1	2:1	1010	90,5	Yüzey pürüzlü
Numune-2	3:1	1200	91,6	Yüzey görünümü makroskobik olarak iyi
Numune-3	4:1	600	90,0	
Numune-4	3:2	600	93,1	
Numune-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. Ayrıca üretilen numuneler diğer analizlerde (optik mikroskop incelemelerinde) kullanılmıştır. Üretilen numunelerin üst yüzey fotoğrafları Şekil 6.4.' de verilmiştir. Kaplamalarda propan/oksijen gaz oranına bağlı olarak üretilen kaplamaların yüzey kalitesi ve renk özelliklerinin değiştiği tespit edilmiştir.

Kullanılan bu parametrelerde ;

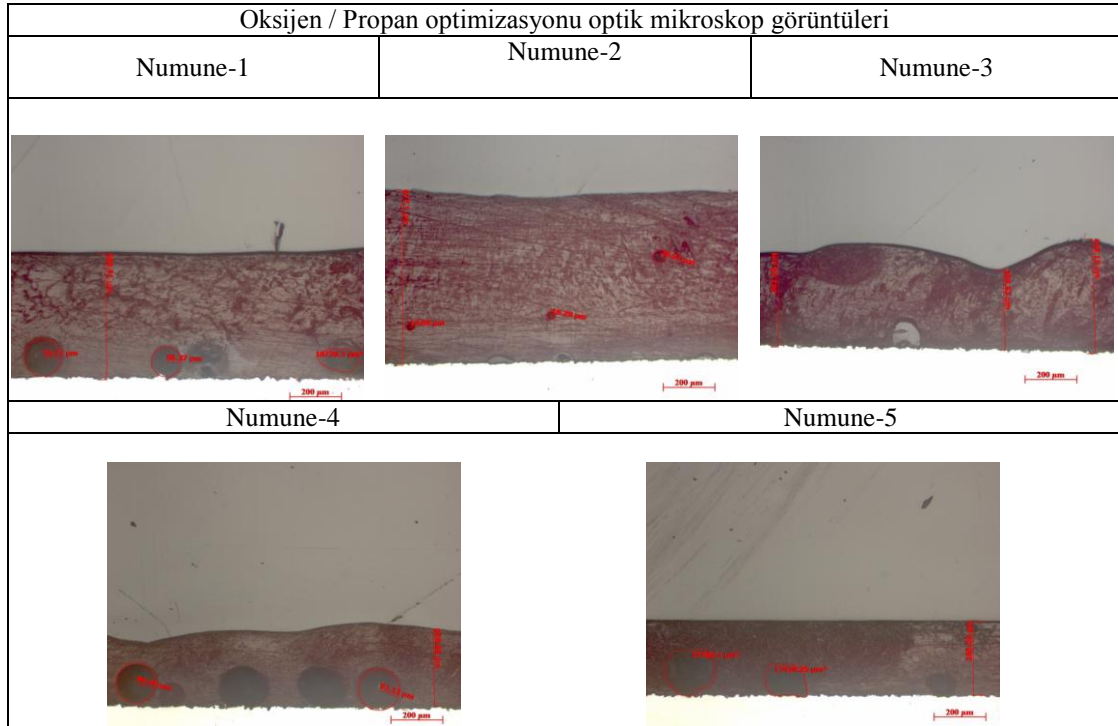
- Gaz oranları kaplamada kullanılan tozun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olur.

- Düşük oranda gönderilen gaz debisi tozların tam olarak ergimesine yardımcı olmaz yüzeyde süngerimsi bir yapının oluşmasına neden olur.
- Gaz debisinin yüksek olması tozların kaplama esnasında yarı ergiyik halde değil tam ergimiş veya buharlaşmış halde olmasına neden olur.

Oksijen / Propan Optimizasyonu		
Numune-1 Düşük yüzey kalitesi	Numune-2 İyi yüzey kalitesi	Numune-3 İyi yüzey kalitesi
		
Oksijen / Propan Optimizasyonu		
Numune-4 İyi yüzey kalitesi	Numune-5 Yanmadan kaynaklı sararma	
		

Şekil 6.4. Oksijen / propan oranı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri

Oksijen / Propan oranına göre üretilen optimizasyon numuneleri için, optik mikroskop ile 500 büyütmede görüntüleri alınıp kaplama kalınlıkları ve kaplamadaki boşluk büyüklükleri ölçülmüştür. Optik mikroskop ile elde edilen görüntüler Şekil 6.5' de verilmiştir.



Şekil 6.5. Optimum Oksijen/Propan gaz (O_2/C_3H_8) oranına göre üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri

Optik mikroyapı resimlerinde N2 kodlu numune hariç diğerlerinin tabaka-altlık ara yüzeyinde büyük boşlukların varlığı açıkça görülmektedir. N2 kodlu numunede ise boşluk miktarı daha azdır. N2 kodlu numunenin oksijen/propan oranı 3:1 olarak seçilmiş olup en iyi kaplama kalitesini (porozitesiz ve homojen kalınlıkta) sağlamıştır.

6.3.2. Optimum Altlık Sıcaklığının Belirlenmesi

Literatürde, alev sprej yöntemi ile üretilen polimer esaslı kaplamalarda en önemli parametrenin altlık sıcaklığı olduğu ifade edilmiştir. Daha önce belirlenen oksijen/propan gaz oranı (3:1) sabit tutularak, kaplanan numunelerin ön altlık sıcaklığı 50, 100, 150 ve 200°C olarak değiştirilmiştir. Sıcaklığa bağlı olarak yapılan kaplamaların kalınlık, sertlik ve yüzeyin görsel kalitesi yönünden belirlenen özellikleri Tablo 6.3' de özetlenmiştir.

Tablo 6.3. Altlık sıcaklığına bağlı özellikler

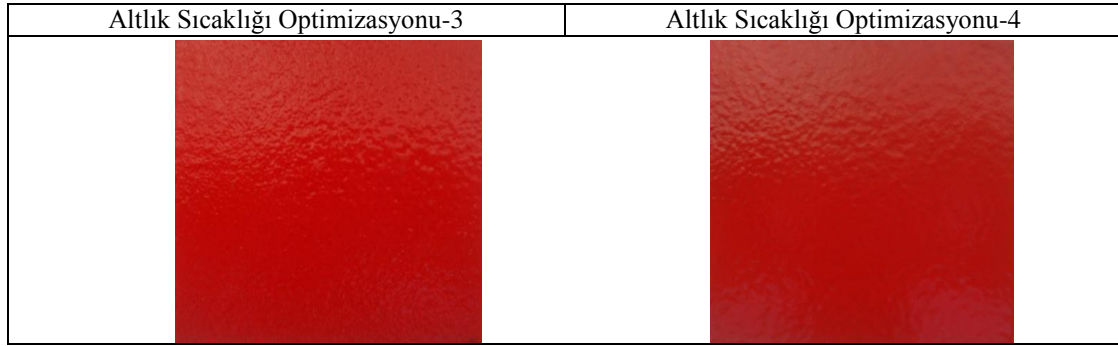
Numune	O ₂ / C ₃ H ₈	Altlık Sıcaklığı (°C)	Tabaka Kalınlığı (µm)	Sertlik Shore A	Yüzey Görünümü
A.S.O-1	3:1	50	600	93,8	Pürüzlü
A.S.O-2		100	720	94,5	İyi
A.S.O-3		150	630	94,3	İyi
A.S.O-4		200	590	93,5	Renk değişimi gözlendi

Altlığın sıcaklığına bağlı olarak üretilen numunelerin makro yüzey görüntüleri Şekil 6.6.' da görülmektedir. İnceleme sonucunda; A.S.O-1 nolu numune yüzeyinin çok pürüzlü olduğu, A.S.O-2 ve ASO-3 nolu numunelerde ise olumsuz olarak kabul edilebilecek bir durum olmadığı, A.S.O-4 nolu numune de ise altlık sıcaklığının çok yüksek olmasından dolayı polimer kaplamasının muhtemelen yanma nedeniyle renginin değiştiği gözlenmiştir. Numunelerin Shore A' ya göre belirlenen sertlik değerleri birbirine yakın olup herhangi bir fark gözlenmemiştir.

Kullanılan bu parametrelerde;

- 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.

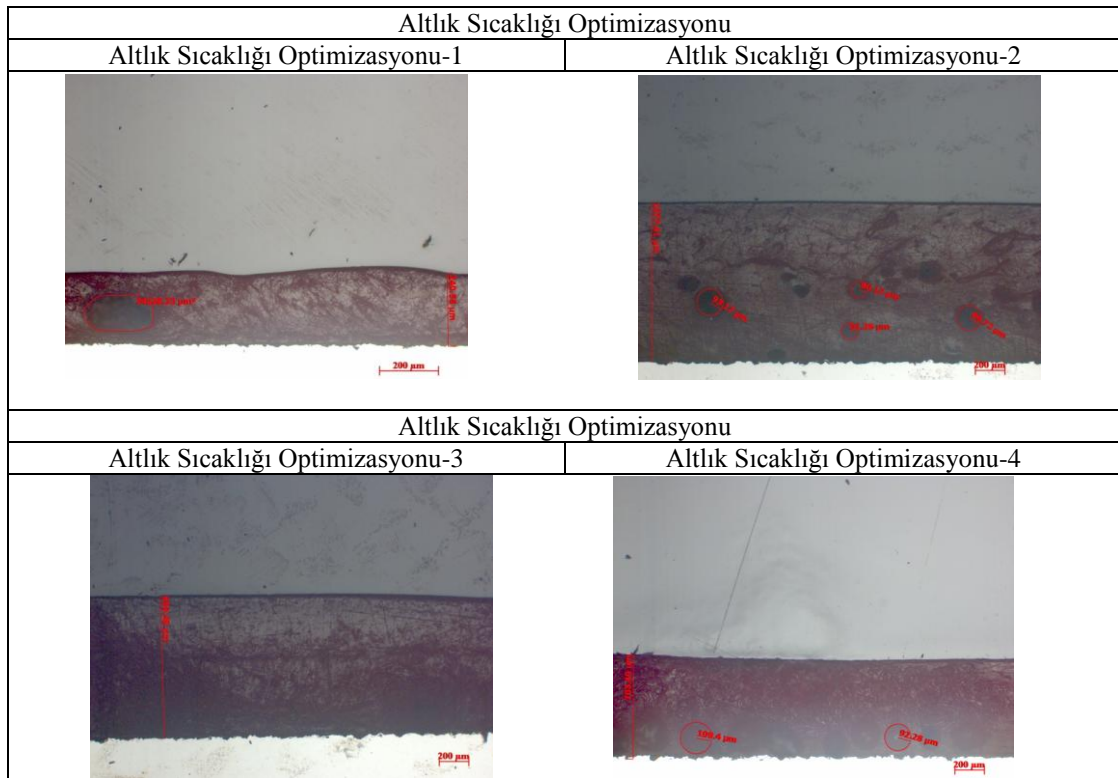
Altlık Sıcaklığı Optimizasyonu	
Altlık Sıcaklığı Optimizasyonu-1	Altlık Sıcaklığı Optimizasyonu-2
	



Şekil 6.6. Altık sıcaklığı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri

Altık sıcaklığının mikroyapı özelliklerine olan etkisinin belirlenmesiyle yapılan mikroyapı görüntüleri Şekil 6.5’ de verilmiştir. Mikroyapı incelemelerinde benzer şekilde porozite, tabaka kalınlığının değişimi gibi kriterler göz önüne alınmıştır.

Altık sıcaklığı optimizasyonu için üretilen numuneler, optik mikroskop ile görüntüleri alınıp kaplama kalınlıkları ve kaplamadaki boşluk büyüklükleri ölçülmüştür. Optik mikroskop ile elde edilen kaplama görüntüleri Şekil 6.7’ de verilmiştir.



Şekil 6.7. Altık sıcaklığı optimizasyonu için üretilmiş numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri

Optik resimlerine göre; AS1 ve AS2’de çok sayıda boşluk olduğu görülmüştür (Şekil 6.7). A.S.O-4’de polimer kaplama ile altlık malzemenin birleştiği yüzeyde büyük boyutta boşlukları bulunmaktadır. A.S.O-3 kodlu numunenin metalografik incelemesinde kaplama kalınlığının üniform olması ve yapıda az miktarda boşluk bulunması nedeniyle optimum altlık sıcaklığının 150°C olarak seçilmesinin uygun olduğu görülmüştür.

6.3.3. Optimum Toz Besleme Basıncının Belirlenmesi

Gaz oranları ve altlık sıcaklığı optimizasyon çalışmasında belirlenen optimum parametreler baz alınarak (oksijen/propan oranı 3:1 ve altlık sıcaklığı 150°C), toz besleme basıncını optimize etmek için 1,5-1,8-2,0 bar taşıyıcı toz basıncı kullanılarak kaplamalar üretilmiştir. Kaplamaların özellikleri Tablo 6.4’ de özetlenmiştir.

Tablo 6.4. Farklı toz besleme basıncında üretilen kaplamaların özellikleri (TT: taşıyıcı toz basıncı)

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

Toz besleme basıncı optimizasyonu için üretilen numunelerin makro görüntüleri Şekil 6.8’ de verilmiştir. Makro görüntülere göre inceleme yapıldığında TT1 ve TT3’e ait kaplamaların yüzeyinde pürüzlülük gözlenmiş, TT2’de olumsuz bir yapı tespit edilmemiştir.

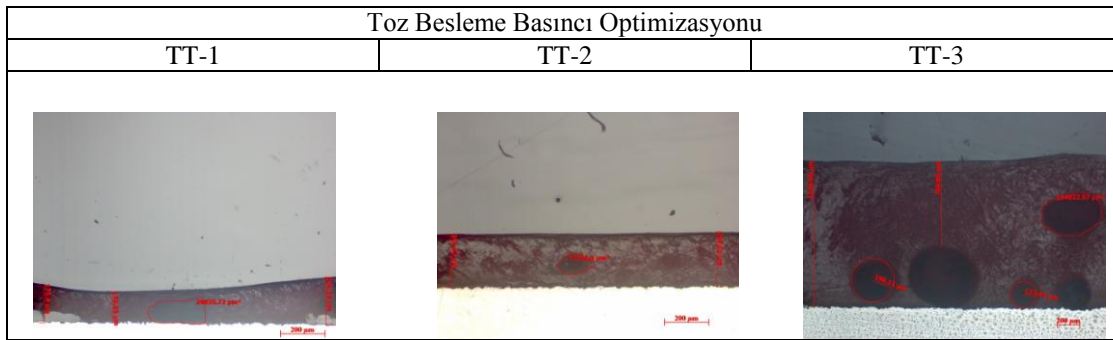
- Kullanılan bu parametrelerde ;
- Toz besleme basıncı üniteden tabancaya gönderilen toz miktarıyla alakalıdır.
- Toz besleme basıncı düşük olursa tabanca ağzına yeteri kadar toz gelmez, yüzeyde pürüzlü ve kaplamanın yanmış bir görüntüsü elde edilir.
- Basınç büyük olursa istenilenden fazla toz gelir ve tozlar alev içerisinde yeteri kadar ergimeden kaplama yüzeyine gönderilir ve kaplama tam olarak

gerçekleşmez, içerisinde fazla miktarda gaz boşluğu ve yüzeyde net bir görüntü elde edemeyiz.



Şekil 6.8. Taşıyıcı toz besleme basıncına göre üretilen numunelerin makro görüntüleri

Toz besleme basıncı optimizasyonu için üretilen numuneler, optik mikroskop ile yapılan mikro yapı incelemesinden elde edilen görüntüler Şekil 6.9' da verilmiştir.



Şekil 6.9. Farklı toz besleme basıncında üretilmiş kaplamaların kesitten alınmış mikro yapı görüntüleri

Optik resimlerine göre; Numune TT1'in toz beslemesi yetersiz kaldığı için kaplama kalınlığı istenilen düzeyde değildir. Numune TT3'de aşırı toz beslenmesinden dolayı, kısmi olarak ergiyen polimer tozlarından çıkan gazların tabaka içerisine hapsoldüğü gözlenmiştir. TT2'de ise kaplama kalınlığının yeterli düzeyde olduğu ve aşırı miktarda boşluk olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan optimizasyon işlemleri sonucunda optimum toz besleme basıncının 1,8 bar olduğu tespit edilmiştir.

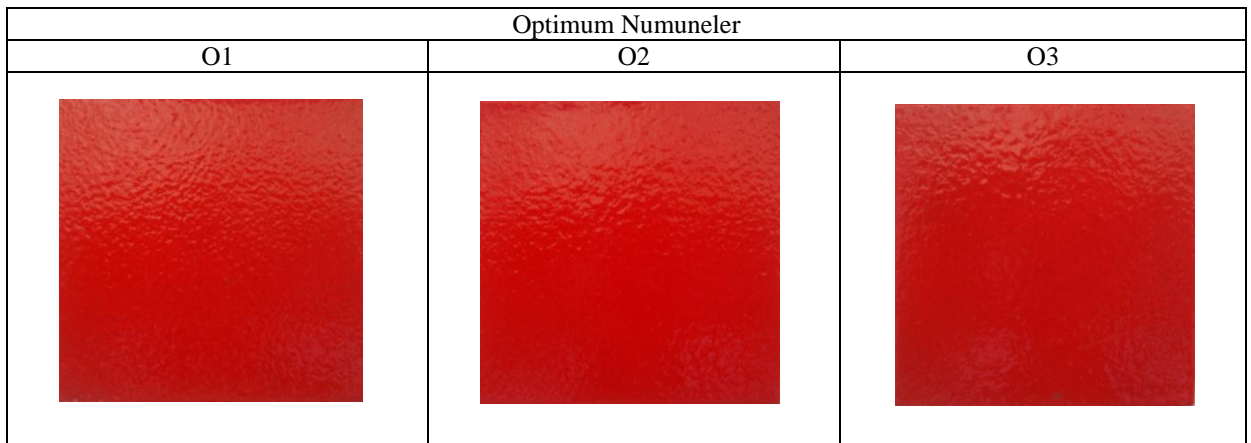
6.3.4. Optimum Numune Üretimi ve Performans Testleri

Belirlenen optimize parametrelerde 3 adet kaplama numunesi üretilmiş ve bu numuneler üzerinde de karakterizasyon çalışması yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Üretilen numunelerin özellikleri Tablo 6.5’ de verilmiştir.

Tablo 6.5. Belirlenen optimum değerlerde üretilen kaplamaların özellikleri

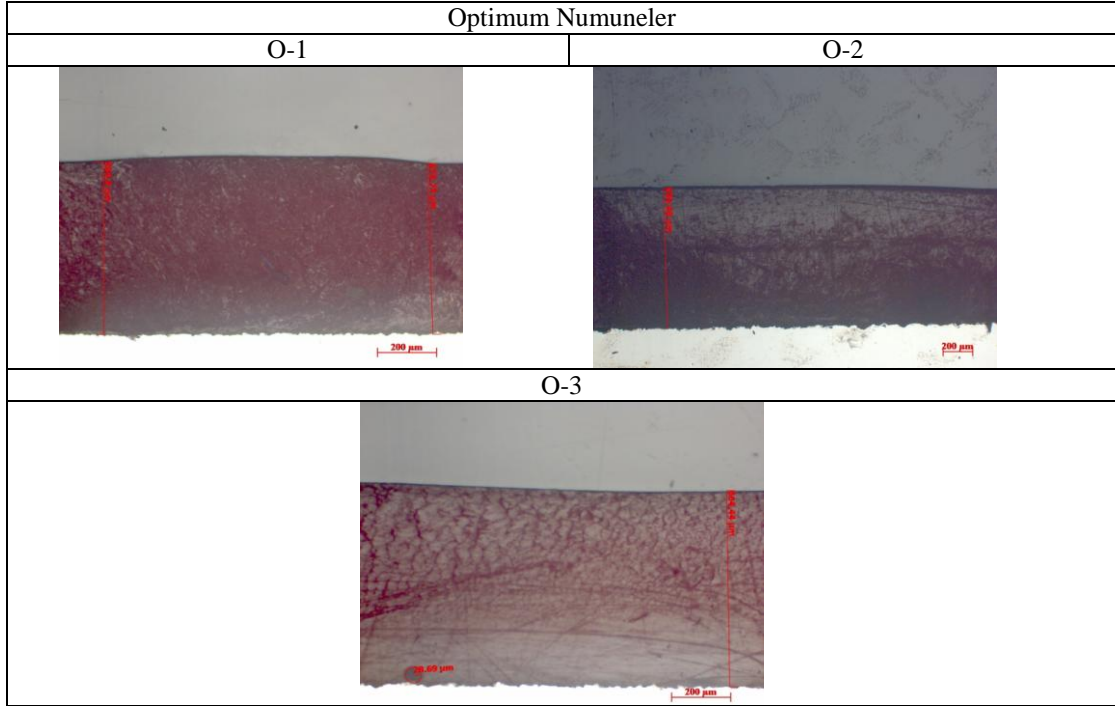
Numune	O ₂ / C ₃ H ₈	Altlık Sıcaklığı	Toz Besleme Basıncı (Bar)	Kaplama Kalınlığı (µm)	Sertlik Shore A	Yüzey Görünümü
O- 1	3:1	150°C	1,8	370	94,8	Uygun, iyi
O- 2				270	95,3	
O- 3				1320	94,5	

Manuel olarak üretilen kaplamaların, optimum özelliklerde üretilmesi amacıyla 3 adet numune üretilmiş ve uygulamanın ve kaplama kalitesinin tekrarlanabilirliği araştırılmıştır. Şekil 6.10’ da üretilen kaplamaların makro yüzey görüntüleri verilmiştir. Makro görüntülere göre inceleme yapıldığında; üretilen numunelerin yüzey kalitesi ve polimer kaplamanın rengi bakımından ve görsel özellikler yönünden benzer olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6.10. Üretilen optimum numunelerin makro görüntüleri

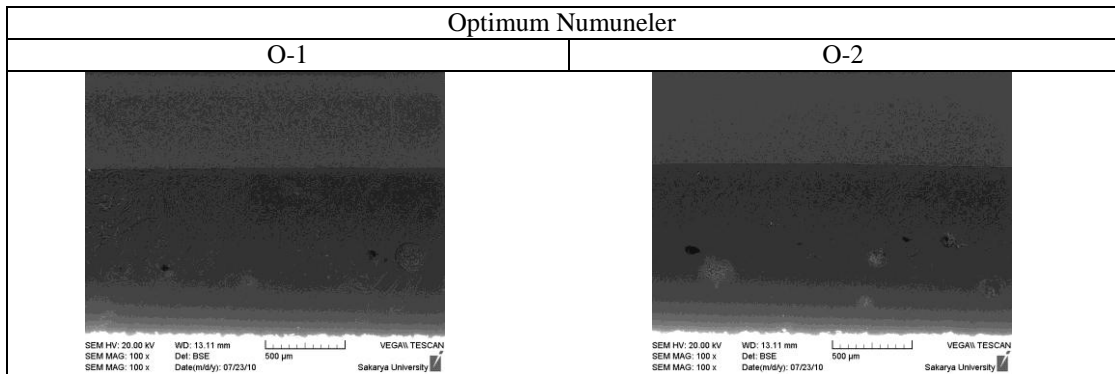
Optimum parametreler kullanılarak üretilen numunelerin optik mikroskop ile yapılan mikroyapı incelemesi ile elde edilen görüntüleri Şekil 6.11’ de verilmiştir.

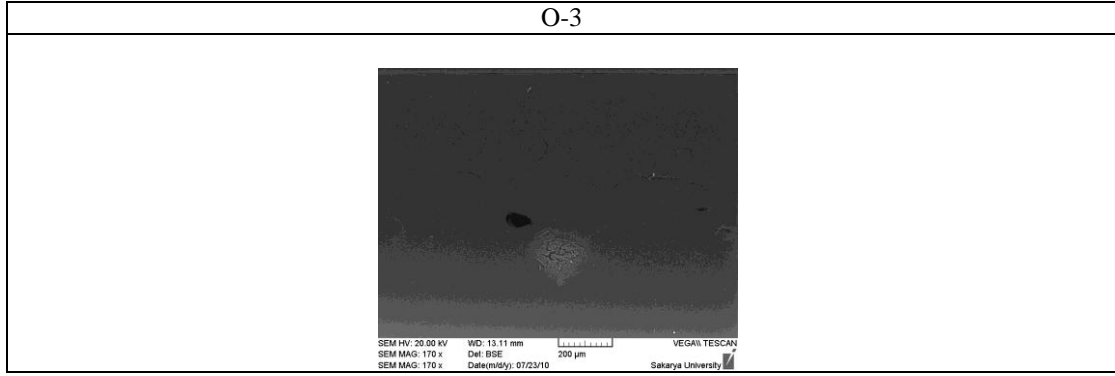


Şekil 6.11. Optimum parametrelerde üretilen numunelerin kesitten alınmış optik mikroskop görüntüleri

Optimum parametrelere göre üretilen numunelerin, optik resim görüntülerine göre kaplama kalınlıklarının iyi olmasına ve yüzeyin düzgün olmasına rağmen azda olsa boşluk içerdiği gözlenmektedir. Bu durum kaplama sisteminin manuel olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Optimum parametrelere göre üretilen numunelerden çeşitli büyüklüklerde SEM görüntüleri alınmıştır. Elde edilen görüntüler Şekil 6.12' de gösterilmiştir.





Şekil 6.12. Üretilen optimum numunelerin SEM görüntüleri

Optimum numunelerden alınan SEM görüntülerine göre, kaplamalarda boşluk ve bir miktar erimemiş tozlar bulunmaktadır. Fakat kaplamaların altlık malzemelerine çok iyi bir şekilde yapışma sağladığı görülmektedir.

6.3.4.1. Tuz püskürtme korozyon testinin uygulanması

Deniz atmosferinde kullanılan çelik malzemeler çok sayıda yöntemle korozyona karşı korunmaktadır. Koruyucu yöntemlere ilave olarak, yüzeylere uygulanan sızdırmaz polimerik kaplamalar malzemelerin korozyon dirençlerini arttırmaktadır. Bu çalışmada, otomotiv sanayi ve askeri araştırmalar gibi uluslararası uygulamalarda sıklıkla kullanılan nötr (% 5 NaCl) tuz püskürtme korozyonu, ASTM B 117 standartlarına bağlı kalınarak üretilen numunelere 1000 saatlik tuz püskürtme korozyon testi uygulandı.

Deney esnasında numuneler makroskobik olarak gözlemlendi ve ayrıca nem, kabin sıcaklığı, çözelti pH ve suyun iletkenlik değerleri belirlendi. Deney çözeltisi, su ve NaCl' den oluşmaktadır. Kullanılan su yeterli derecede saf ve belirli bir iletkenlik değerinin altında olmalıdır. Tuz ise deney şartlarını etkilemeyecek derecede emrüteden uzak olmalıdır. ASTM B-117 standardına göre % 5 NaCl çözeltisinde kullanılacak su, ASTM D 1193 [29] standardında belirtilen Tip IV suyun özelliklerinde olmalıdır. Tablo 6.6'da suyun özellikleri, Tablo 6.7' de ise ASTM B-117 standartlarına göre deney parametreleri verilmektedir. Tablo 6.7' de verilen deney süresi üst limiti, numune altlık ve kaplama çeşidine göre değişmektedir. 16 saat olan alt limit, hızlı korozyona uğrayan numunelerin sık kontrol edilmesi

gerektiğini göstermektedir. Literatürde 5000 saat ve üzeri sürelerde yapılmış ASTM B-117 çalışmaları da mevcuttur. Bazı çalışmalarda ilk kırmızı pas oluşum sürelerine dikkat çekilmiştir. Hızlı korozyona uğrayan numunelerde bu süre tespitleri kaçırılmamalıdır [29]. Tuz püskürtmede kullanılan suyun özellikler Tablo 6.6.' da, ASTM B-117 standardı ise Tablo 6.7.'de verilmiştir.

Tablo 6.6. Tuz püskürtme korozyonu deneyinde kullanılan suyun özellikleri [29]

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

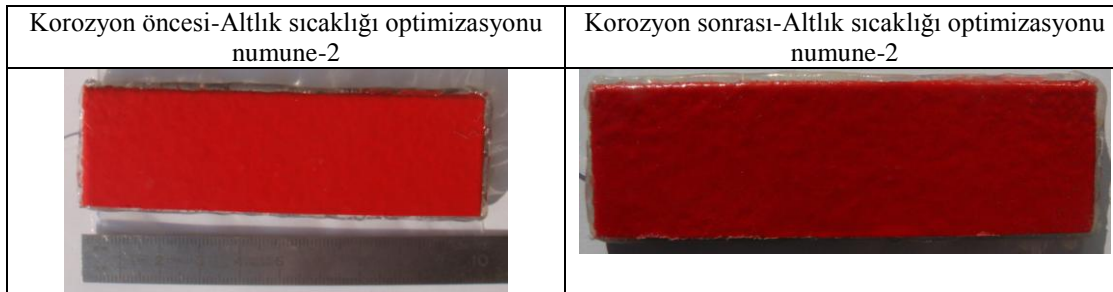
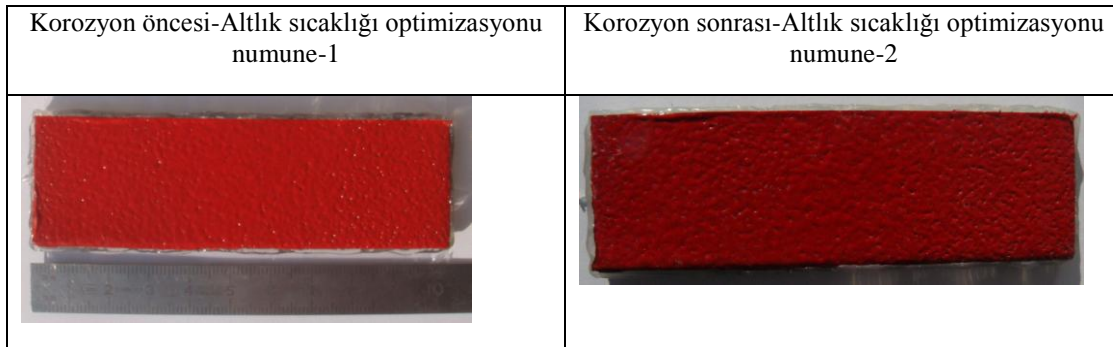
Tablo 6.7. ASTM B-117 standartlarına göre deney parametreleri [31,35]

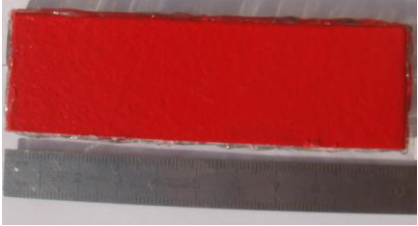

Özellik	ASTM B-117
Çözelti tipi	NaCl ve Tip IV su
pH	6,5-7,2
Çözelti konsantrasyonu (%)	5±1
Sprey Basıncı (atm)	0,6-1,5
Sprey miktarı 80 cm ² yüzeyde (ml/saat)	1-2
Sıcaklık (°C)	35±1-1,7
Numune pozisyonu (dikeyle derece)	15-30
Deney süresi (saat)	800 (veya daha uzun)

Korozyon testi uygulamasında tüm kaplama numunelerinin test öncesi ve sonrası ağırlıkları ile sertlik ve kaplama kalınlığı değerleri ölçülmüştür. Belirlenen bu değerler Tablo 6.8.' de sunulmuştur. Şekil 6.13'de ise, tüm kaplama numunelerinin korozyon testi öncesi ve test sonrası elde edilen makroskobik görüntüleri verilmiştir.

Tablo 6.8. Korozyon testi uygulanan numunelerin özellikleri



	Numuneler	Korozyon işlemi öncesi			Korozyon işlemi sonrası				
		Ağırlık -g	Kaplama kalınlığı-µ		Sertlik -shore A	Ağırlık -g	Kaplama kalınlığı-µ		Sertlik -shore A
A	Optimum numune-1	76.0	450	478	94.8	75.67	476	486	94.9
B	Optimum numune-2	78.7	300	326	95.3	78.66	286	274	95.5
C	Optimum numune-3	76.5	1010	972	94.5	75.5	900	998	95.2
D	Optimum numune-4	81.9	1236	1116	93.10	81.8	1128	1026	94.9
E	Optimum numune-5	76.7	408	388	95.8	76.08	382	368	96.1
F	Kontrol havası opt.-1	71.5	242	258	95.5	71.19	218	258	95.8
G	Kontrol havası opt.-2	81.1	1258	1332	91.1	80.39	1112	1178	91.5
H	Kontrol havası opt.-3	85.3	1610	1558	93.4	85.2	1444	1490	94.5
I	Altık sıcaklığı opt.-1	81.1	386	390	93.8	81.01	388	368	94.1
J	Altık sıcaklığı opt.-2	75.9	978	880	94.5	75.59	952	968	95.4
K	Altık sıcaklığı opt.-3	78.4	812	832	94.3	78.39	766	820	94.6
L	Altık sıcaklığı opt.-4	81.3	464	442	93.5	81.05	560	418	94.3
M	Propan opt.-1	73.1	532	500	92	72.41	524	516	94.5
N	Propan opt.-2	82.6	1114	1122	93.1	82.07	1138	1178	93.3
O	Propan opt.-3	78.3	402	414	96.3	78.11	402	510	96.6
P	Oksijen opt.-1	79.8	970	936	91.6	79.60	1002	1066	91.9
R	Oksijen opt.-2	82.6	688	826	90	81.73	694	858	91.4
S	Oksijen opt.-3	79.5	924	976	90.5	79.4	940	968	91.3




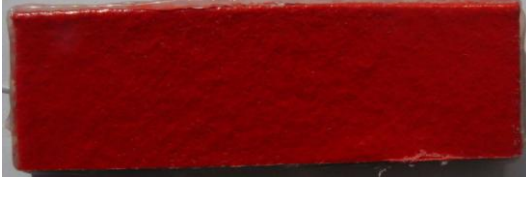

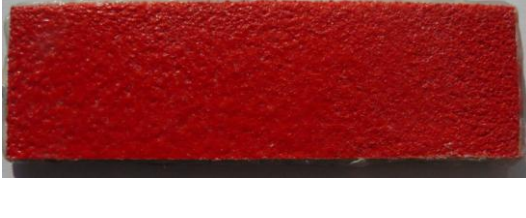
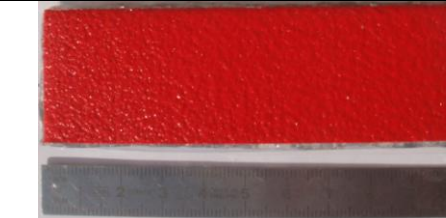





Korozyon öncesi-Altlık sıcaklığı optimizasyonu numune-3	Korozyon sonrası-Altlık sıcaklığı optimizasyonu numune-3
	

Korozyon öncesi-Altlık sıcaklığı optimizasyonu numune-4	Korozyon sonrası-Altlık sıcaklığı optimizasyonu numune-4
	

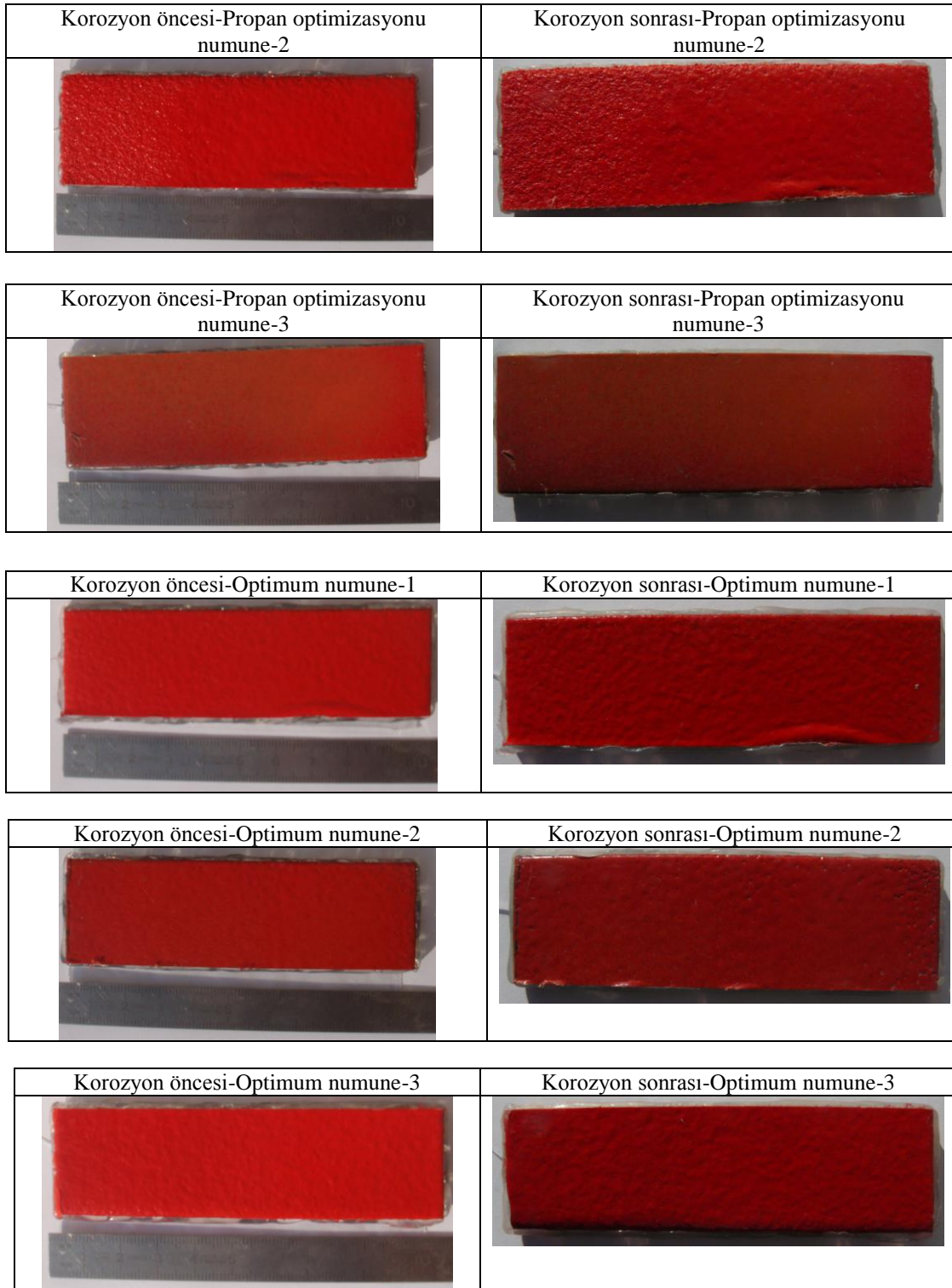
Korozyon öncesi-Kontrol havası optimizasyonu numune-1	Korozyon sonrası-Kontrol havası optimizasyonu numune-1
	

Korozyon öncesi-Kontrol havası optimizasyonu numune-2	Korozyon sonrası-Kontrol havası optimizasyonu numune-2
	

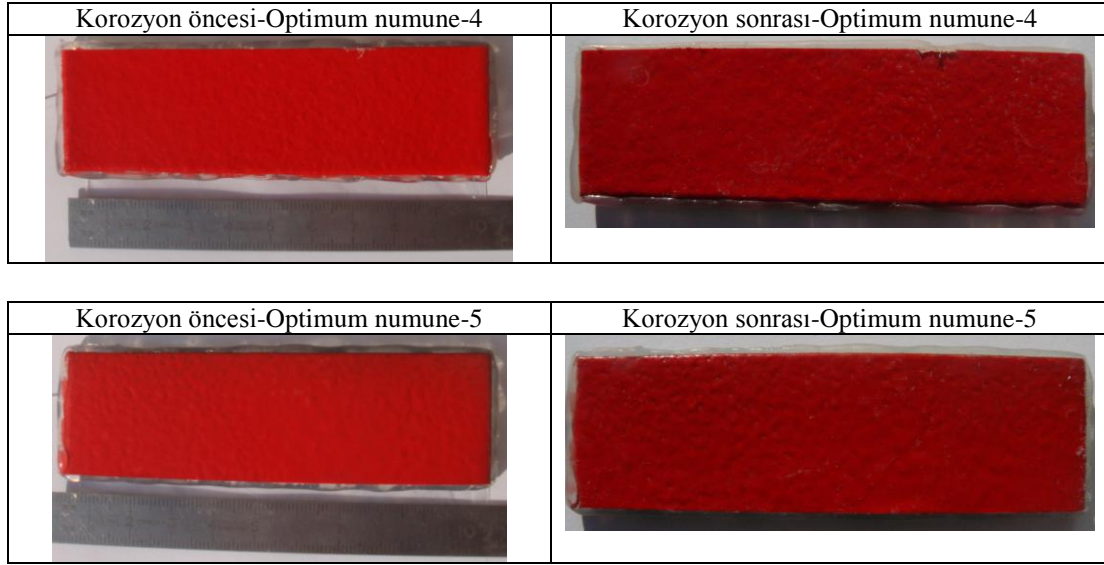
Şekil 6.13. (Devamı)

Korozyon öncesi-Kontrol havası optimizasyonu numune-3	Korozyon sonrası-Kontrol havası optimizasyonu numune-3
	
Korozyon öncesi-Oksijen optimizasyonu numune-1	Korozyon sonrası-Oksijen optimizasyonu numune-1
	
Korozyon öncesi-Oksijen optimizasyonu numune-2	Korozyon sonrası-Oksijen optimizasyonu numune-2
	
Korozyon öncesi-Oksijen optimizasyonu numune-3	Korozyon sonrası-Oksijen optimizasyonu numune-3
	
Korozyon öncesi-Propan optimizasyonu numune-1	Korozyon sonrası-Propan optimizasyonu numune-1
	

Şekil 6.13.(Devamı)



Şekil 6.13. (Devamı)



Şekil 6.13. Korozyon numunelerinin makro görüntüleri

Uygulanan deney sonucunda numunelerden alınan ağırlık, kalınlık ve sertlik gibi değerlerin ölçülmesi sonucunda genel olarak bakıldığında ağırlık kayıplarının yaşanması beklenen bir sonuç olarak görülmüştür. Tuz püskürtme işlemin uygulanmış diğer deney verilerinde de polimer malzemelerin bu işleme karşı verdiği tepki 400-5000 saat arasında değişme göstermektedir.

Numuneler metal altlık üzerine kaplandığından dolayı korozyon sırasında altlık malzeme ilk önce korozyona uğramasın diye yüzeyleri silikon tabanca ile kapatıldı. ASTM B-117 standartlarına göre 30⁰'lik bir eğimle kabin içerisine yerleştirilen numuneler test için hazır konuma getirildi. Gerekli olan sıcaklık ve nem değerlerinin girilmesinin ardından test başlatıldı. Numunelerin korozyon direncine karşı verdikleri dayanıklılıkların tespiti için uygulana bu deneyde 1000 saatlik tuz püskürtme işlemi uygulanmıştır. Deniz suyu ve neme bağlı kalan tüm numunelerde renk değişimleri gözlenmiştir. EVA kaplama tozunun suya karşı tepkime vermesi yapısında bulunan hidroksil grubunun varlığından dolayı gerçekleşmiştir. Bundan dolayı kaplamanın su geçirgenliği ve su ile etkileşiminde artış gözlemlendi. Bu uygulamalarda 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 ise artmış olacaktır [36].

Tuz püskürtme deneyinde optimizasyon numuneleri kullanıldı. Test sonunda elde ettiğimiz verilere baktığımızda ise bu numunelerden korozyon sonrası makro görüntüleriyle beraber, ağırlık ve sertlik ölçümlerini de dikkate alarak değerlendirme yapıldı.

Altlık sıcaklığı optimizasyonu için kullanılan numuneler korozyon sonrasında sadece 50 ve 200 °C altlık sıcaklığına sahip olan numunenin yüzeyinden korozyon gözlemlendi. 100 ve 150 °C sıcaklığa sahip olan numunelerde ise herhangi bir korozyon gözlenmemiştir. Alınan diğer verilerde ise ağırlık kayıplarının gözlenmesi yapı içerisine nüfuz eden oksit grubunun polimerin gaz geçirgenliği sayesinde kaplama içerisine kadar ilerlemesine ve kaplamayı hasara uğratmasına neden olduğu görüldü.

Kontrol havası (taşıyıcı toz) numunelerine baktığımızda ise 1 ve 3 numaralı numunelerde korozyonun oluştuğu 2 numaralı numunede ise makroskobik olarak herhangi bir bozunmanın gerçekleşmediği görüldü. Her üç numunede de ağırlık kayıplarının gözlemlendiği, sertlik artışlarının yüzeyde oksit tabakasından dolayı artış sağlandığı görüldü. Fakat bu artış fazla olmadığından dolayı önemsenmemiştir.

Oksijen ve propan optimizasyonu amacıyla üretilen numunelerde genellikle numune yüzeylerinde bozunmaların oluştuğu gözlemlendi. Optimizasyon işlemi tamamlandıktan sonra bütün deney datalarıyla beraber üretilen optimum numunelerde ise kaplama kalınlıkları da dikkate alındığında 1000 saatlik deney süresi sonunda bozunmanın çok yavaş gerçekleştiği belirlendi. Korozyon testinde en yavaş bozunma optimizasyon numunelerinde gerçekleştiği için elde ettiğimiz optimizasyon datalarının da doğruluğu onaylanmış oldu. Korozyon direncinin polimerik kaplama kalınlığının artmasıyla arttığı tespit edilmiştir. Gaz geçirgenliği oksijen, su buharı ve karbondioksit geçirgenlikleri göz önüne alınmaktadır. Polimerik filmlerde gaz geçirgenliği film kalınlığının artmasıyla azalmaktadır. Polimerik malzeme çeşidine göre de gaz geçirgenlik değerleri değişmektedir. Korozyonun azalmasının kaplama kalınlığının artması sonucu poroziteli polimerik yapının ve buna bağlı olarak gaz geçirgenliğinin azalması ile ilgili olduğu düşünülebilir. İnce kaplamalarda, polimerik tabakadan altlığa geçen O₂ ve H₂O altlığın korozyonuna ve kaplamanın hasar görmesine sebep olmuştur. Kaplama ağırlıklarının ve kalınlıklarının değişmesi

korozyonun sıcaklık ve nem değerleriyle beraber bünyesinde bulunan hidroksil gruplarını serbest bırakmalarıyla alakalıdır. 1000 saatlik korozyon deney süresinin arttırılmasıyla numunelerde rahat bir şekilde makroskobik olarak görülebilecek değişimlerin tespit edilmesi sağlanabilir.

6.3.4.2. Banyo testlerinin uygulanması

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

Test uygulanan numunelerin kaplama öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değişimleri Tablo 6.9.'da açıklanmıştır. Tablo 6.10.'da ise banyo ve ultraviyole testi uygulanan numunelerin test öncesi ve sonrası sertliklerinin değişimi verilmiştir.

Tablo 6.9. Banyo numunelerinin dayanıklılık testi öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri






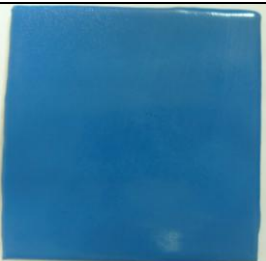
Ortam	Ağırlık-g		Kalınlık-mm		Ağırlık-g	Kalınlık-mm	Ağırlık-g	Kalınlık-mm
	Kum. Ö.	Kum. S.	Kum. Ö.	Kum. S.	Kap. S.	Kap. S.	Test S.	Test S.
Benzin	359.5	359.3	4.52	4.50	377.1	6.15	380.35	6.65
Mazot	358.2	358.0	4.80	4.74	385.6	7.01	386.95	7.24
Motor yağı	357.7	357.6	4.53	4.67	371.0	5.91	372.15	6.05
Saf alkol	359.4	359.1	4.53	4.50	368.0	5.36	368.0	5.36
Atmosfer	358.8	358.4	4.55	4.54	383.5	6.86	383.5	6.86

Tablo 6.10. Performans test numunelerinin test öncesi ve sonrası sertlik değerleri

Numuneler	Test öncesi sertlik-Shore A				Test sonrası sertlik- Shore A			
Benzin	96.1	94.2	93.7	95.8	94.9	93.4	96.5	95.5
Mazot	96.1	96.8	96.5	96.7	96.6	96.6	96.2	96.4
Yağ	91.1	93.5	92.7	93.2	92.6	93.0	91.1	91.8
Saf alkol	95.0	94.6	94.3	93.2	95.0	94.2	94.6	95.2
Atmosfer	92.1	95.8	96.5	94.3	93.4	97.1	96.3	95.6

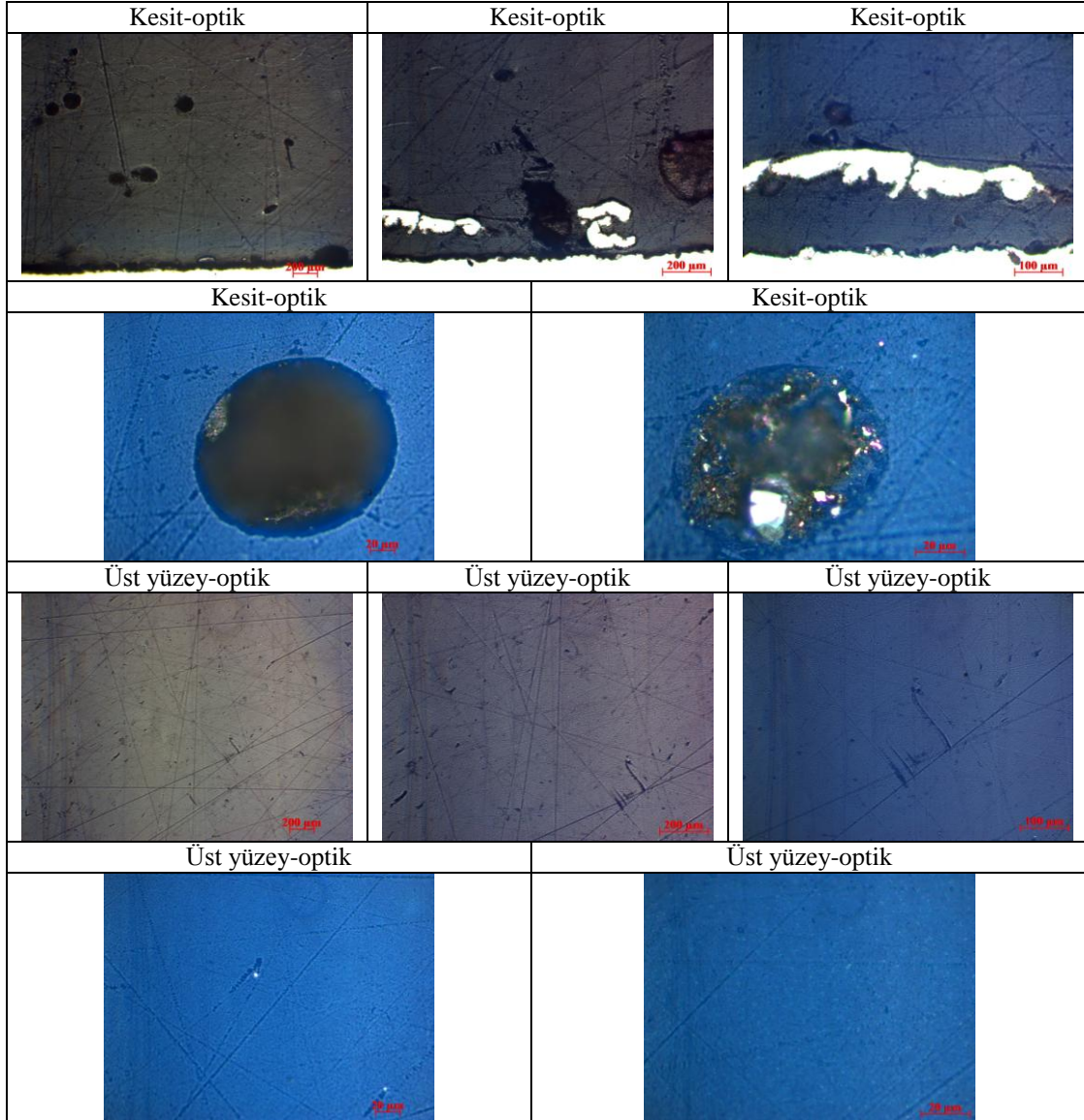
Benzin banyosu ;

Test ortamı oda sıcaklığında kapalı ve sızdırmaz bir kap içerisinde olup 1600 saat süren bir zaman diliminde gerçekleştirildi.

Test numunesi-numune 2	Benzin Banyosu
	
390. saat sonunda	460. saat sonunda
	
920. saat sonra	1600. saat sonunda
	

Şekil 6.14. Benzin banyosu numunesi makro görüntüleri

Benzin banyosu ortamında 390-460-920 ve 1600 saat gibi farklı zaman dilimlerinde gerçekleştirilen test sonucunda numunelerde gerçekleşen değişimin makro görüntüleri Şekil 6.14'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 oluştuğu 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 6.15. Benzin banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop 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 gözlenmiştir (Şekil 6.15). 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 hapsedme ihtimalini güçlendirmiştir.

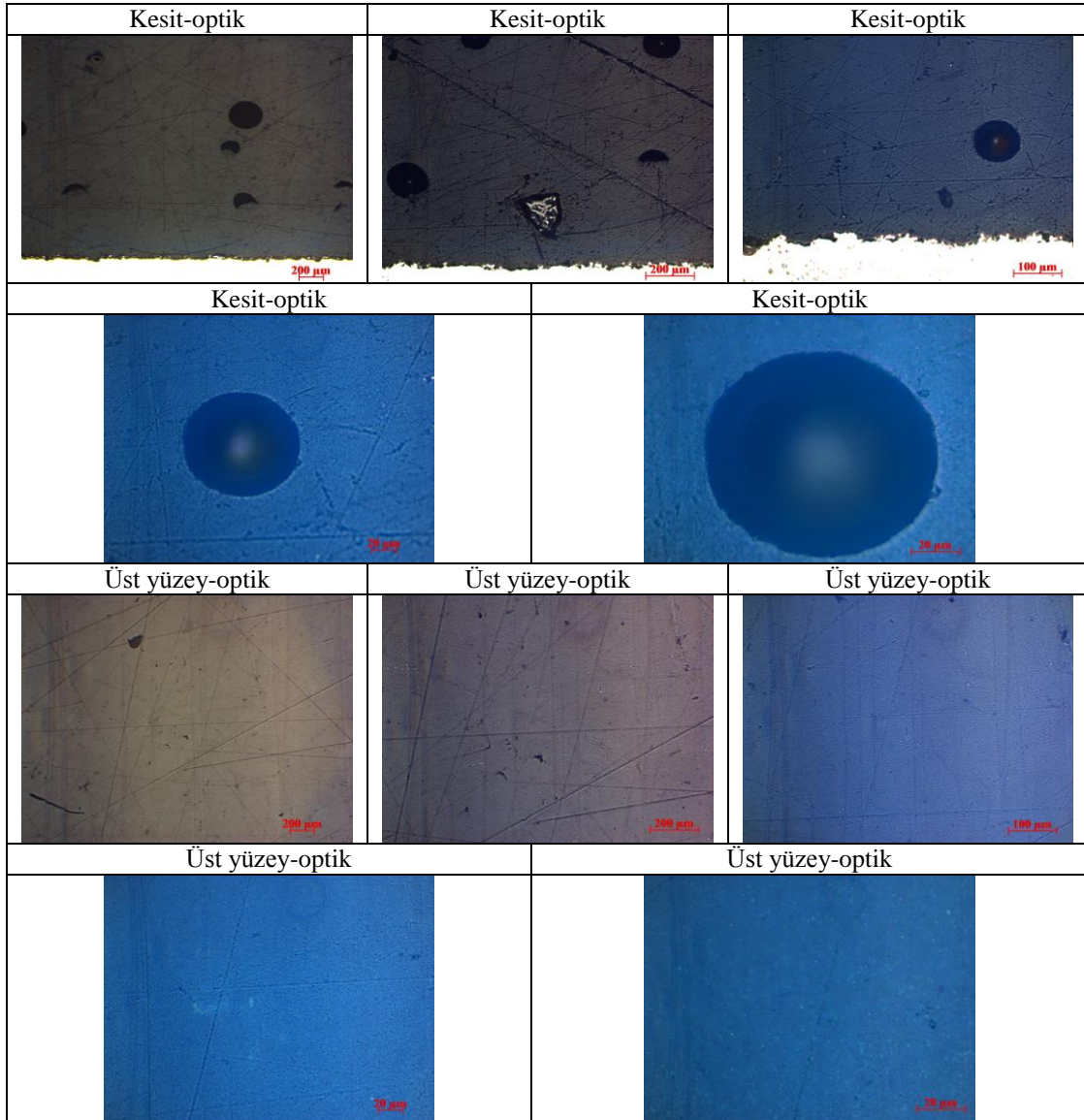
Mazot banyosu ;

Test ortamı oda sıcaklığında kapalı ve sızdırmaz bir kap içerisinde olup 1600 saat süren bir zaman diliminde gerçekleştirildi.

Test numunesi-numune 3	Mazot Banyosu
	
390. saat sonunda	460. saat sonunda
	
920. saat sonunda	1800. saat sonunda
	

Şekil 6.16. Mazot banyosu numunesi makro görüntüleri

Mazot banyosundan bulunan numunenin farklı zaman dilimlerinde çekilen makro görüntüler (Şekil 6.16) incelendiğinde, kaplamanın benzin banyosunda olduğu gibi mazota karşıda duyarlı olduğunu görülmüştür. Mazot banyosu içerisinde kalan numunenin köşelerinden merkeze doğru bozunmanın gerçekleştiği, net ve parlak şekilde görünen yapının ise pürüzlü bir hal aldığı belirlenmiştir.

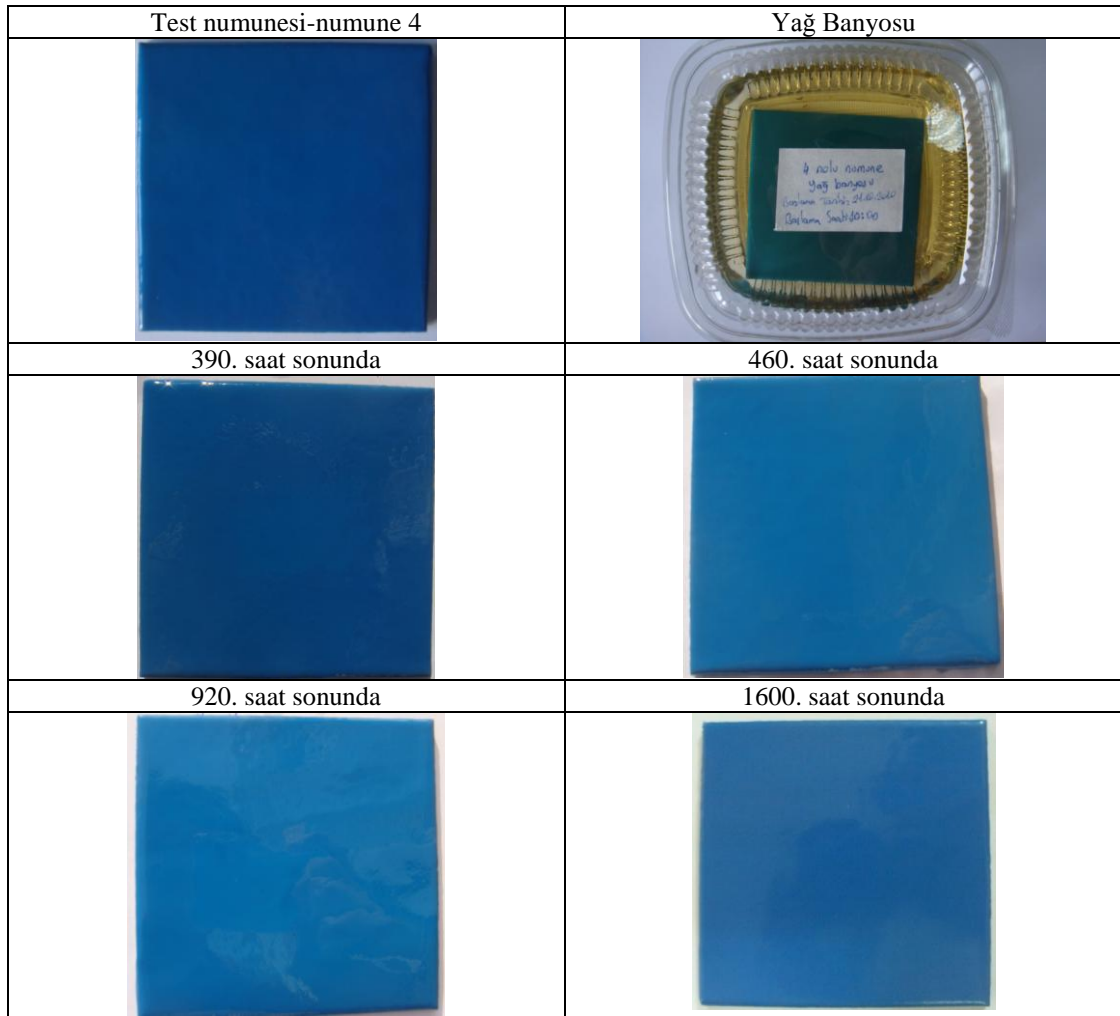


Şekil 6.17 Mazot banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri

Mazot banyosu numunelerinin Şekil 6.17'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 ortaya çıktı (Tablo 6.9). Bu da numunenin 1600 saatlik süre içerisinde plastik esaslı kaplamanın içerisinde bulunduğu sıvıyı bünyesine nüfuz etme ihtimalini ortaya çıkardı.

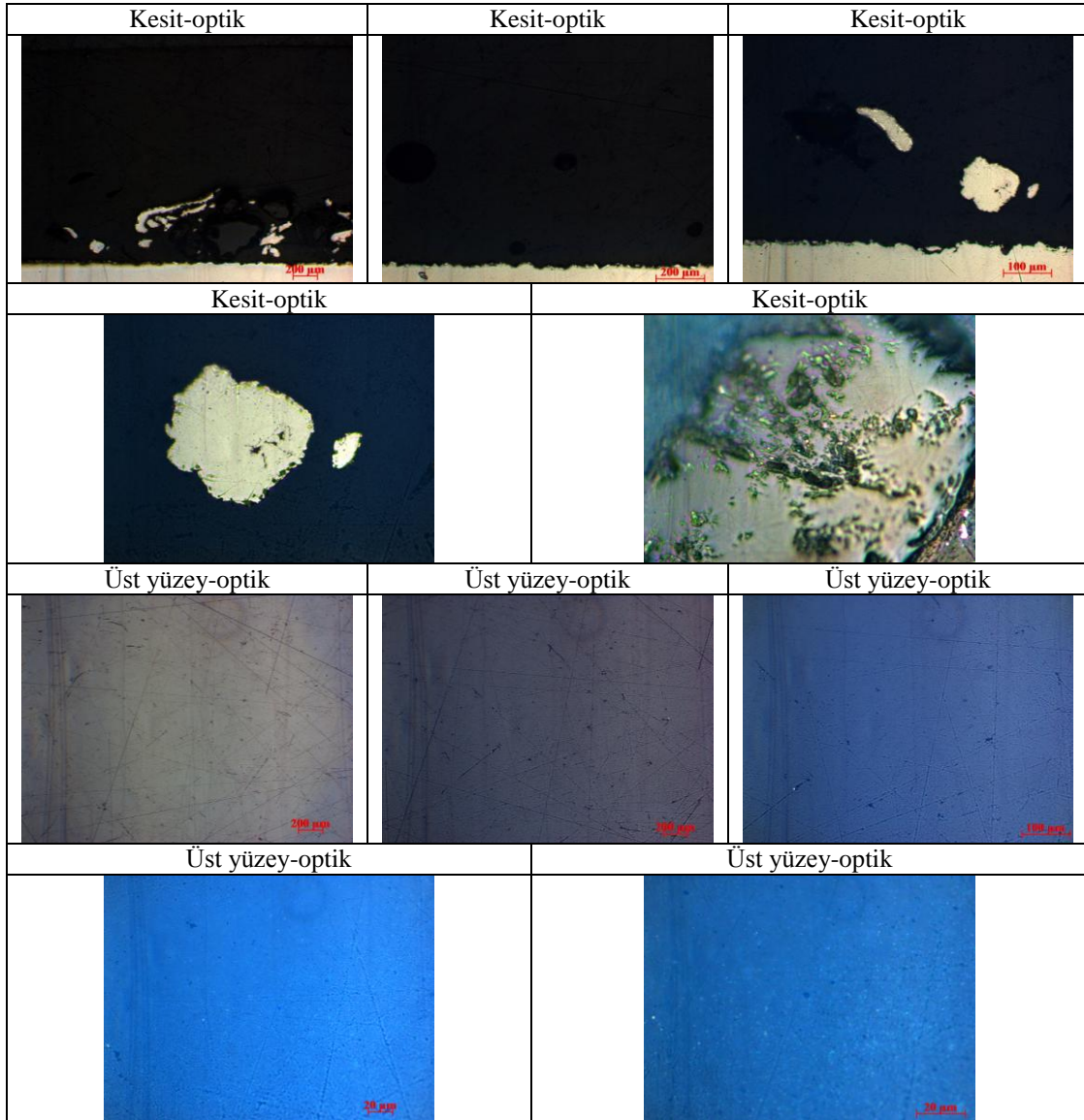
Yağ banyosu ;

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 6.9'da görüldüğü gibi 1.15 gr'lık bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 6.18. Yağ banyosu numunesi makro görüntüleri

Yağ banyosu numunesinde yapılan makroskobik incelemede kaplama yüzeyde gözle görünür bir değişim görünmemesine rağmen test sonrasında yüzeyde renk değişimi gözlenmiştir(Şekil 6.18).

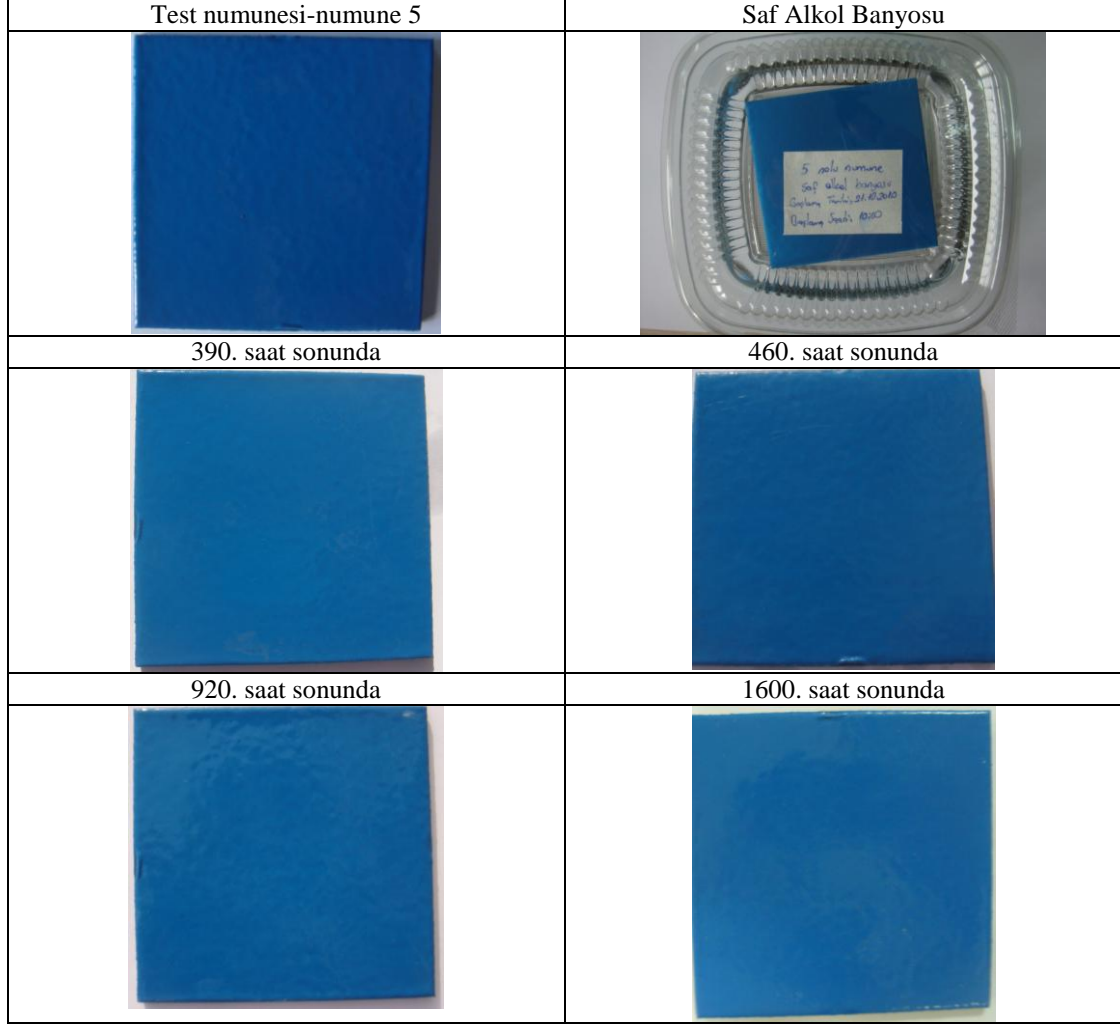


Şekil 6.19. Yağ banyosu numunesinin kesitinin ve üst yüzeyinin optik mikroskop görüntüleri

Yağ banyosu testi uygulanan numunenin kesit ve üst yüzeylerinden alınan optik mikroskop görüntülerinde (Şekil 6.19) herhangi bir değişim kaydedilmedi. Değişim sadece numunenin test öncesi ve sonrasında meydana gelen ağırlık kaybından ibarettir. Bu durum banyo sıvısının kaplama bünyesindeki gaz boşluklarına nüfuz ettiğini göstermektedir.

Saf alkol banyosu ;

Saf alkol içerisinde yapılan 1600 saatlik dayanıklılık testi sonrası yapılan makroskobik inceleme görüntüleri Şekil 6.20’de verilmiştir.

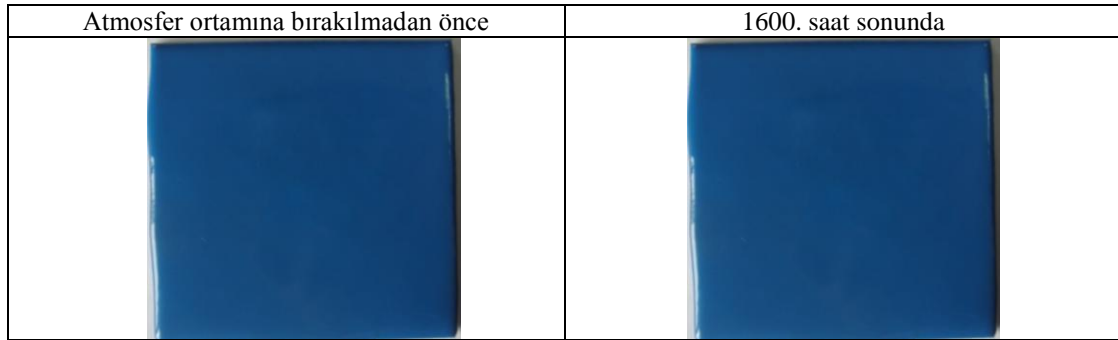


Şekil 6.20. Saf alkol banyosu numunesi makro görüntüleri

Saf alkol banyosuna bırakılan numunenin farklı zaman dilimlerinde çekilen 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.

Atmosfer ortamına bırakılan numune ;

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



Şekil 6.21. Atmosfer ortamı numunesi makro görüntüleri

Şekil 6.21.' de atmosfer ortamında yağmur, kar, güneş, sıcak ve soğuk gibi hava koşullarında teste bırakılan numunenin 1600 saat sonrasında çekilen makro görüntüsünün incelenmesinde yüzeyinde herhangi bir deforme ve renk olarak değişim gözlenmedi. Bu gibi ortamlara yeteri kadar dayanıklı olduğu ortaya çıktı.

6.3.4.3. Ultraviyole testi

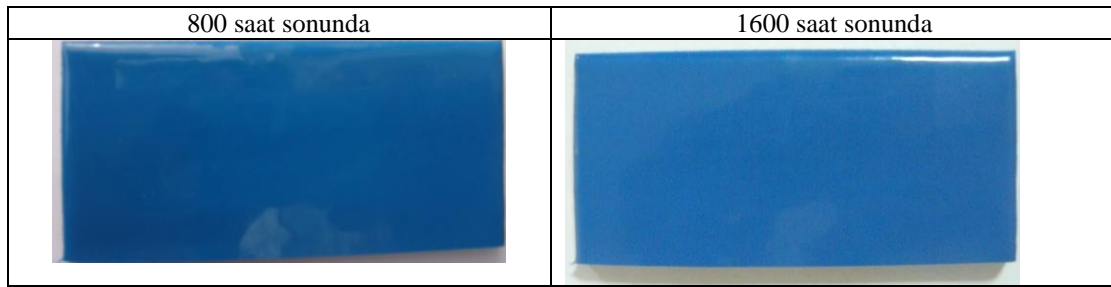
Alev sprej yöntemiyle çelik plakalar üzerine kaplanmış olan EVA (etilen vinil asetat) kopolimerini ultraviyole ışınlarına tabi tutularak yaşlandırma yapıldı. UV yaşlandırma testi 800 ve 1600 saat olarak uygulandı. Tablo 6.11.' de ise teste tabi tutulan numunelerin sertlik dağılımları verilmiştir. Tablo 6.12.' de ise test öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değişimleri incelenmiştir.

Tablo 6.11. Ultraviyole testi uygulanan numunelerin sertlik dağılımları

Numuneler	Test öncesi sertlik-Shore A				Test sonrası sertlik- Shore A			
Ultraviyole (800saat)	93.5	94.6	95.2	94.8	94.7	94.5	96.1	95.8
Ultraviyole(1600saat)	94.7	93.9	91.5	92.4	92.2	94.4	93.5	92.2

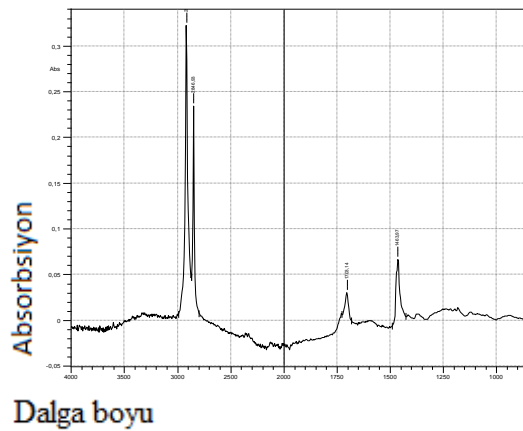
Tablo 6.12. Ultraviyole testi uygulanan kaplama numunelerin deney öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri

Ortam	Ağırlık-(g)		Kalınlık-(mm)		Ağırlık-(g)	Kalınlık-(mm)	Ağırlık-(g)	Kalınlık-(mm)
	Kum. Ö.	Kum. S.	Kum. Ö.	Kum. S.	Kap. S.	Kap. S.	Test S.	Test S.
Ultraviyole	357.5	357.2	4.78	4.74	375.2	6.52	372.2	6.52

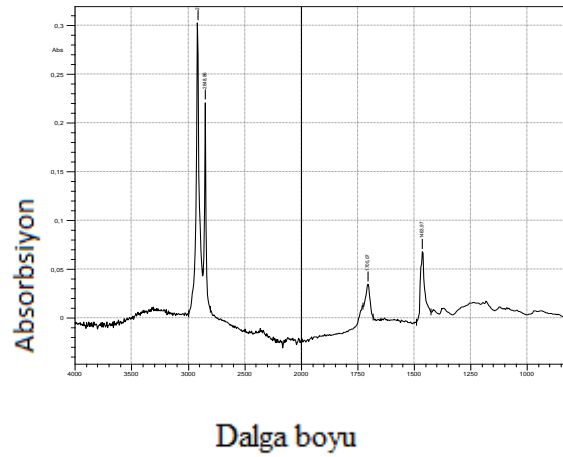


Şekil 6.22. Ultraviyole deneyi numunelerinin makro görüntüleri

Numunelerin 800 ve 1600 saatlik UV testi sonrasındaki Şekil 6.22’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 polimer kopolimerinin renginin test sonrasında açıldığı görülmüştür. Bunun tam olarak anlaşılması için bu numunelere IR analizleri uygulanarak içerisindeki kimyasal bağlarda herhangi bir değişimin olup olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.23. Ultraviyole test numunesinin 800 saat sonundaki IR eğrileri



Şekil 6.24. Ultraviyole test numunesinin 1600 saat sonundaki IR eğrileri

Ultraviyole test sonuçlarından elde ettiğimiz verilerde datalara uygun olarak düzenek hazırlanıp test gerçekleştirildi. Deney başlangıcında numuneden alınan ağırlık sertlik ve kaplama kalınlığı gibi verilerin deney sonucunda herhangi bir değişime uğramadığı tespit edilmiştir. Şekil 6.23 ve 6.24.'de verilen IR grafikleri incelendiğinde EVA 'ya ait bağ yapılanmalarında 800 ve 1600 sonu numunelerinin ikisinden de yaklaşık olarak 1705 1/cm civarından karbonil dediğimiz O=C bağ yapısı gözlemlendi. 2900 1/cm 'sinde ise alifatik hidrojen grubu dediğimiz CH₃ gözlemlendi. 1464 1/cm'de ise eterik bağ yapısı (C-O-C) görüldü. Ultraviyole deneyi öncesi ve sonrasında karbonil, alifatik ve eterik bağ yapılarının vermiş oldukları pik aralıkları bu test numunesinin bağ yapısında herhangi bir değişim göstermediği ortaya çıktı. Farklı ortamlarda gerçekleştirilen veya deney süresinin uzatılmasıyla farklı sonuçlar elde edilebilir.

- Işığa duyarlı polimerlerde beklenen bozunma karbonil grubunda beklenmektedir. Bu grupta UV' nin etkisiyle meydana gelebilecek bozunma bu çift bağ grubunun deforme olmasına ve IR eğrilerinde buna bağlı olarak pik vermesine neden olur. Çift bağ ışının etkisiyle açılarak yapıyı kararsız hale dönüştürür. Bu da C ' nin oksijen grubundan başka bir elementle bağ yapmasına neden olabilir.
- Çok az karbonil gruplarda piklerin daralmasına bağlı olarak çift bağlarda bozunma görülmesine yol açabilir

Yapılan bir çalışmada[34] alev sprey yöntemiyle çelik plakalar üzerine kaplanmış olan EVA (etilen vinil asetat) kopolimerini ultraviyole ışınlarına tabi tutularak yapılan yaşlandırma işlemi etkisiyle çapraz bağlı zincirlerde kırılma ve bozulmaların olduğu tespit edilmiş, ve deney sonrasında EVA içerikli kaplamaların ağırlıklarında bu çalışmaya benzer şekilde yüksek oranda kayıp olduğu tespit edilmiştir.

6.4. Partikül Takviyeli Kompozit Kaplamaların Üretimi ve Karakterizasyonu

Polimer esaslı kaplamalarda partikül takviyesi aşağıda belirtilen özellikleri iyileştirmek amacıyla ilave edilmektedir. Bunlar;

Partikül takviyeli plastik kaplamalarda partiküllerin kaplamaya etkileri ;

- Aşınma davranışlarının arttırılması,
- Esneklik kabiliyetini,
- Isı dayanımlarını,
- Anti-bakteriyel özelliklerin arttırılması,
- Mukavemet ve sertlik,
- UV dayanımlarının arttırılması (Çinko oksit)
- Renk vermek amacıyla(renk pigmentlerinin ilavesi)
- Adhezyon özelliklerinin arttırılması,
- Erime ve yumuşama sıcaklıklarının arttırılması,
- Su geçirgenlik özelliklerinin azaltılması,

6.4.1. Tozların hazırlanması ve kaplamaların üretilmesi

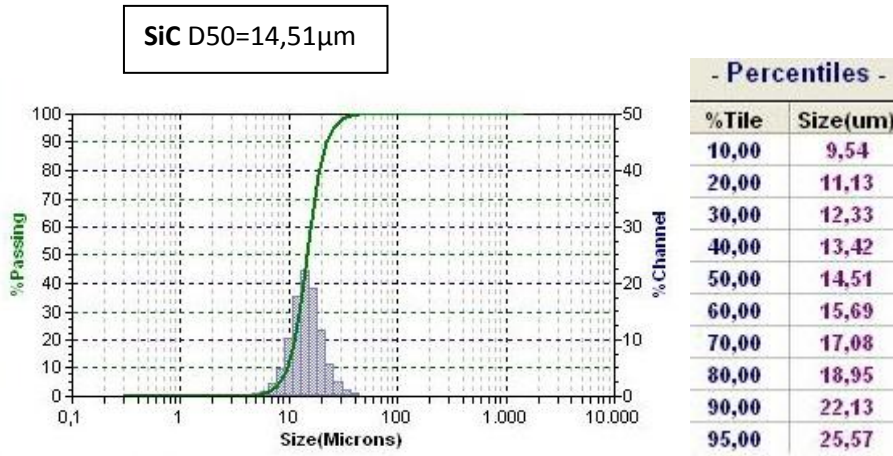
Kompozit kaplama tozları hazırlamak amacıyla 500 gr. EVA tozu kullanılmıştır. Karıştırma öncesi 40 °C' de 1 saat EVA tozunun nemi uçurulmuş ve daha sonra aşağıda tabloda verilen partiküller ilave edilerek 10 dk. TURBULA karıştırıcıda tozlar karıştırılmıştır. Daha sonra tüm kompozit tozları optimum üretim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

Bu özelliklerden faydalanmak amacıyla kaplama için hazırlanan toz karışımları;

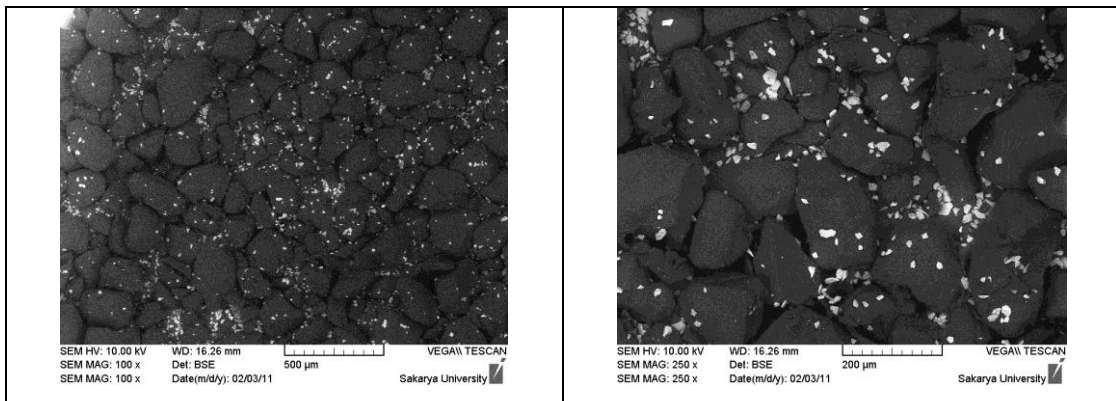
1. Numune 500 g EVA + 50 g SiC
2. Numune 500 g EVA + 50 g Al₂O₃
3. Numune 500 g EVA + 50 g TiO₂
4. Numune 500 g EVA + mika tozu
5. Numune 500 g EVA + 50 g soda-kireç camı

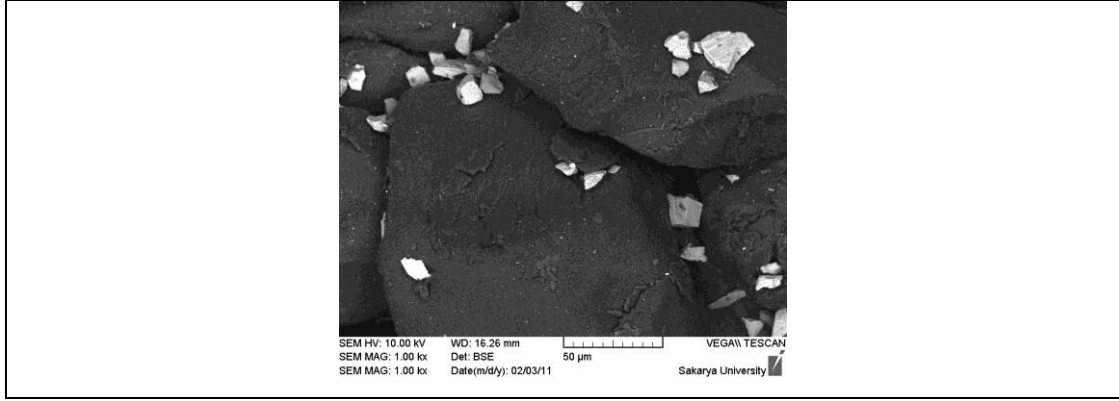
6.4.1.1. EVA + SiC

Alev sprey yöntemiyle takviye partiküller ilave edilerek yapılması gereken kaplamalarda kullanılacak olan SiC tozunun toz boyutu ölçümleri Şekil 6.25.' te gösterilmiştir. Tozların nemi ETÜV' de alındıktan sonra EVA ile SiC tozunun uniform olarak karıştırılması için TURBULA' da karıştırma işlemleri yapıldı. Karışan tozların SEM görüntüleri Şekil 6.26.' da verilmiştir.



Şekil 6.25. SiC tozunun toz boyutu değerleri





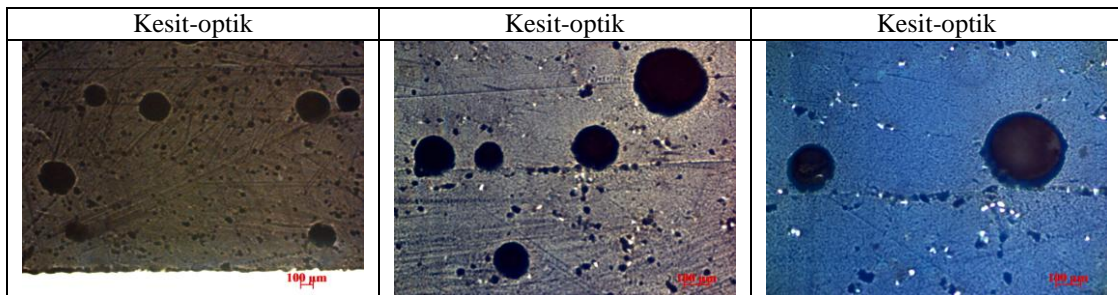
Şekil 6.26. EVA+ % 10 SiC kaplama tozunun SEM görüntüleri

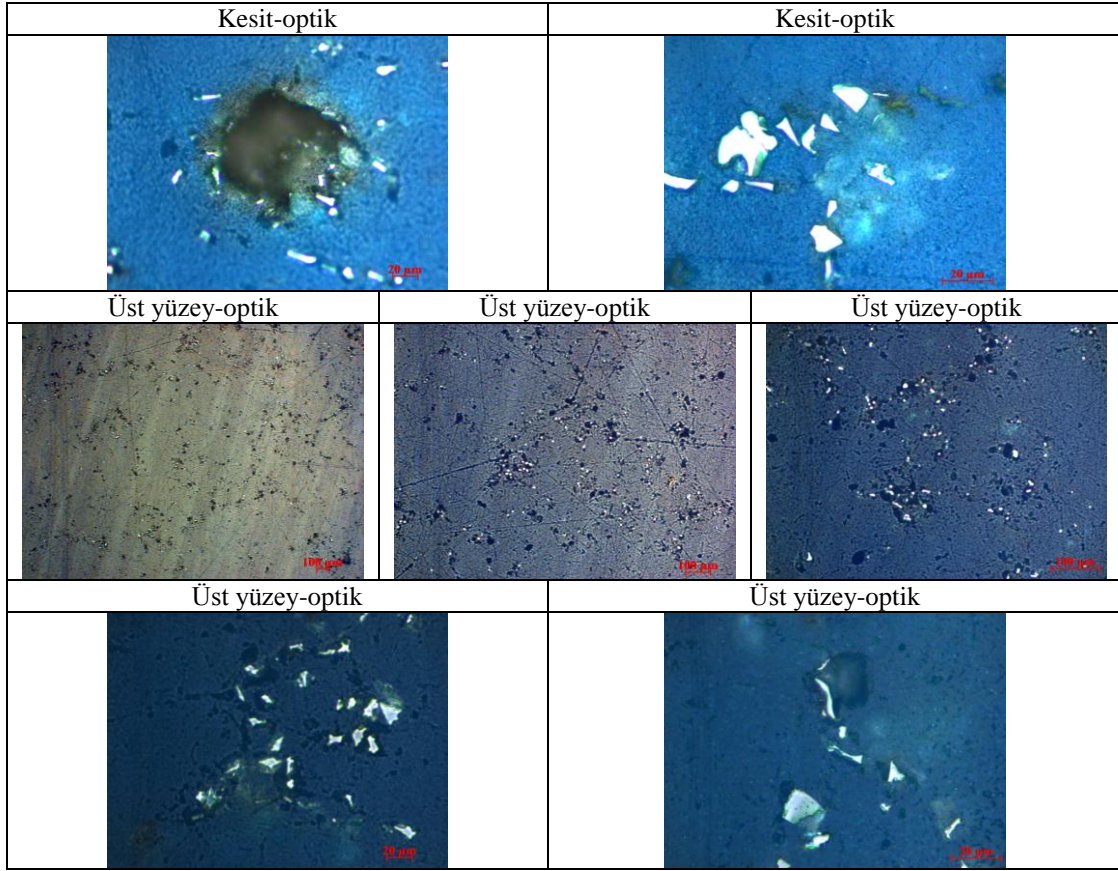
Şekil 6.26.' da farklı büyütme ölçeklerinde karışım tozlarının Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri alınmıştır. Bu görüntülerde ilave partiküllerinin bir kısmı EVA tozları üzerinde gömülü halde bulunurken bir kısmı ise tozların üzerine konumlanmıştır. Görüntülerde takviye partikülleri genel olarak uniform bir dağılım göstermektedir.

Optimizasyon parametrelerini kullanarak aynı koşullar altında kaplama işlemi yapılarak üretilen numunenin makro görüntüsü Şekil 6.27.' de verilmiştir.



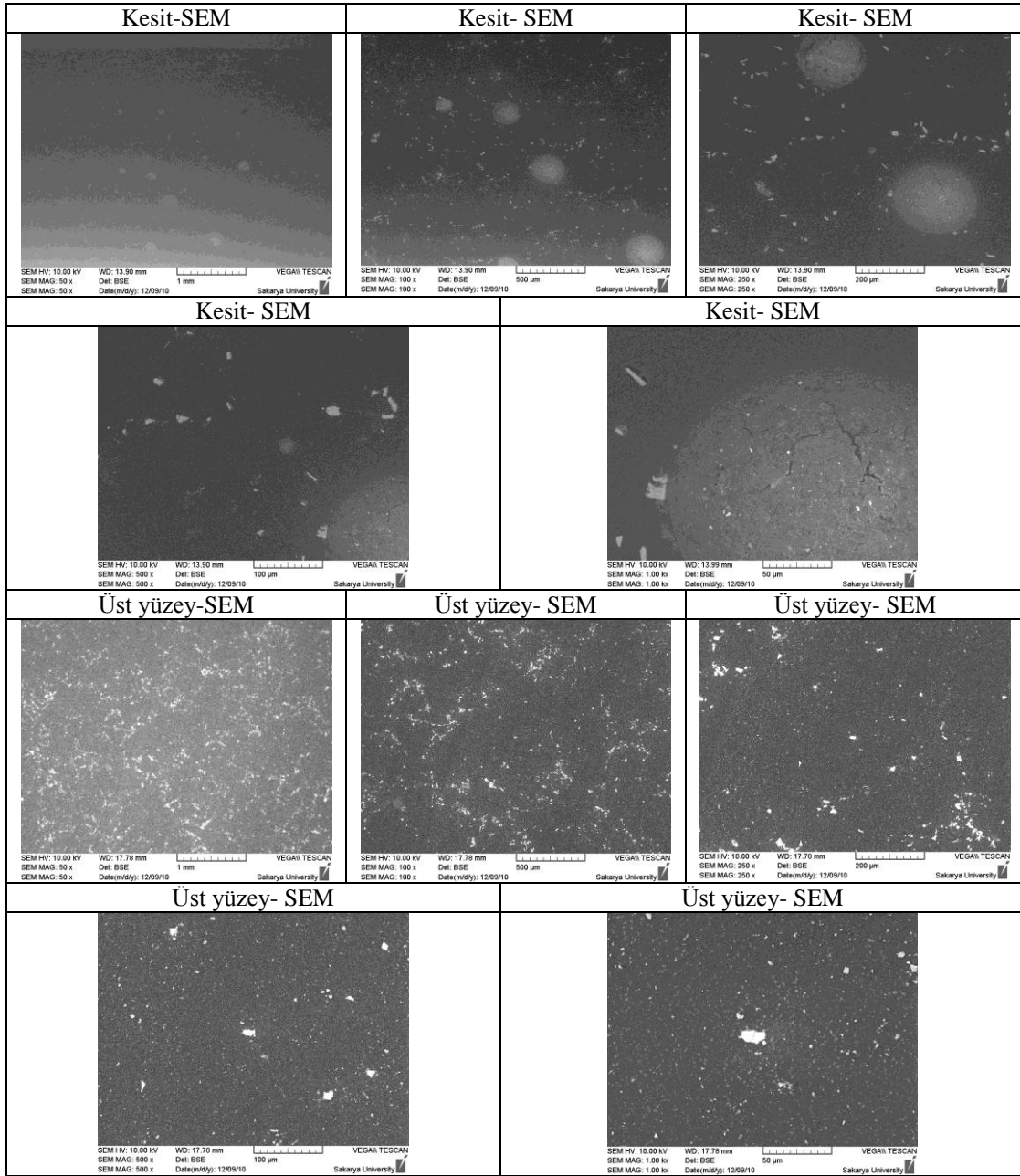
Şekil 6.27. EVA+ % 10 SiC tozunun alev sprey ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü





Şekil 6.28. EVA+%10 SiC tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik görüntüleri

Şekil 6.28.'de EVA+%10SiC karışımı esaslı kaplamalarının kesit ve üst yüzey optik mikroskopta farklı büyütme oranlarında alınan görüntüleri sergilenmektedir. Kaplamaların kalınlık kesiti boyunca farklı boyut ve dağılımda gaz boşlukları gözlenmektedir. Gözlenen gaz boşlukları küresel formda olup ortalama çapı 75-100 mikron arasında değişmektedir. Gaz boşluklarının yakın çevresinde 10 mikronun altındaki boyutlarda düzensiz şekilli SiC parçacıklar (açık beyaz renkte) gözlenmektedir. EVA matris yapısı içerisinde SiC parçacıkların oranı oldukça düşük olup homojen bir dağılım göstermektedir. SiC parçacıklar matris yapısında çatlak oluşumuna veya ayrılmalara izin vermemiş, ana yapıda gömülü halde olduğu gözlemlenmiştir.

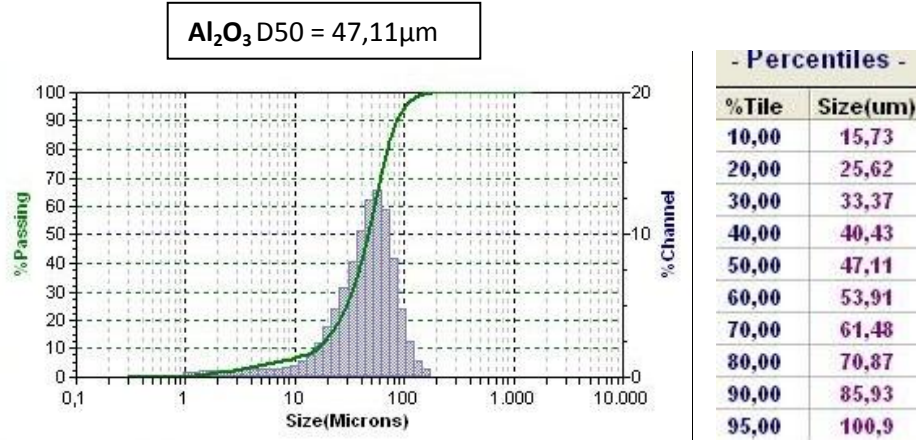


Şekil 6.29. EVA+% 10 SiC tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

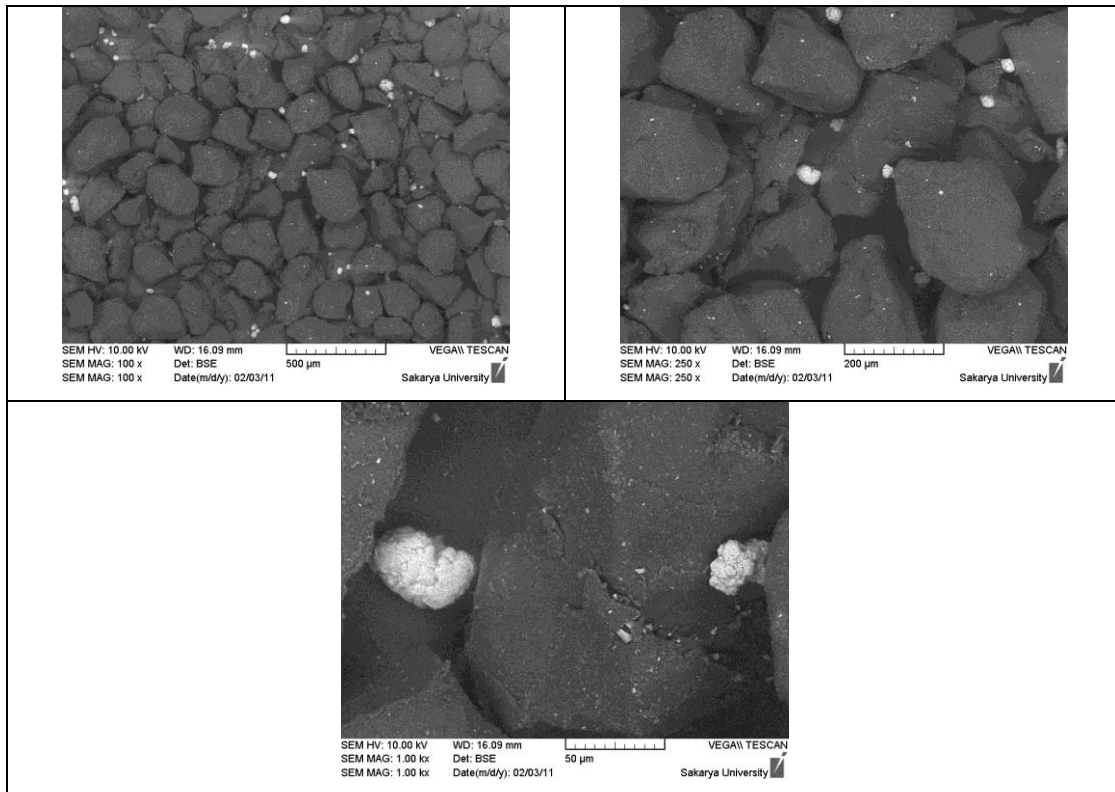
Şekil 6.29.'da EVA+%10SiC karışımı esaslı kaplamalarının kesit ve üst yüzey Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinde ergimemiş EVA toz parçacıkları gözlemlendi. Toz boyutunun artışına bağlı olarak alev spreysel prosesi esnasında EVA toz parçacıklarının alev içerisinde yeterli süre kalmaması nedeniyle ergimeye yeterli olmamıştır. Kaplama numunesinin SEM görüntüsünde SiC parçacıklar matris içerisinde homojen bir dağılım oluşturduğu görüldü .

6.4.1.2. EVA + Al₂O₃

EVA tozu içerisine ilave edilecek olan %10 Al₂O₃ tozunun toz boyutu ölçümleri Şekil 6.30.' da gösterildiği gibi D₅₀= 47,11 µm olarak hesaplandı. Şekil 6.31.' de ise karışım tozlarının SEM mikroskop görüntüleri verilmiştir.



Şekil 6.30. Al₂O₃ tozunun toz boyutu değerleri



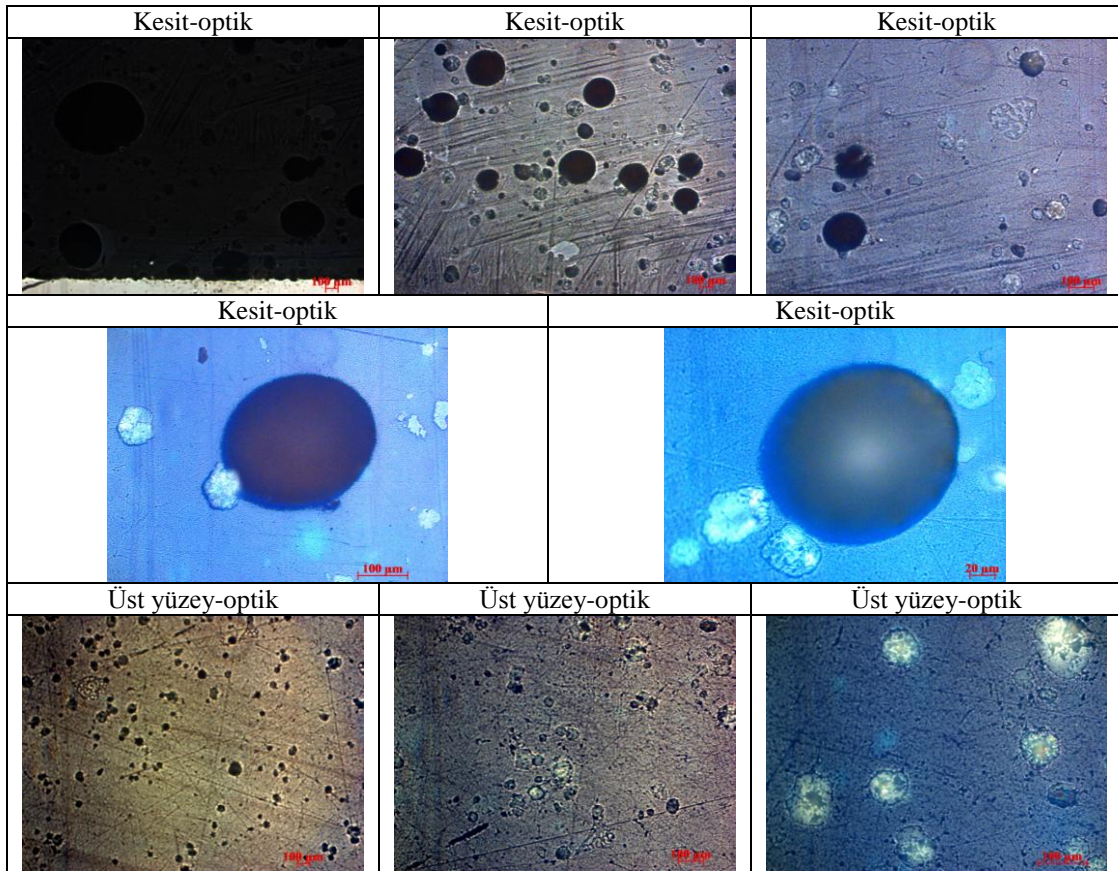
Şekil 6.31. EVA + % 10 Al₂O₃ tozlarının SEM mikroskop görüntüleri

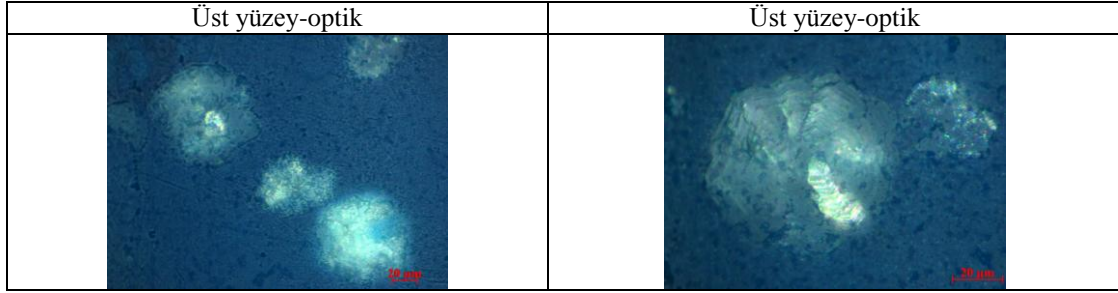
Şekil 6.31.' de EVA+Al₂O₃ toz karışımların Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri verilmiştir. Bu görüntülerde Al₂O₃ tozları EVA tozları arasında konumlanmış ve uniform bir dağılım göstermiştir.



Şekil 6.32. EVA+ %10 Al₂O₃ tozunun alev sprej ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü

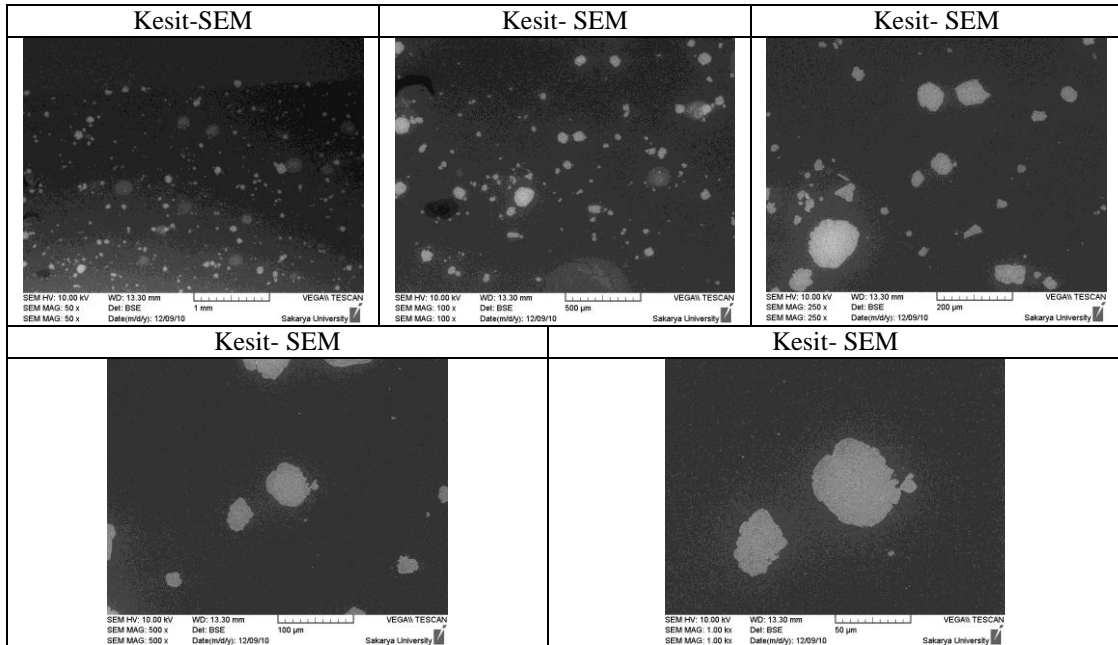
Şekil 6.32.' de optimizasyon parametrelerini kullanarak aynı koşullar altında kaplama işlemi gerçekleştirildi. Üretilen Al₂O₃ partikül takviyeli kompozit kaplamanın yapısal karakterizasyonu için optik mikroskop ve Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri alınarak incelemeler yapıldı.

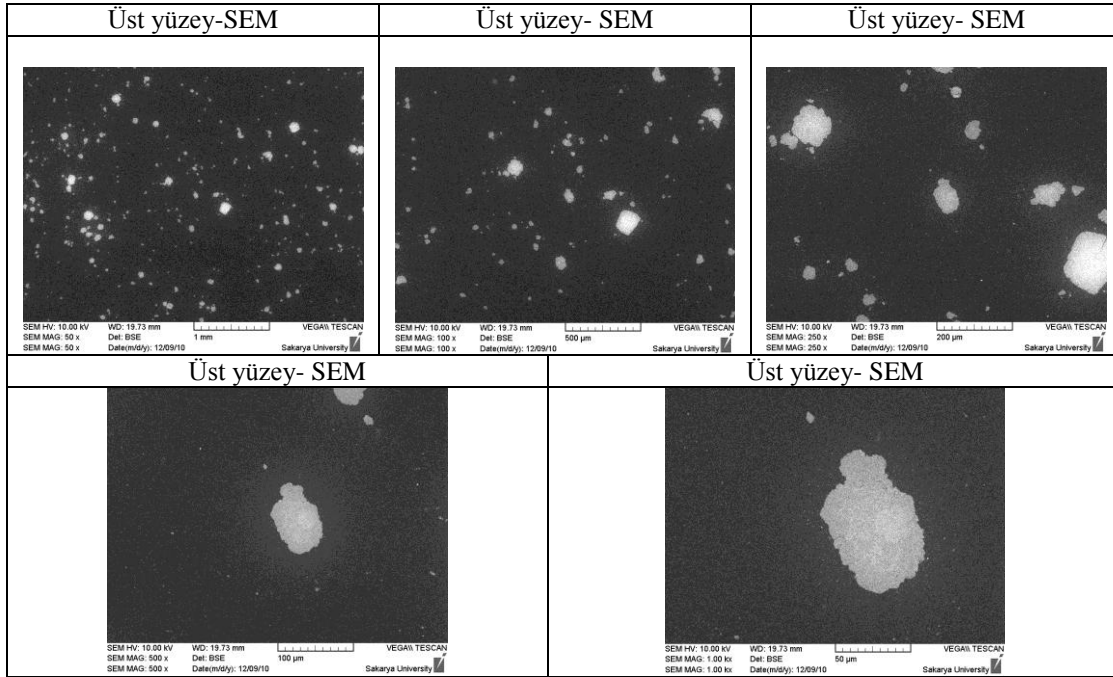




Şekil 6.33. EVA+%10Al₂O₃ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.33.' de EVA+%10 Al₂O₃ karışım esaslı kaplamaların kesit ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Farklı büyütmelerde alınan görüntüler incelendiğinde malzeme içerisinde homojen bir şekilde dağılmış Al₂O₃ toz partiküllerinin görülmesi mümkündür. Kesit görüntüsünde de karışım tozları gaz boşluklarının etrafında da kümelenme oluşturduğu gözlemlendi. Bu tozlar matris yapısı içerisinde gömülü bir şekilde bulunmaktadır. Yaklaşık 200 mikron civarındaki EVA toz partikül boyutuna karşılık 40-50 mikron civarındaki Al₂O₃ takviye partikülleri çatlak oluşumuna izin vermeden konumlanmışlardır.



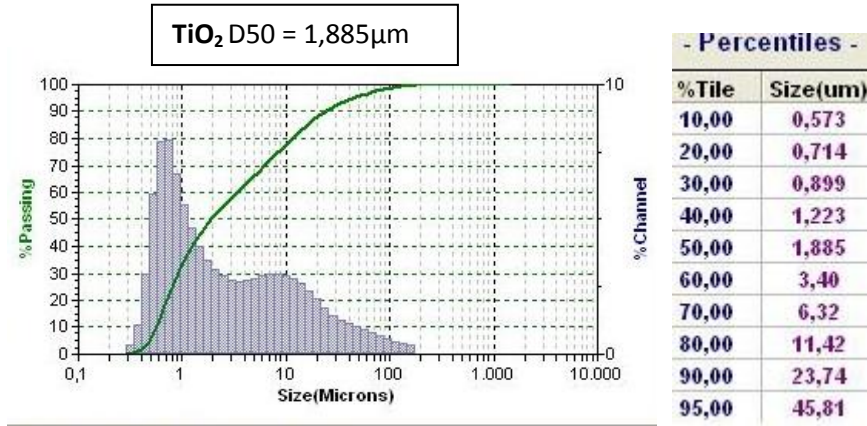


Şekil 6.34. EVA+%10 Al₂O₃ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

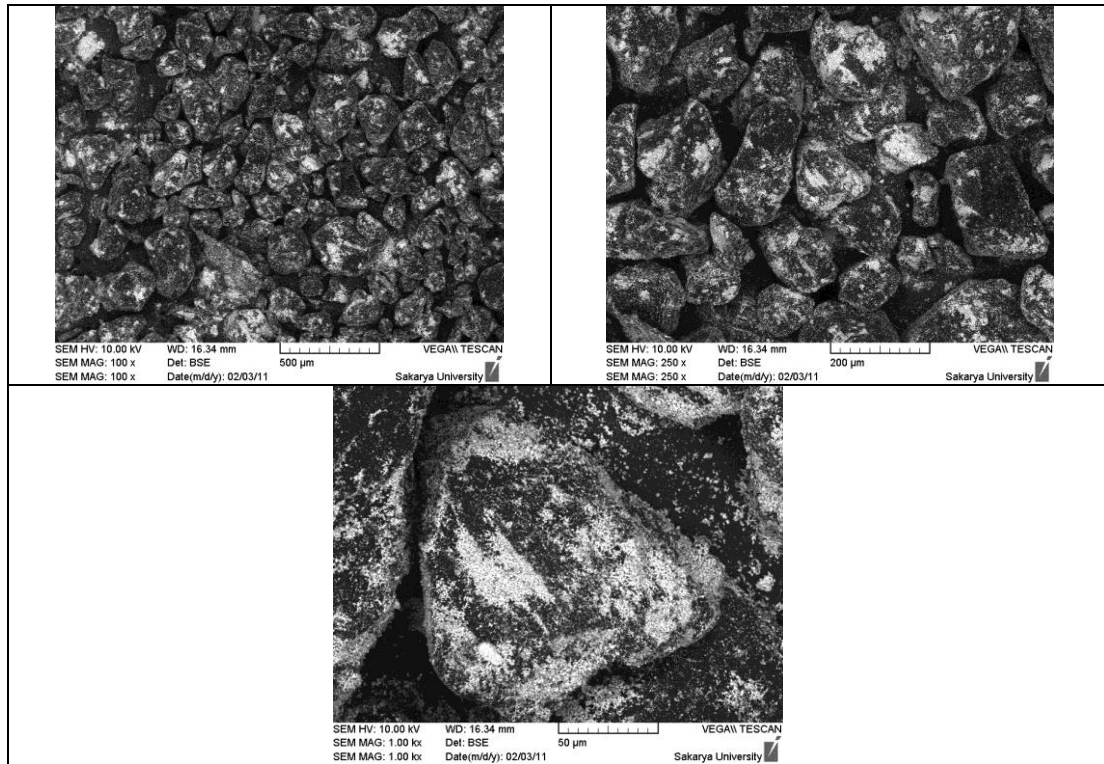
Şekil 6.34.'de EVA+ %10 Al₂O₃ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri verilmiştir. Optik mikroskop görüntülerinde de anlatıldığı üzere toz boyutunda farklılık olmasına rağmen Taramalı Elektron mikroskobu (SEM)'deki görüntülerde erimemiş EVA partikülleri olmasına rağmen Al₂O₃ tozları kaplama içerisinde homojen dağılım sergilemiş ve matris içerisinde konumlarında herhangi bir deformasyon oluşturmadan gömülü bir vaziyette bulunmaktadır.

6.4.1.3. EVA + TiO₂

EVA polimer tozuna aynı koşullarda %10 TiO₂ hazırlanarak kaplama üretimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.35.'de karışımda kullanacağımız TiO₂'nin toz boyutu ölçümleri hesaplanmıştır. TiO₂ D50 = 1,885µm olarak hesaplanmış ve gerekli olan kurutma ve karıştırma işlemleri yapıldıktan sonra kaplama işlemi için hazır duruma getirilmiştir.



Şekil 6.35. TiO₂ tozunun toz boyutu değerleri



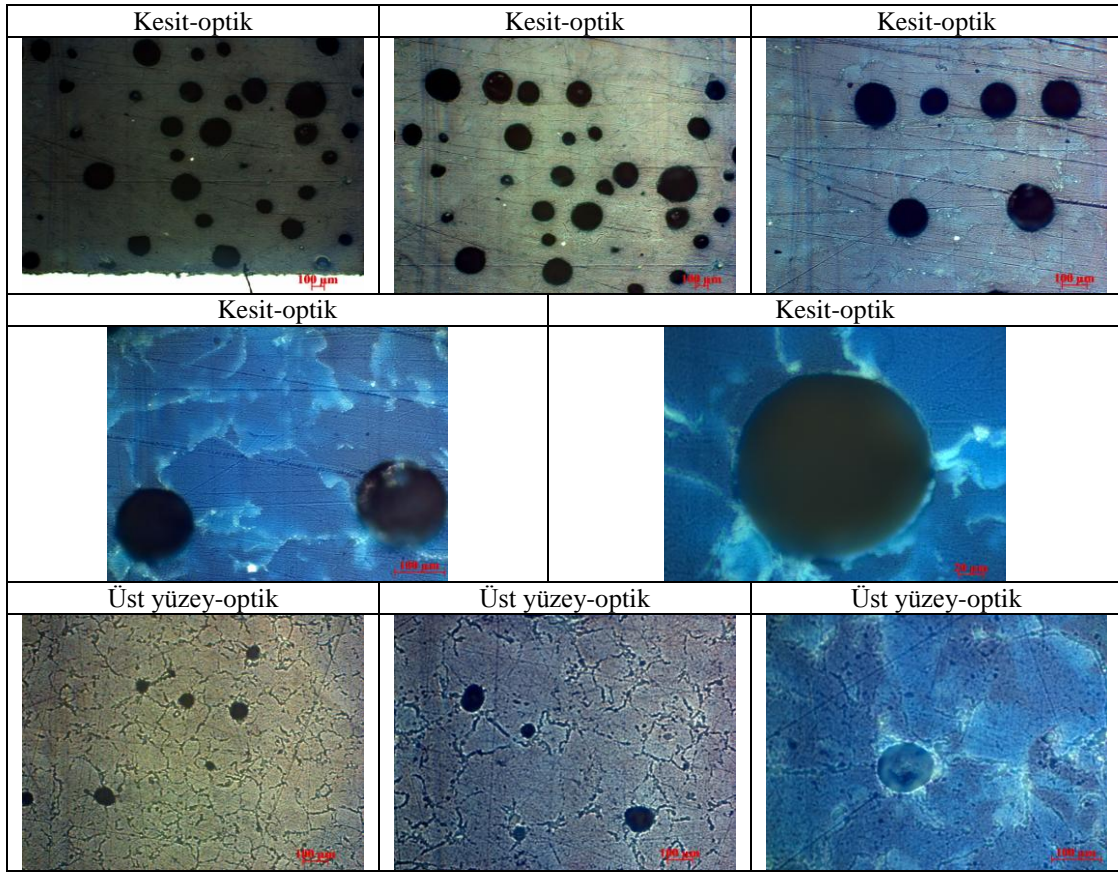
Şekil 6.36. EVA+ %10 TiO₂ karışım tozlarına ait SEM mikroskop görüntüleri

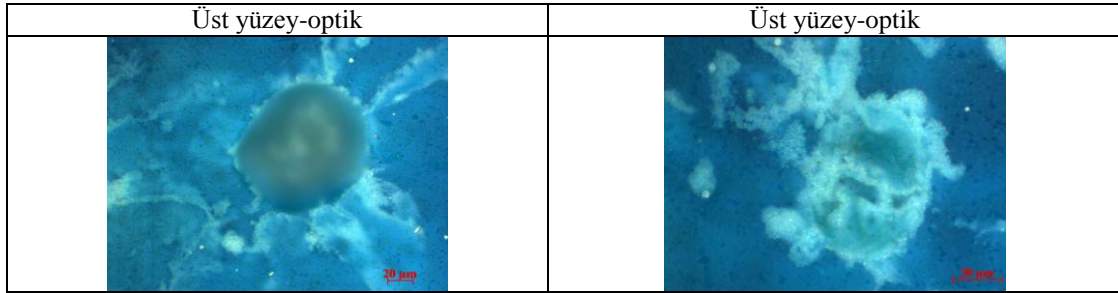
Şekil 6.36.' da verilen EVA+ TiO₂ ' ye ait Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinde TiO₂ tozları EVA tozlarının yüzeyine yapıştığı ve homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Toz görüntülerindeki renk farklılıkları bu durumu kanıtlamaktadır. TiO₂ tozu kullandığımız takviye partikülleri içerisinde en düşüz toz boyutuna sahip olduğu için EVA tozlarının yüzeyine sıvanmıştır.



Şekil 6.37. EVA+ TiO₂ tozunun alev spray ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü

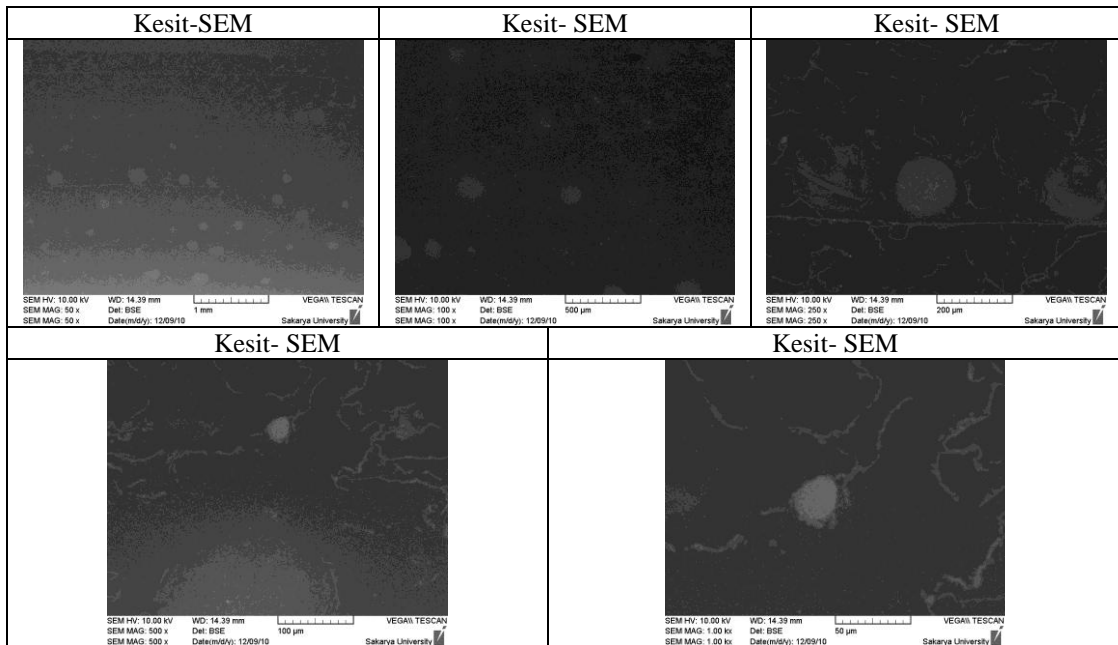
Şekil 6.37.' de optimizasyon parametrelerini kullanarak aynı koşullar altında kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kaplamaların yapısal karakterizasyonları optik ve Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) resimleri çekilmiştir.

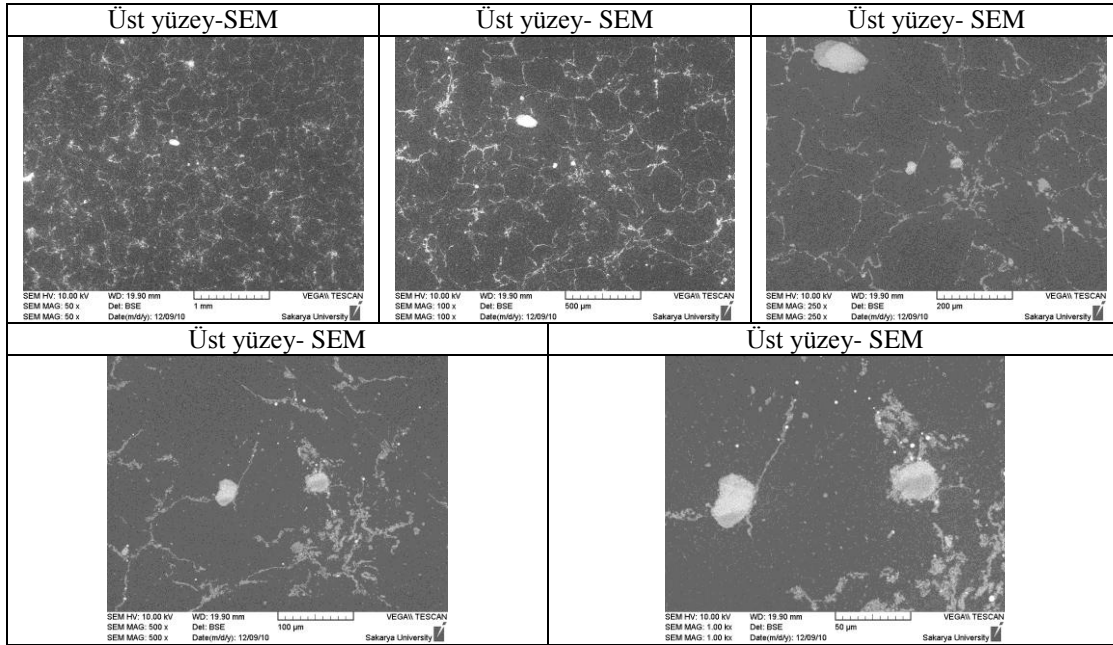




Şekil 6.38. EVA+ TiO₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.38.'de EVA+ TiO₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin farklı büyütmelelerdeki optik mikroskop görüntüleri gösterilmiştir. Bu görüntüler kaplama esnasında kullanılan parametreler değişmemesine rağmen kaplama görüntülerinde fazla miktarda gaz boşluklarına rastlanılmıştır. TiO₂ tozunun toz boyutu yaklaşık 1.8 mikron ve EVA' nın toz boyutundan da çok düşük olmasından dolayı bu görüntülerde granül halde değil de tane sınırlarında sıvanmış gibi görünmektedir. Buda bize kullanılan tozun EVA matris içerisinde görülmeyecek düzeyde gömülmesine neden olmuştur. TiO₂ tozlarının matris içerisinde renk farklılıklarından dolayı tespit edilmeleri kolaydır.



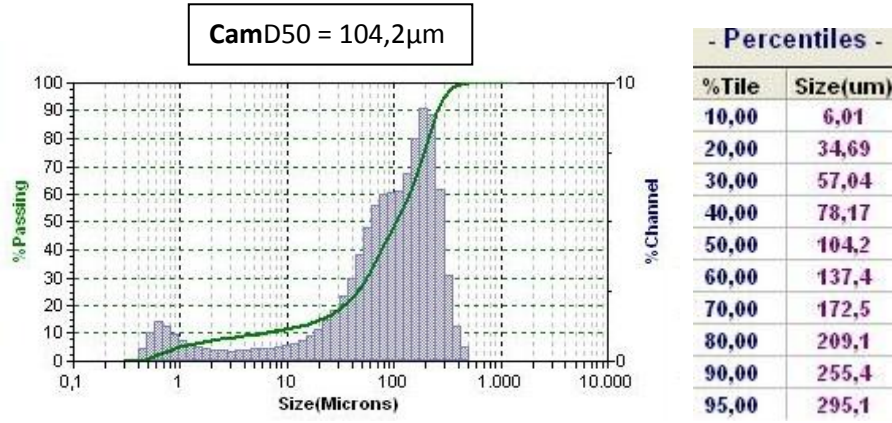


Şekil 6.39. EVA+%10 TiO₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

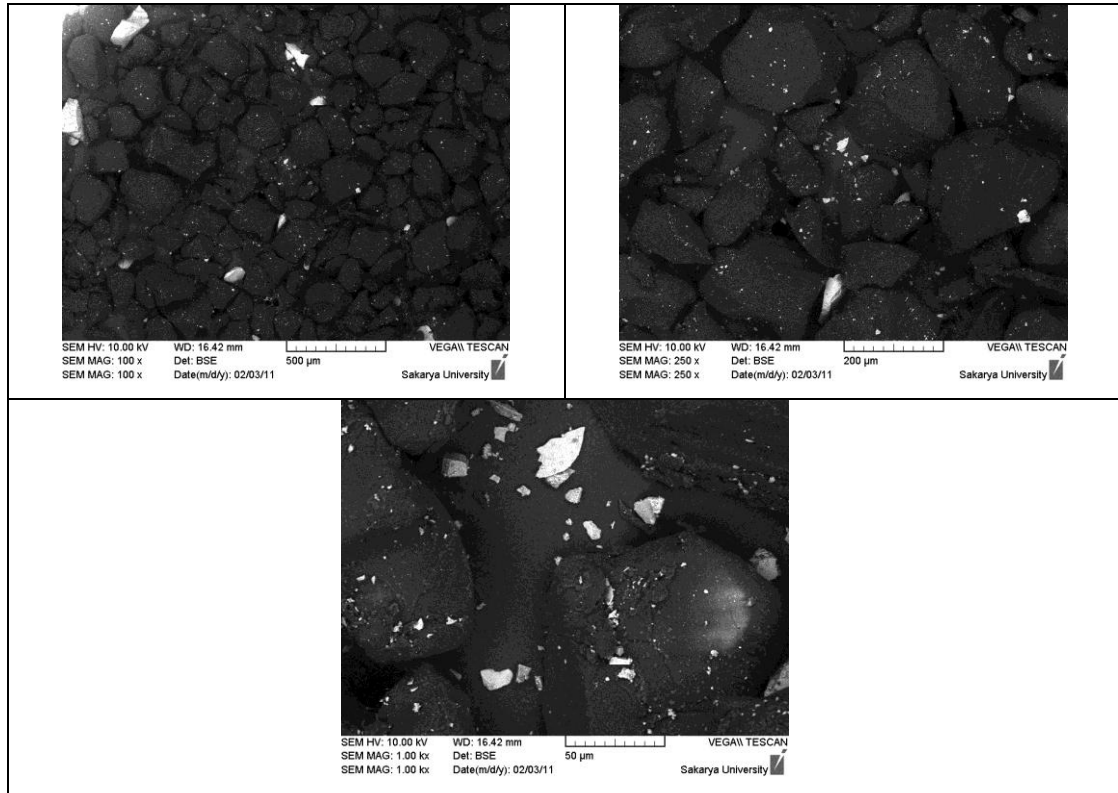
Şekil 6.39. ' da EVA+%10 TiO₂ tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin farklı büyütmelelerdeki Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri verilmiştir. Görüntülerde gaz boşluklarıyla beraber çatlak gibi görüntüler elde edilmiştir. Tane sınırlarında çökelmiş gibi görülen yapılar aslında küçük tane boyutuna sahip olan TiO₂ tozlarının matris içinde görülmeyecek düzeyde tamamen EVA polimer tozu yüzeyine gömülü bir şekilde bulunmasından kaynaklanmıştır.

6.7.1.5. EVA + soda kireç camı

Karışım tozları hazırlanırken EVA polimerinin toz boyutu ölçümleri gerçekleştirildikten sonra karışımda kullanacağımız soda kireç camı tozunun da toz boyutu ölçümleri hesaplanmıştır (Şekil 6.40). CamD50 = 104,2µm olarak hesaplanmıştır. Partikül takviyeli tozlar içerisinde toz boyutu dağılımlarında min. ve max. toz boyutları arasındaki farkın en fazla olduğu toz soda-kireç camıdır. Takviye partikül tozu ve EVA tozu içerisinden nem alındıktan sonra TURBULA' da karıştırma işlemleri yapılmıştır.

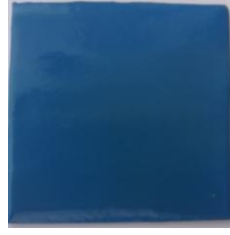


Şekil 6.40. Soda-kireç camı tozunun toz boyutu değerleri



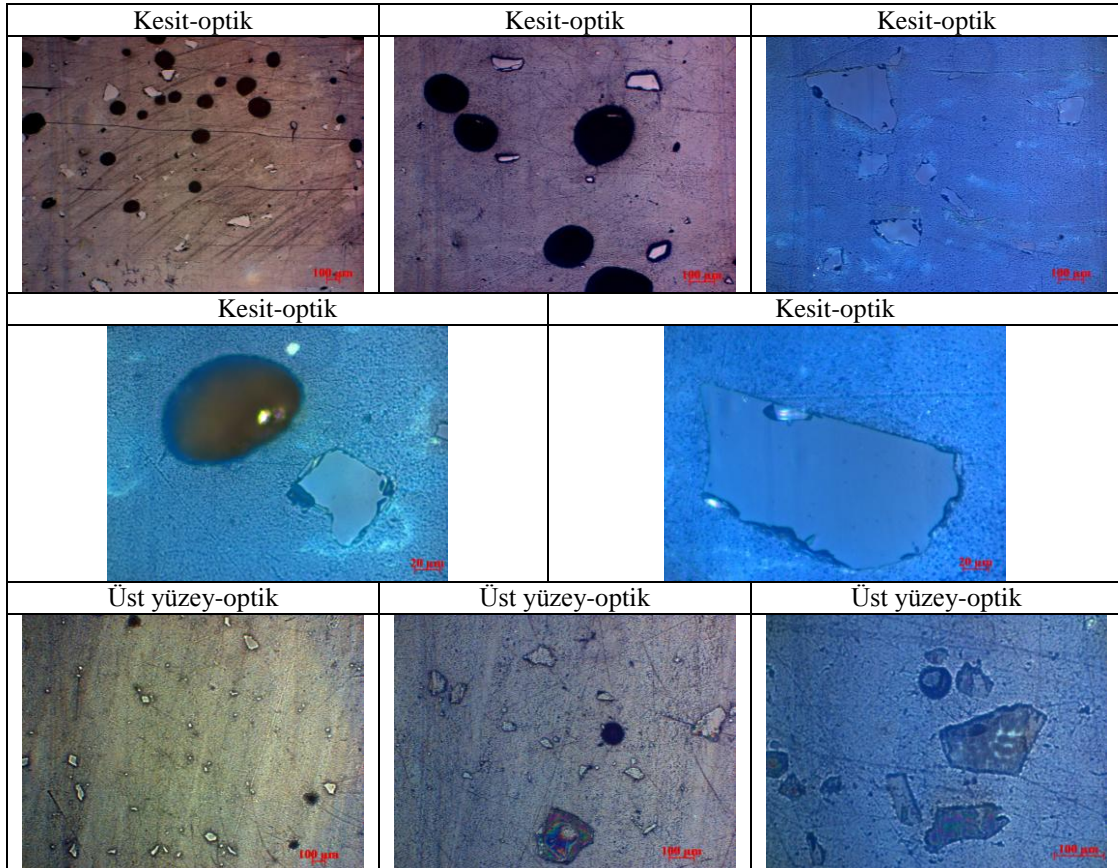
Şekil 6.41. EVA+ %10 soda-kireç camı tozlarının SEM mikroskop görüntüleri

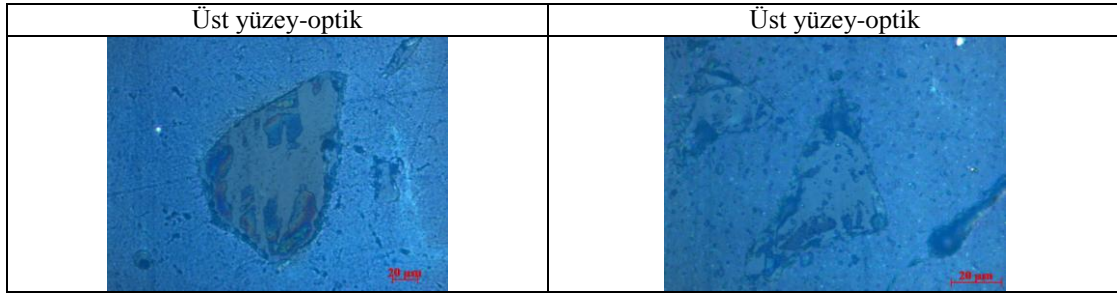
Şekil 6.41.' de partikül takviyeli kaplamalarda kullanılan EVA+soda kireç camı gerekli olan karıştırma işlemleri yapıldıktan sonra çekilen Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) görüntülerinde soda-kireç camının farklı partikül boyutlarında olduğu kanıtlanmıştır. Küçük boyutlu tanecikler ile büyük boyutlu tanecikler matris içerisinde uniform olarak dağılmıştır.



Şekil 6.42. EVA+Soda kireç camı tozunun alev spray ile kaplanmış numunesinin makro görüntüsü

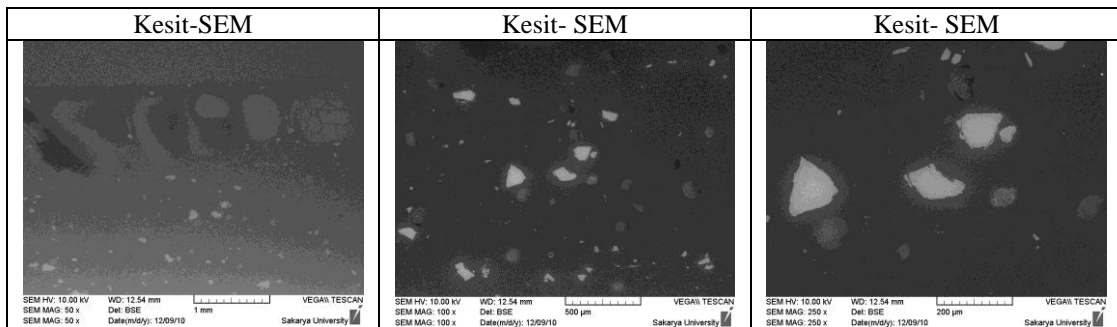
Şekil 6.42.' de takviye partikül tozları ilave edildikten sonra elde edilen optimum parametrelere göre kaplama işlemleri gerçekleştirilmiş ve makro görüntüsü verilmiştir.

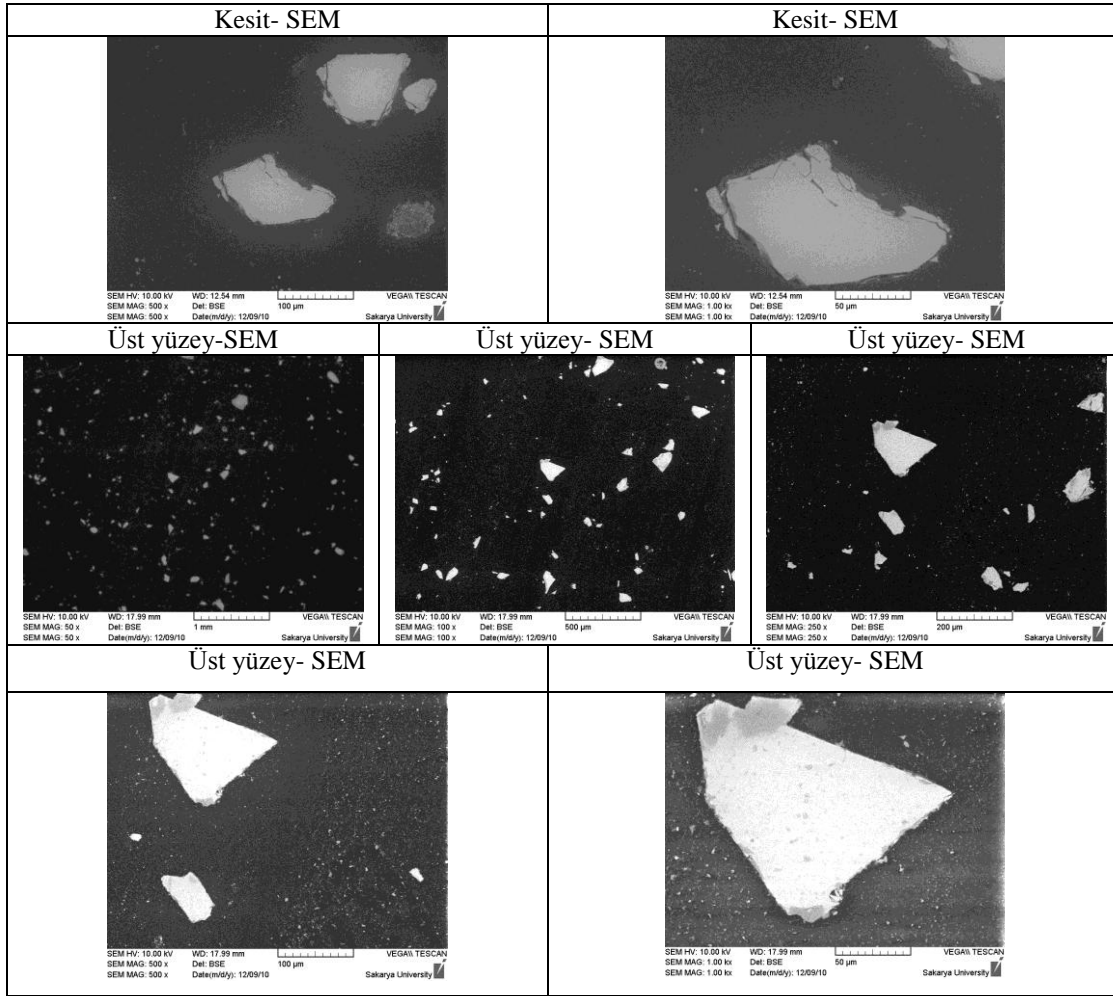




Şekil 6.43. EVA+Soda -kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.43.' de EVA+Soda -kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntülerinde elde edilen sonuçlara bakıldığında zaman kaplama içerisinde gaz boşluklarının etrafında dağılmış halde görüntülenmiştir. 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 mikron arasında değişen cam partiküllerini buldukları konumlarında kaplamaların kalınlık kesiti boyunca farklı boyut ve dağılımlarda konumlandırılmıştır. Matriste bulunan cam partikülünün etrafında bir kısım boşlukların dolmamasının nedeni ise eriyen plastik tozlarının tam olarak partikül çevresini sarabilmesi için gerekli sıcaklığa sahip olmadığından dolayı erime tam olarak tamamlansa bile akışkanlık yeteri kadar sağlanamamıştır.





Şekil 6.44. EVA+Soda -kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 6.44.' de EVA+Soda -kireç camı tozu kaplamalarının kesitinin ve üst yüzeylerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntülerinden elde edilen sonuçlar gözlenmiştir. Bu görüntülerde ergimeyen plastik tozlarının yanı sıra beyaz renkte bulunan cam partikülleri görüntülenmektedir. Bazı takviye tozlarının dış kısımlarında çatlakların bulunması kaplama sırasında cam partiküllerinin kaplamanın etkisiyle deforme olabileceği etkisinin oluşabileceğini göstermektedir.

6.5.2. Performans testleri

6.5.2.1. Isıl işlem uygulaması

Alev sprej yöntemiyle kaplama işlemi uygulamalarında toz karışımları numunelerine içerisindeki belirli oranda karıştırılmış olan tozların konumlarında meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla ısıl işlem uygulanmaktadır. Isıl işlem uygulamalarında kullanılan polimer tozunun erime sıcaklığı esas alınarak ısıl işlem sıcaklığı belirlenmektedir. Isıl işlem sıcaklıkları 25-50-75-100 °C sıcaklıkları denenmiş olup uygun sıcaklık olarak 100 °C' de 30 dk. beklenerek mikro yapısındaki değişimler incelenmeye çalışılmıştır. Isıl işlem numunelerin ısıl işlem öncesi ve sonrası ağırlık kayıplarıyla (Tablo 6.14.) beraber (Tablo 6.13.) sertlik dağılımları da verilmiştir.

- EVA kaplamasının erime sıcaklığı 132 derece olduğundan dolayı kimyasal bağlarda herhangi bozunma gerçekleştirilemediği görülmüştür.
- Isıl işlem sıcaklığı 100 dereceden daha fazla sıcaklıklara çıkarıldığında ise kaplama tamamen erimekte ve kimyasal bağlar bozunmaktadır.
- Uygulanan 100 derecelik sıcaklık bağ enerjilerini çok az miktarda değiştirmiş olup pik yüksekliklerinde değiştirme gerçekleştirilmeyip ancak pikler arası daralma gerçekleştirmiştir

Tablo 6.13. Karışım tozlarıyla üretilen numunelerin ısıl işlem öncesi ve sonrası ağırlık oranları

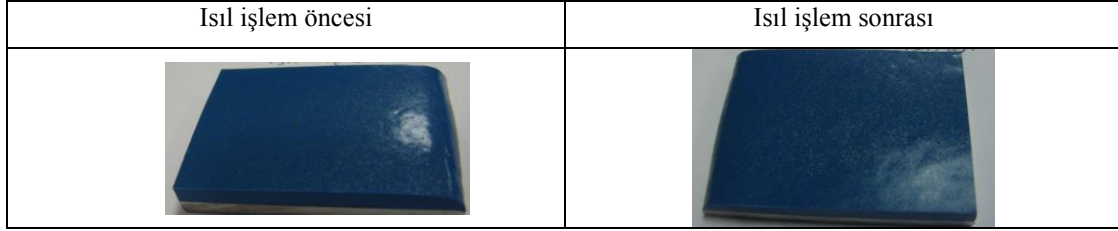
Tozlar	Erime S.- °C	Yoğunluk-gr/ cm ³	Isıl işlem öncesi sertlikleri			Isıl işlem sonrası sertlikleri		
			95.9	95.5	96.5	96.2	96.2	96.5
SiC	1250	3,21	95.9	95.5	96.5	96.2	96.2	96.5
Al ₂ O ₃	2000	3,92	95.9	96.0	96.7	95.5	96.5	94.4
TiO ₂	1660	4,5	95.9	96.2	95.8	92.1	94.8	95.3
Soda-kireç	1710	2,4	95.8	94.4	96.2	92.9	94.2	95.9

Tablo 6.14. Karışım tozlarıyla üretilen numunelerin ısıl işlem öncesi ve sonrası ağırlık oranları

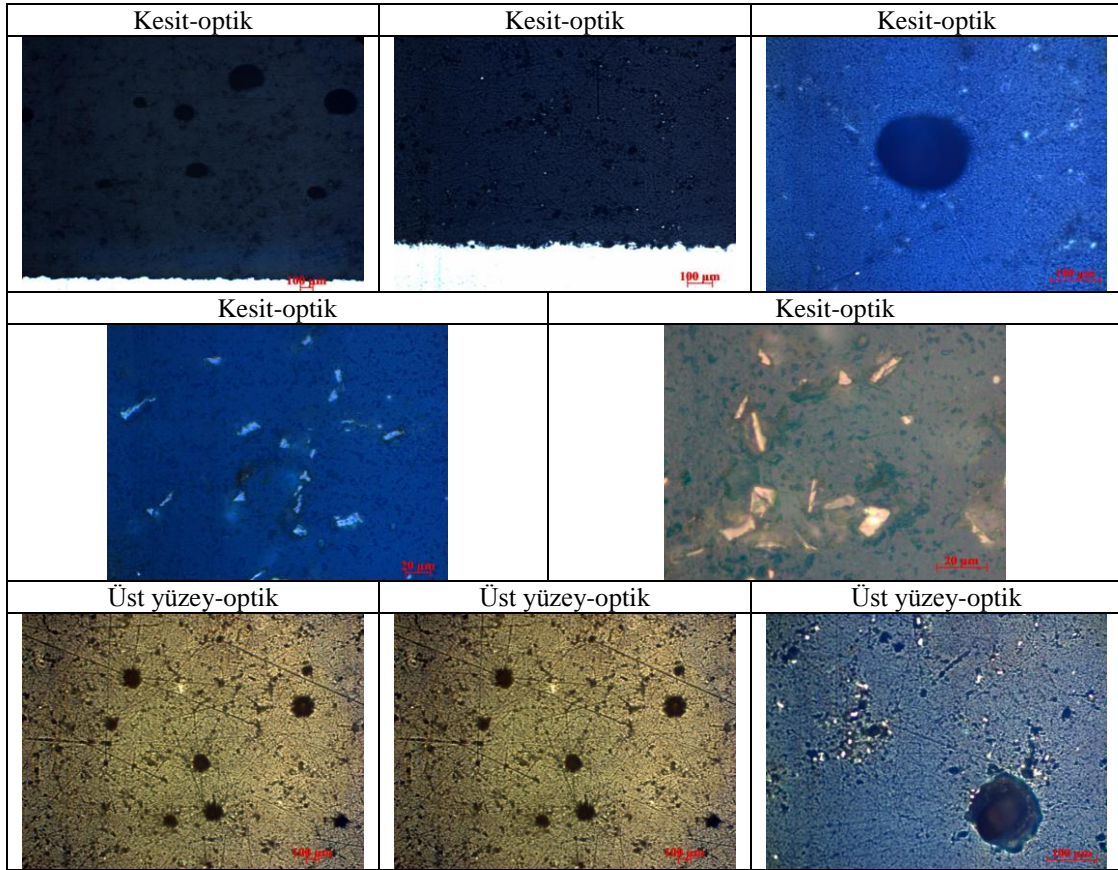
Numuneler	Toz karışım numunelerinin ısıl işlem öncesi ağırlıkları-gr	Toz karışım numunelerinin ısıl işlem sonrası ağırlıkları-gr
Cam	32.4	32.3
SiC	37.7	37.6
Al ₂ O ₃	34.2	34.2
TiO ₂	37.7	37.7

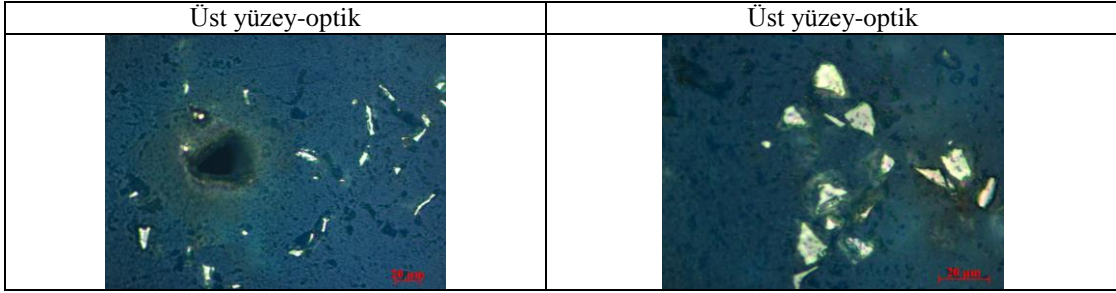
EVA+SiC karışım tozu kaplamasının ısıtılma işlemi uygulaması ;

Isıl işlem koşulları 100 °C' de 30 dk. süre ile yapılmıştır. Alttan ısıtmalı tabla üzerine konulan numunenin üst yüzeyi hava ile temas halinde olup 30 dk. sonunda numunenin makro görüntüsü Şekil 6.45.' deki gibi çekilmiştir.



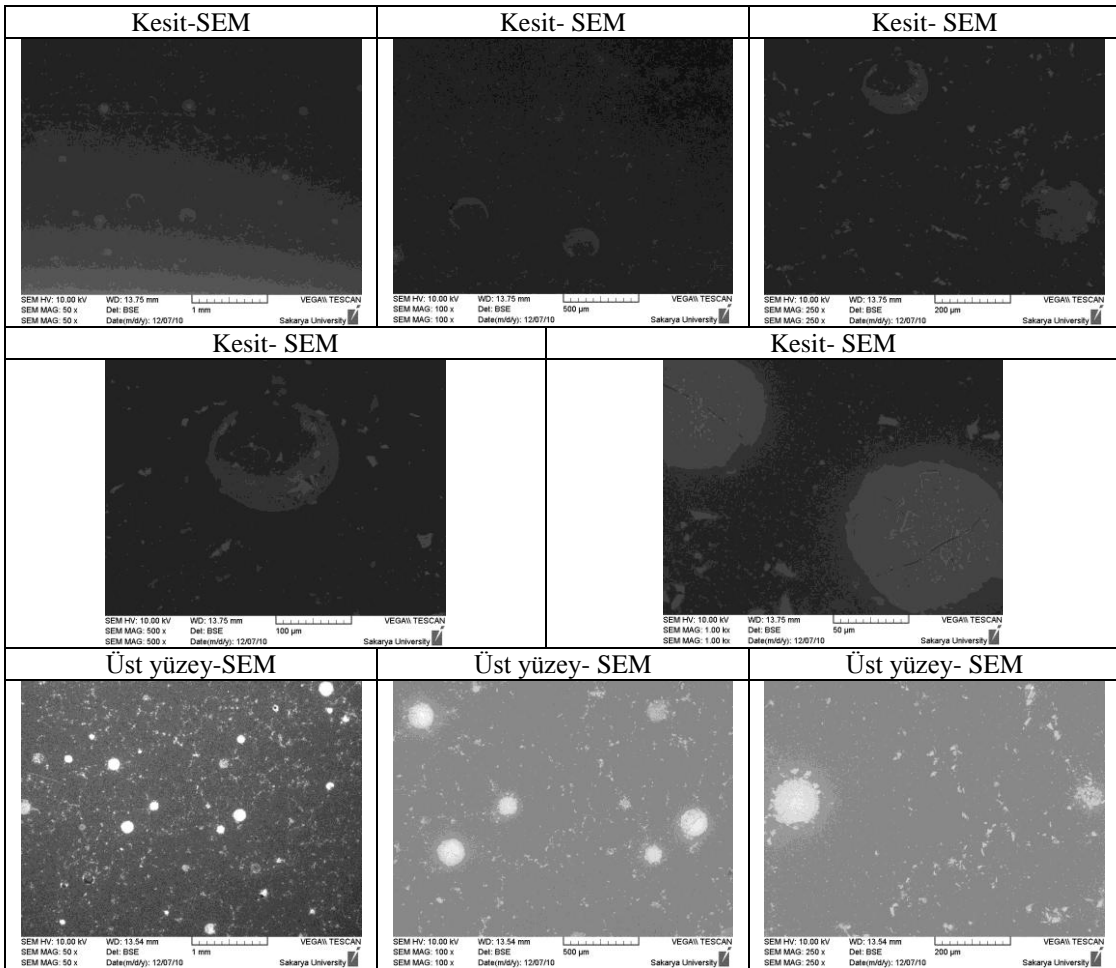
Şekil 6.45. EVA+SiC tozu kaplamasının ısıtılma işlemi öncesi ve sonrası makro görüntüleri

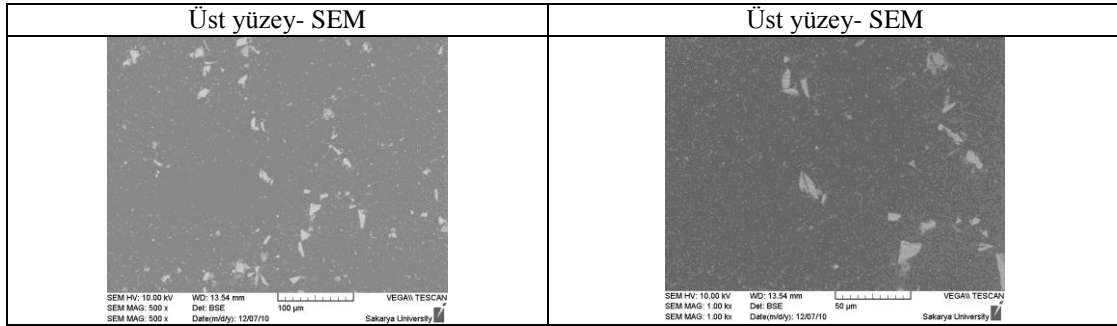




Şekil 6.46. EVA+SiC tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.46.' te EVA+SiC tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntülerinde yarı ergimiş halde bulunan EVA tozlarının ergimeye başlamasıyla gaz boşlukları alanlarının daralmaya başladığı gözlenmiştir. SiC tozlarında herhangi bir değişim gözlenmezken matris yapısı içerisinde gömülü halde bulunduğu tespit edilmiştir.

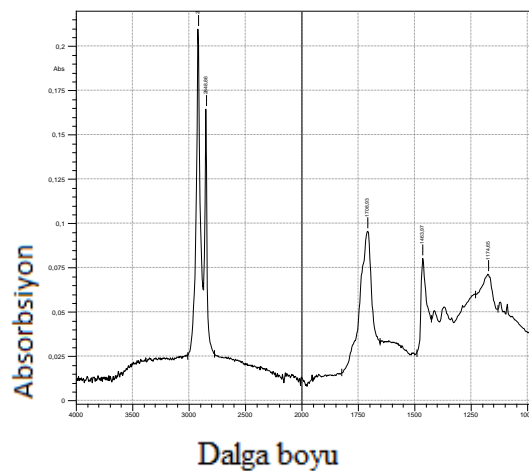




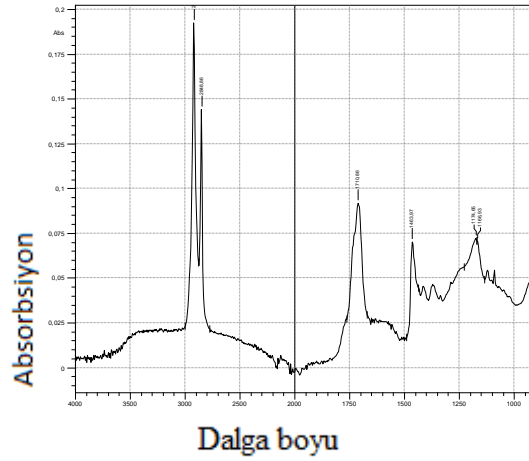
Şekil 6.47. EVA+SiC tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeyinin SEM görüntüleri

Şekil 6.47.' de verilen EVA+SiC tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeyinin Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri incelendiğinde matris yapısındaki katkı parçacıklar ve erimemiş parçacıklar ısı işlemle beraber termal genişlemeye maruz kaldığından dolayı matris yapısı genişip erimemiş parçacıklar genişemediğinden dolayı bu parçacıklar üzerinde gerilmeler oluşturur. EVA polimer tozları üzerinde çatlak, kırılmalar ve kopmuş parçacıklar gözlenmiştir. Matris yapısında farklı ergime sıcaklığına sahip parçacıklar ısı işlemin etkisiyle termoplastik esaslı parçacıklar erimeye başlamakta ve bölgesel viskoz akış artmaktadır. Küçük boyutlu sert parçacıklar matris yapısında erimemiş parçacıkların yüzeyine yapışmaktadır.

Şekil 6.48 ve 6.49.' da EVA+SiC kaplamasının ısı işlem öncesi ve ısı işlem sonrası IR analizleri verilmiştir.



Şekil 6.48. EVA+ SiC karışım tozu kaplamasının ısı işlem öncesi IR eğrileri



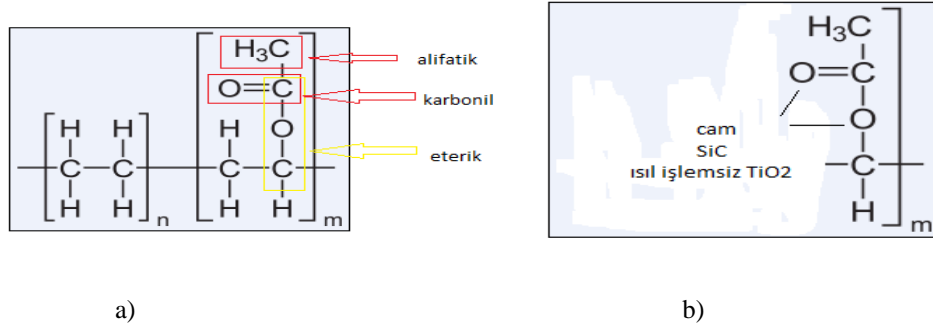
Şekil 6.49. EVA+ SiC karışım tozu kaplamasının ısı işlem sonrası IR eğrileri

Şekil 6.3.' de INFRARED ışınları saf EVA kaplamasında 3 pik verilmişti. Soldan sağa doğru alifatik, karbonil ve eterik olarak pikler sıralanmıştır. IR analizinde görülen 4. pik ise kaplamaya ilave edilen SiC ye aittir. Saf EVA kaplaması referans alınarak Partikül takviyeli EVA kaplamasının ısı işlem öncesi ve sonrası eğrilerde pik yüksekliklerinde herhangi bir değişimin olmaması kimyasal yapısında değişimin olmadığını göstermiştir. İlave edilen SiC pik yüksekliği EVA kimyasal formunda bağ yapmadığını sadece etkileşim oluşturduğunu gösterir.

Şekil 6.48.' deki EVA+SiC kaplamasının ısı işlem öncesi IR analizine bakıldığında karbonil piki (O=C) yaklaşık olarak 1708 1/cm' de pik vermektedir. Alifatik pik (CH₂-CH₃) 2900 1/cm de, eterik piki (C-O-C) ise 1463 ve 1710 konumlarında pik verdiği görülür. Saf EVA kaplamasının IR eğrilerinde ise verilen piklerin değerleriyle karşılaştırma yapılacak olursa karışım tozu pik yüksekliğinde herhangi bir değişim oluşturmadığı görülür. SiC tozları EVA matris yapısı içerisinde fark oluşturacak bir değişim veya kaplama sırasında EVA tozuyla beraber erime göstermediğinden dolayı kimyasal bağlarda yeniden yapılandırma oluşturmadığı kaydedildi.

Şekil 6.49.' daki EVA+SiC kaplamasının ısı işlem sonrası IR eğrilerine bakıldığında ise karbonil piklerinin (O=C) 1710 1/cm' de , alifatik piklerinin (CH₂-CH₃) 2900 1/cm' de ,eterik piklerinin ise 1463 ve 1174 1/cm' de görüldüğü tespit edildi. Yapısal veya kimyasal bağlarında herhangi bozunma oluşturmadığı gözlemlendi. Isıl işlem

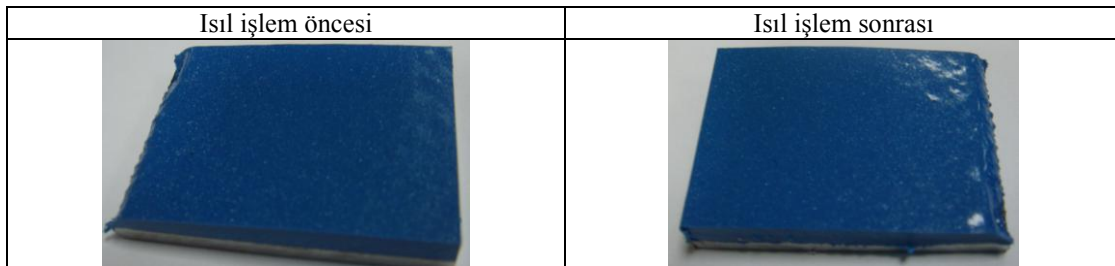
sonrasında elde edilen değişim EVA ile SiC tozları arasındaki bağ şiddetlerinin artmış olmasıdır. Bağ şiddetlerinin artışı SiC tozlarının çekim gücüne dayanan EVA'nın bağ yapısı içerisinde bulunan elementlerin etrafındaki konumlanmalarıyla ilgili olmasıdır. SiC tozları EVA bağ yapısı içerisinde oksijenler arasında konumlanabileceği bu grafiklerde verilen pik eğrilerinde tespit edildi. [Şekil 6.50.]



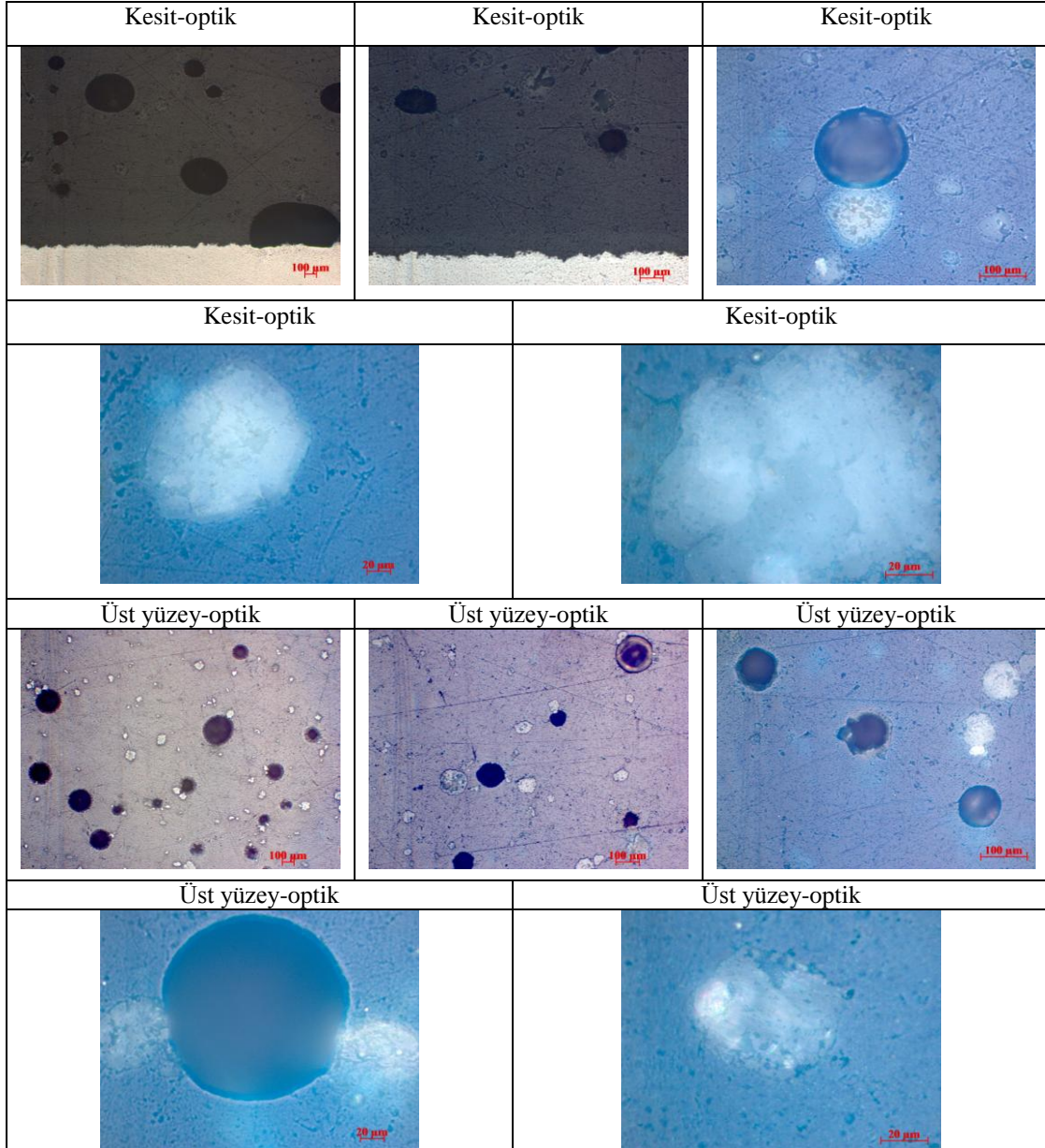
Şekil 6.50. a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları
b) EVA bağ yapısı içerisindeki SiC tozunun konumlanması

EVA+ Al₂O₃ karışım tozu kaplamasının ısı işlem uygulaması ;

100 °C' de 30 dk. olarak yapılan ısı işlem sonrası elde edilen makro, optik ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) mikroskobu görüntüleri 6.51- 6.53.' de gösterilmektedir.

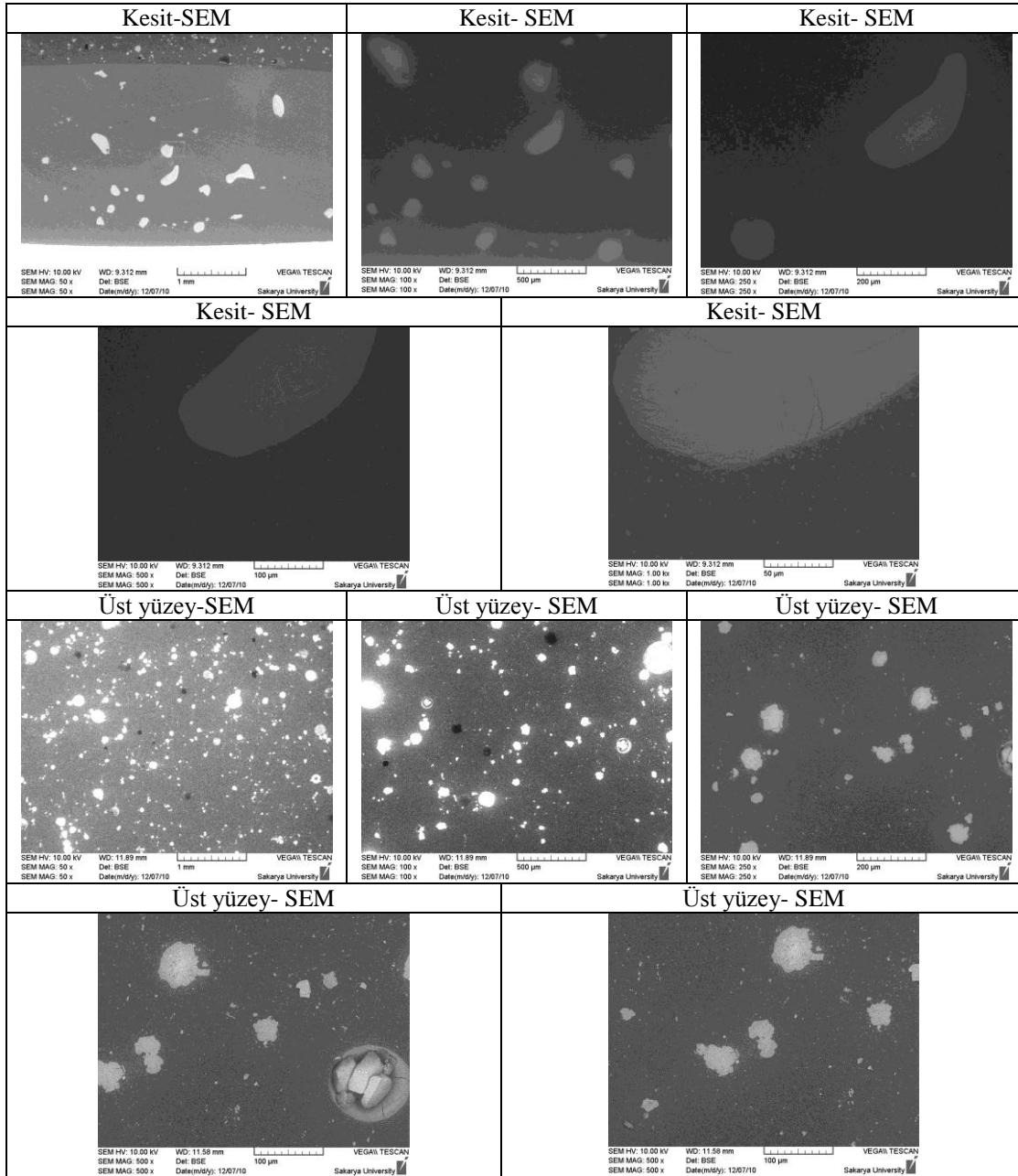


Şekil 6.51. EVA+ Al₂O₃ tozu kaplamasının ısı işlem öncesi ve sonrası makro görüntüleri



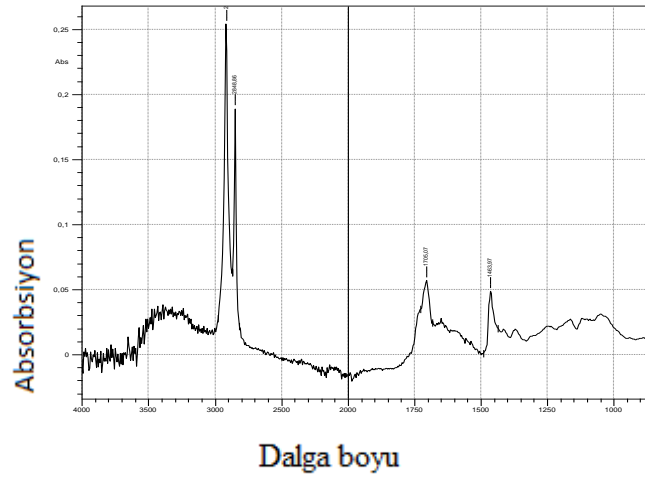
Şekil 6.52. EVA+Al₂O₃ tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.52.'de EVA+Al₂O₃ tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntülerinde ısı işlem sonrasında gaz boşlukları miktarında azalma ve çaplarında daralmalar gözlenmektedir. Karışım tozları ısı işlem sonrasında matris yapısı içerisinde dış çeperinde boşluk kalmayacak şekilde gömülü pozisyona gelmiştir. Bazı optik görüntülerinde ise karışım tozları gaz boşluklarının alanını küçültmeye yönelik girişimlerde bulunduğu da görülmektedir

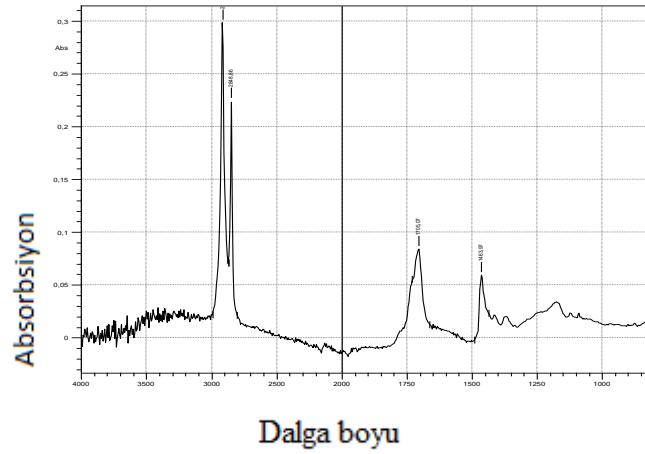


Şekil 6.53. EVA+Al₂O₃ tozu kaplamalarının ısısal işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 6.53.' de EVA+Al₂O₃ tozu kaplamalarının ısısal işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntülerinde kaplama tozlarının konumları tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz görüntülerde ısısal işlemle beraber meydana gelen gerilmelerin etkisinde taneciklerin etrafında herhangi bir çatlak ve kırılmalar gözlenmemektedir. Üst yüzey görüntülerinde ısısal işlemin etkisinde gaz boşluklarının içlerine takviye toz parçacıklarının konumlandığı gözlenmiştir. Isısal işlemdeki gerilmeler toz parçacıklarının hareketlenmesine neden olmuştur.



Şekil 6.54. EVA+ Al₂O₃ karışım tozu kaplamasının ısı işlem öncesi IR eğrileri



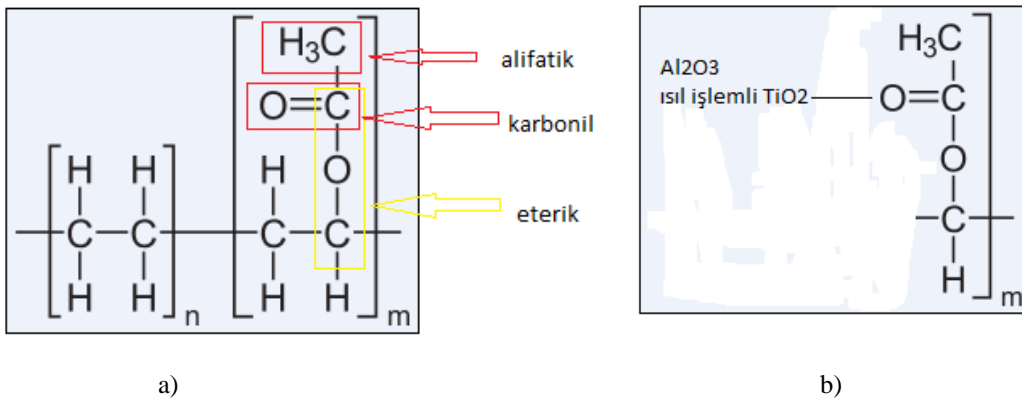
Şekil 6.55. EVA+ Al₂O₃ karışım tozu kaplamasının ısı işlem sonrası IR eğrileri

INFRARED ışınları gönderilen partikül takviyeli kaplama içerisindeki alümina ya ait pik yüksekliği soldan sağa doğru 4. pik olarak belirmiştir. Karbonil ve etrik grup arasındaki titreşimler EVA içerisinde bulunan renk pigmentlerinin ısı işlem ile özelliklerini kaybettiğini gösterir. Isıl işlem öncesinde belirgin olmaya alümina piki ısı işlem sonrasında gönderilen ışınların belirli frekanslardaki titreşimleri vasıtasıyla yayılan enerjiyi tam olarak belirgin hale getirmiştir. Pik yüksekliği gönderilen ışınları absorbe ettiğini göstermiştir.

Şekil 6.54.' deki EVA+Al₂O₃ karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların ısı işlem öncesi IR eğrilerinde karbonil piki (O=C) 1705 1/cm' de, Alifatik pik (CH₂-CH₃) 2900 1/cm' de, etrik pik yapısı ise 1464 ve 1175 1/cm' de pik verdiği tespit edildi.

Sadece EVA kaplamasının IR eğrilerinde elde edilen değerlere bakıldığında karışım tozu kaplamalarının pik yüksekleriyle EVA kaplamasının pik yüksekliklerinin aynı değerde oldukları görüldü. Isıl işlem öncesi kaplamaların bağ yapılarında veya bağlar arası etkileşimlerde herhangi değişim olmadığı tespit edildi.

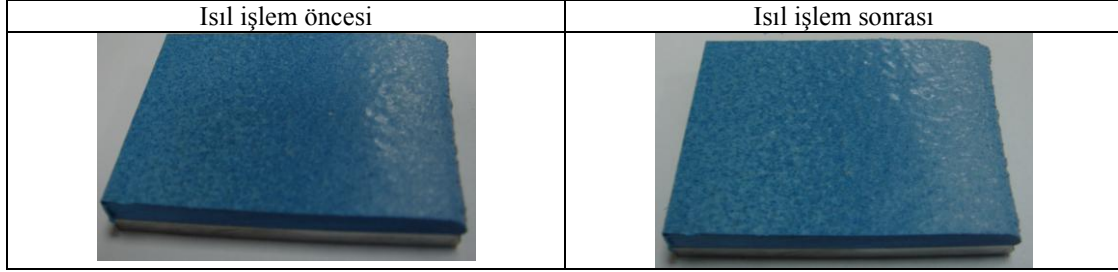
Şekil 6.55.'daki EVA+Al₂O₃ kaplamalarının ısı işlem sonrası ölçülen IR eğrilerinde elde edilen pik yüksekliklerine göre karbonil piki (O=C) 1707 1/cm' de, alifatik pik yüksekliği 2900 1/cm' de, eterik piki ise 1465 ve 1175 1/cm' de görüldü. Isıl işlem öncesi ile ısı işlem sonrası pik yükseklikleri sadece EVA ile kaplanan numuneden elde edilen pik yükseklik değerleriyle aynı oldukları için kimyasal bağ yapılarında herhangi bir değişim olmadığı söylenebilir. EVA bağ yapısında ki tek bir oksijen elementiyile etkileşim oluşturdukları için cam,SiC veya ısı işlemsiz TiO₂ 'nin oluşturdukları etkileşim şiddetlerinden daha az bir etkileşim gösterdikleri tespit edildi. [Şekil 6.56.]



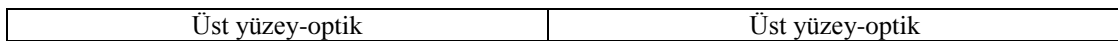
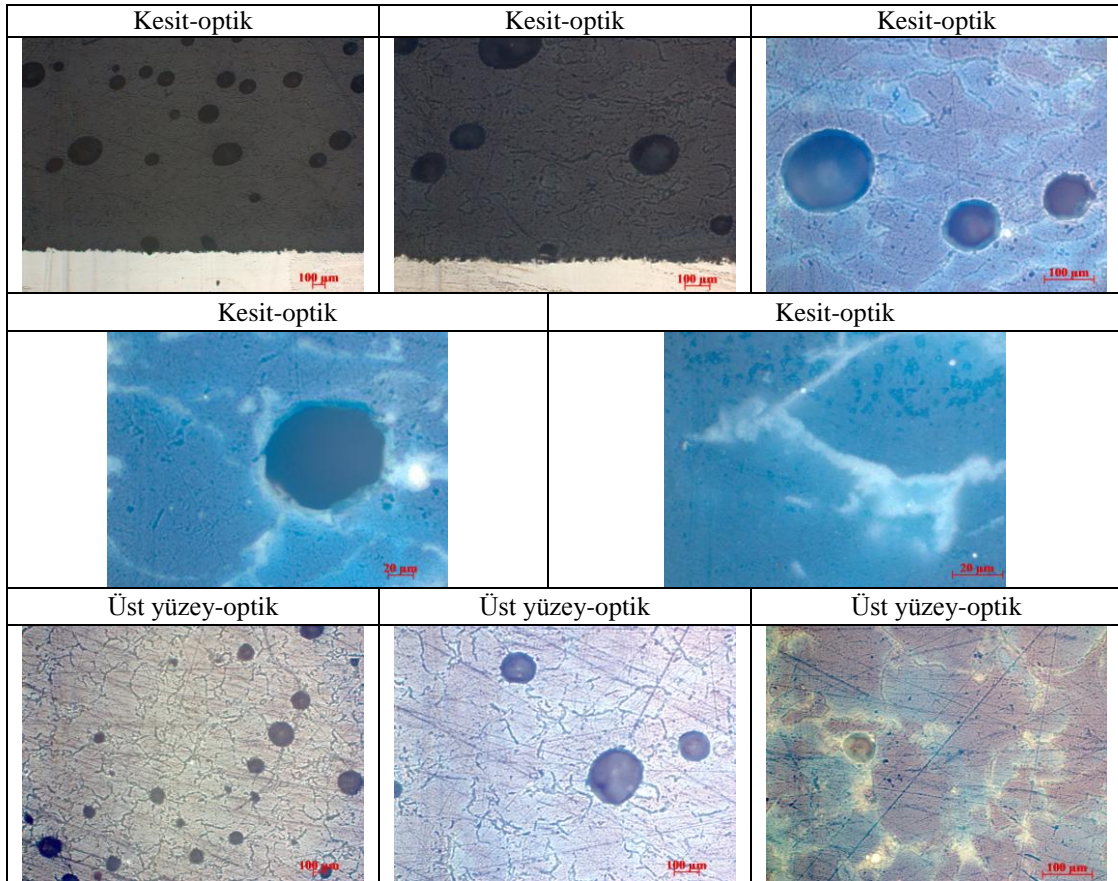
Şekil 6.56. a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları
b) EVA bağ yapısı içerisindeki Al₂O₃ tozunun konumlanması

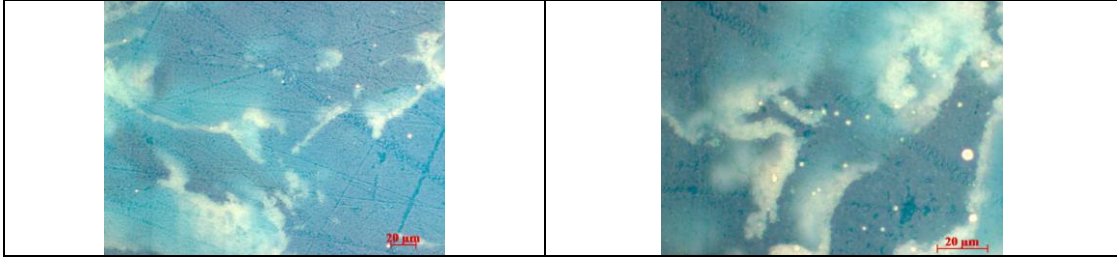
EVA+ TiO₂ karışım tozu kaplamasının ısı işlem uygulaması ;

Kullanılan datalara bağlı kalınarak yapılan ısıt işlem uygulaması sonrasında numunenin makro görüntüleri Şekil 6.57.' de verilmiştir.



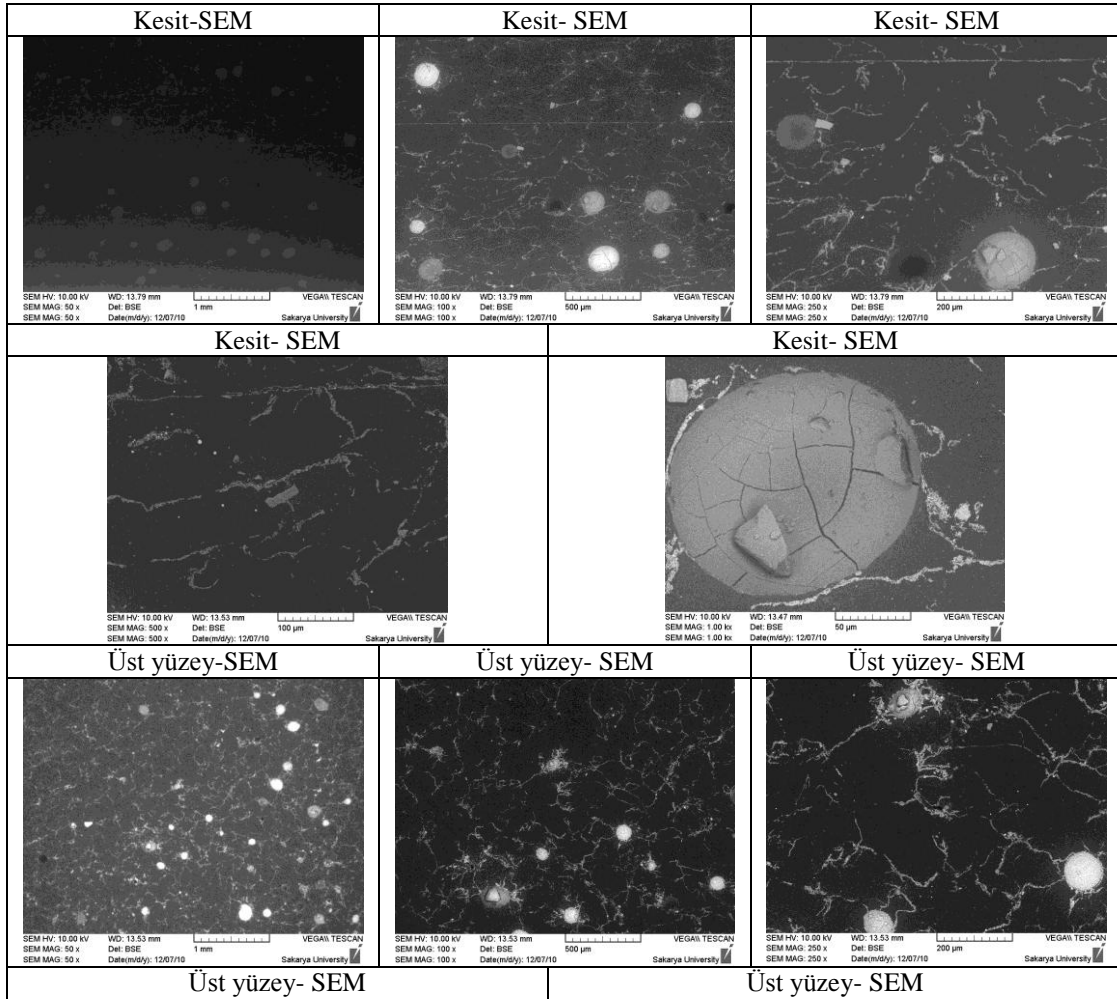
Şekil 6.57. EVA+ TiO₂ tozu kaplamasının ısıt işlem öncesi ve sonrası makro görüntüleri

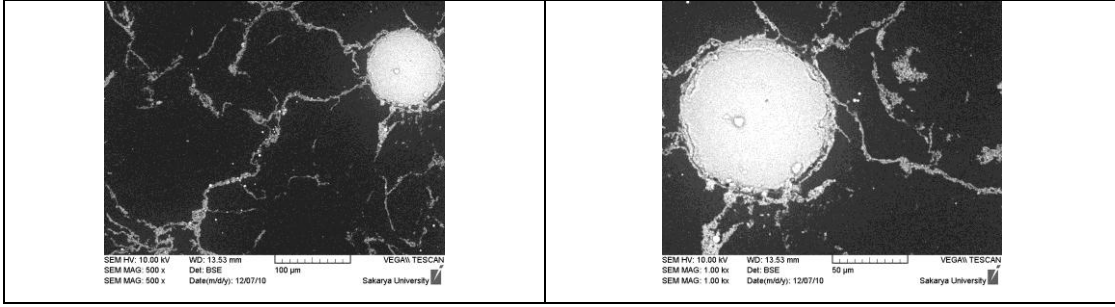




Şekil 6.58. EVA+ TiO₂ tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.58.' de ki optik mikroskop görüntülerinde TiO₂ tozları EVA tozlarının üzerlerini saracak şekilde sıvandığı görülmektedir. Gaz boşlukları yapı içerisinde net bir şekilde görünmesine rağmen TiO₂ tozları yapı içerisinde görüntülenememektedir. Ancak EVA toz renginin mavi olması ve TiO₂ toz renginin de beyaz olmasından dolayı renk farklılıkları bize iki tozunda görüntüler içerisinde kolay bir şekilde tespit edilmesine yardımcı olmuştur.

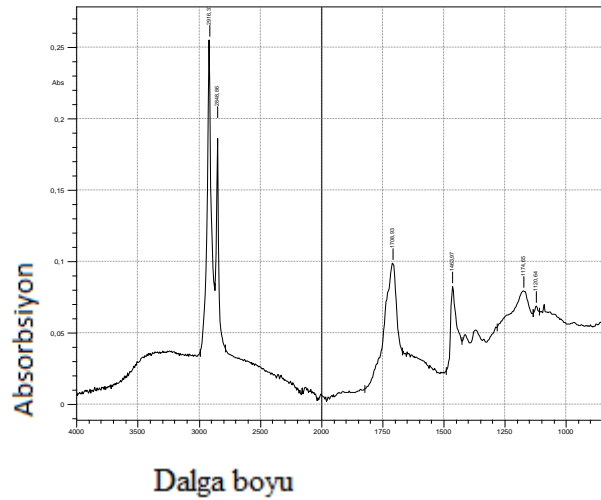




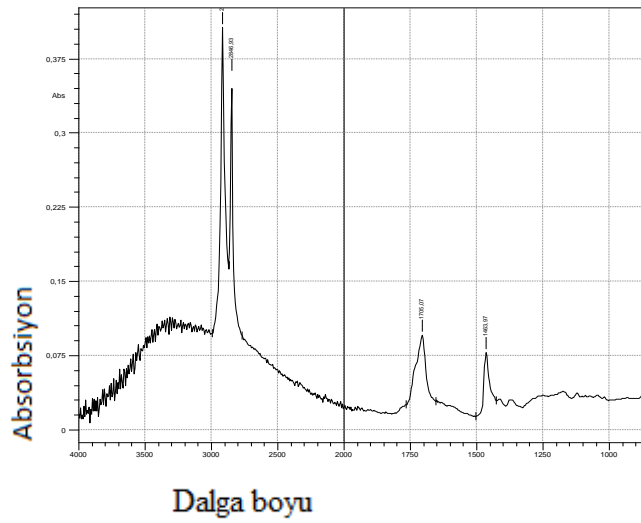
Şekil 6.59. EVA+ TiO₂ tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 6.59.' da EVA+ TiO₂ tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri verilmektedir. Optik mikroskop görüntülerinden de anlaşıldığı üzere partikül boyutunun küçük olması tozun matris içerisinde ki görünürlüğünü etkilemiştir. Matris içerisinde erimemiş toz partikülleriyle beraber gaz boşlukları bulunmaktadır. Kesitten alınan görüntülerde ısı işlemin etkisiyle erimemiş EVA toz partikülleri termal genişlemeye maruz kaldığından dolayı toz partiküllerinin üzerinde çatlaklar ve kırılmalar oluşmasına neden olmuştur. Beyaz granül yapıdaki görüntüler ise TiO₂ tozlarının karıştırmanın etkisiyle topaklandığını göstermektedir

EVA+TiO₂ kaplamalarından elde edilen IR eğrileri Şekil 6.60. ve 6.61.' de gösterilmektedir.



Şekil 6.60. EVA+ TiO₂ karışım tozu kaplamasının ısı işlem öncesi IR eğrileri

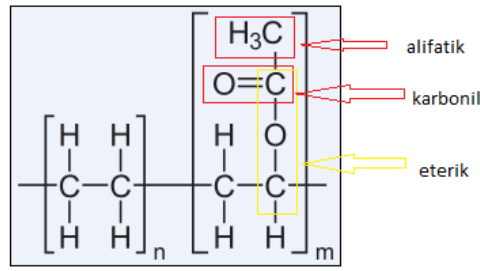


Şekil 6.61. EVA+ TiO₂ karışım tozu kaplamasının ısı işlem sonrası IR eğrileri

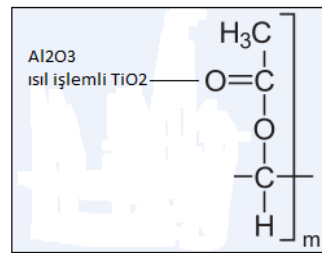
Isıl işlem öncesinde belirgin bir halde bulunan titanyumun piki ısı işlem sonrasında pik yüksekliğini azaltmıştır. Bu durum ise ısı işlem öncesinde iki tane oksijenle etkileşimde bulunan titanyum ısı işlem sonrasında enerji seviyesinde meydana gelen azaldan dolayı titanyumun tek oksijenle etkileşim oluşturmasını sağlamaktadır. Karbonil ve eterik grup arasındaki titreşimlerin azalması EVA toz içerisindeki renk pigmentlerin kaybolmasına ve özelliklerini yitirmesine neden olmuştur.

Şekil 6.60.'daki EVA+TiO₂ kaplamalarından ısı işlem öncesi elde edilen IR eğrilerinde karbonil pik yüksekliği (O=C) 1709 1/cm' de , alifatik pik yüksekliği (CH₂-CH₃) 2900 1/cm' de, eterik piki (C-O-C) 1463 ve 1174' de görüldüğü tespit edilmiştir. Elde edilen pik yükseklikleri EVA kaplamasının pik yüksekliğiyle eşdeğerde olduğundan dolayı bağ yapılarında herhangi bir değişim oluşturmadığı tespit edilmiştir. Buradaki farklılık titanyum elementinin ısı işlem öncesinde iki oksijen ile etkileşim oluşturması, ısı işlem sonucunda etkileşim oluşturduğu oksijen sayısını bir düşürdüğü tespit edildi.

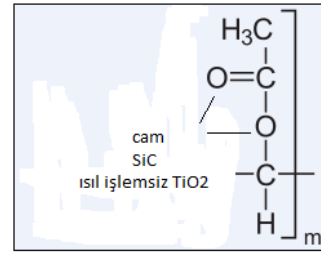
Şekil 6.61.'deki EVA+TiO₂ kaplamalarının ısı işlem sonucunda elde edilen IR eğrilerinde karbonil piki (O=C) 1705 1/cm' de, alifatik pik grubu 2900 1/cm' de, eterik pikinin ise 1463 tek pik vermesiyle tespit edildi. Ti elementi ısı işlem öncesinde etkileşim oluşturduğu iki adet oksijen sayısını bir düşürmesiyle kimyasal bağlar arasındaki şiddeti azaltmıştır.[Şekil 6.62.]



a)



b)

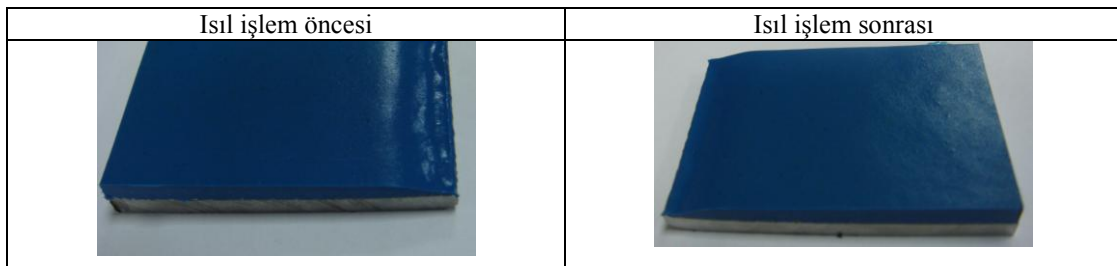


c)

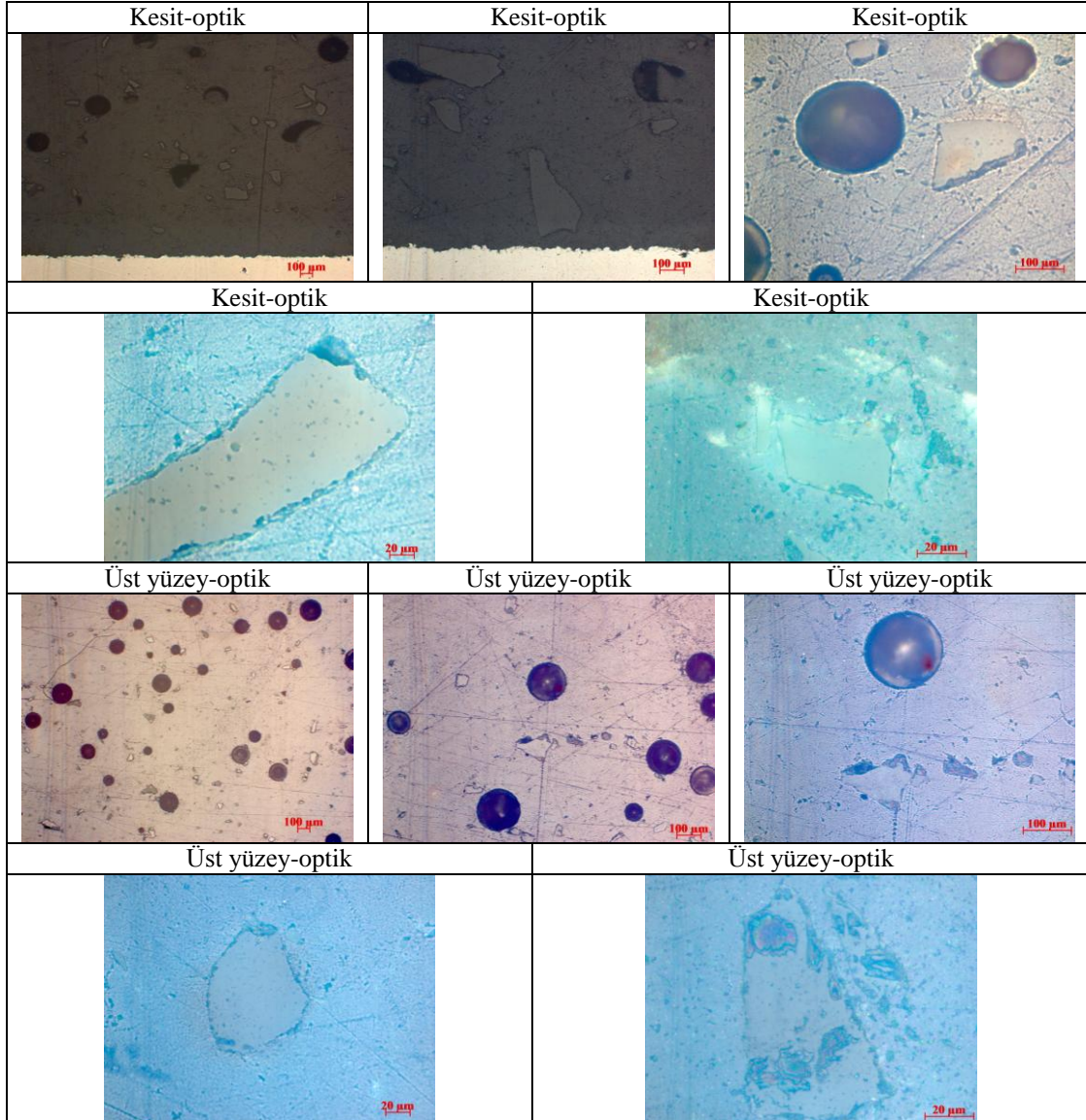
Şekil 6.62. a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları
b) EVA bağ yapısı içerisindeki ısıtılmış TiO₂ tozunun konumlanması
c) EVA bağ yapısı içerisindeki ısıtılmıy TiO₂ tozunun konumlanması

EVA+ Soda-kireç camı karışım tozu kaplamasının ısıtılmış uygulama ;

Isıl işlem koşulları 100 °C' de 30 dk.' da gerçekleştirilmiştir. Kaplamaların makroskobik görüntüsü Şekil 6.63.' de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi kaplamada makroskobik olarak herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



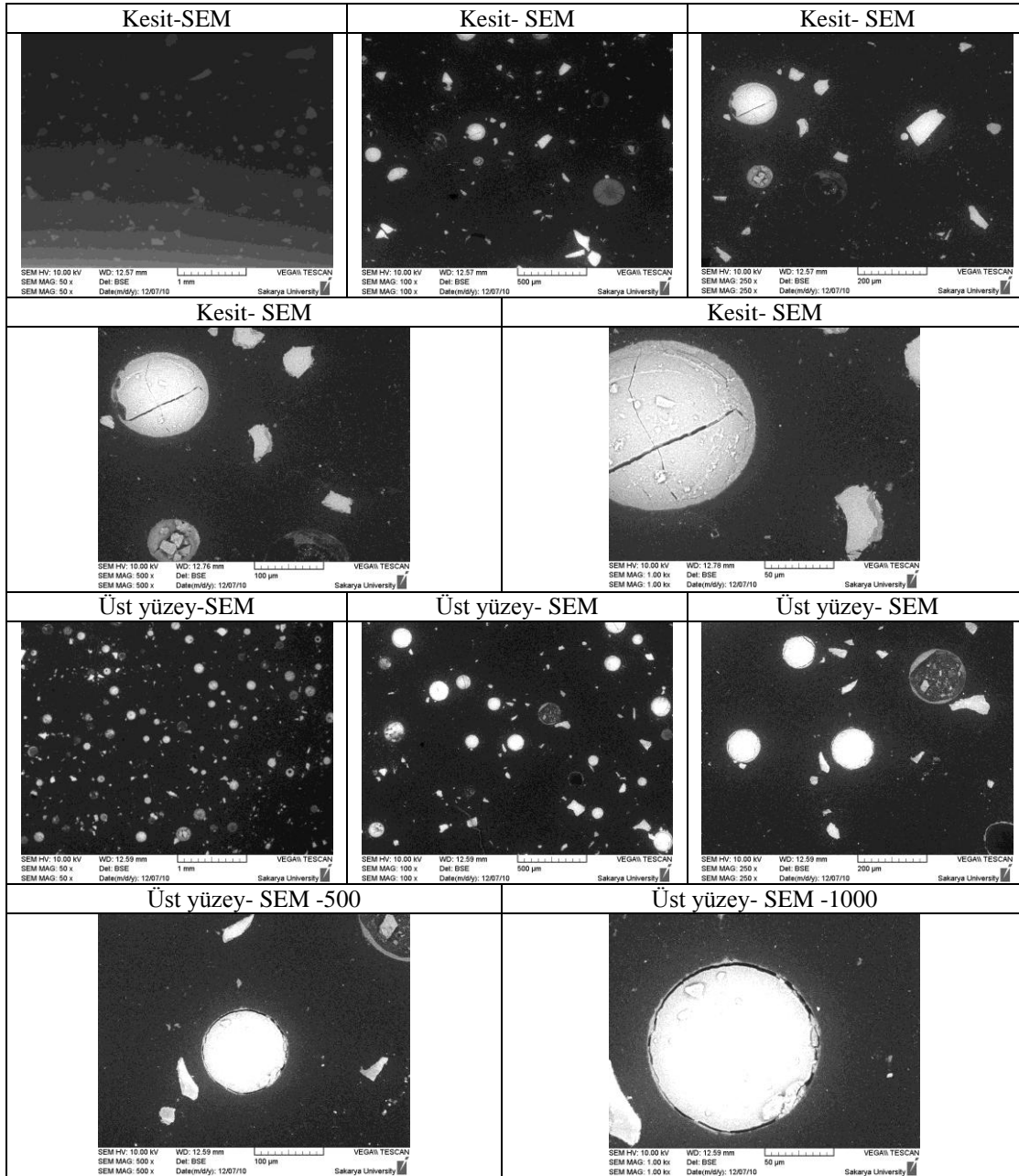
Şekil 6.63. EVA+ Soda-kireç camı tozu kaplamasının ısıtılmış öncesi ve sonrası makro görüntüleri



Şekil 6.64. EVA+ soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıtılma sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.64.' de EVA+ soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıtılma sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri gösterilmektedir. Kullanılan tozlar içerisinde en fazla partikül boyutuna sahip olan (104.2 µm) cam tozu partikülleri görüntülerde net bir şekilde gözlenmiştir. Görüntüler içerisinde yer alan gaz boşlukları ısıtılma ile beraber matris içerisinde çaplarında daralmalar oluşturmuştur. Isıtılma işlemdeki termal şokun etkisi toz partiküllerinin gaz boşluklarının çaplarının daralmaya zorlamalarıyla beraber gaz boşluklarının içerisine yerleşmeye yönelik hareketlerde de bulunmaktadır. Aynı zamanda toz partiküllerinin dış çeperleri etrafından oluşan boşlukların giderilmesiyle beraber toz matris içerisinde tamamen

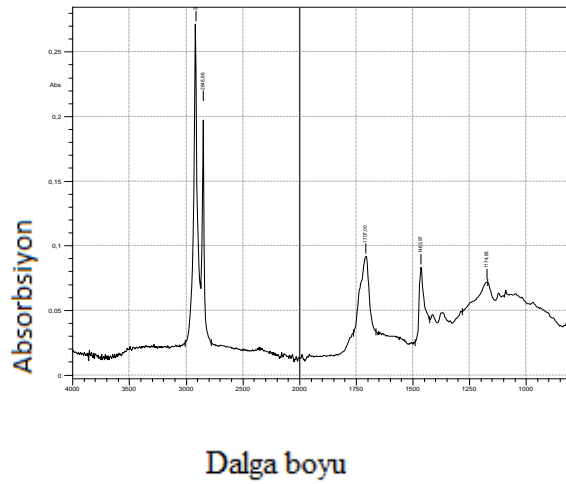
gömülü konuma gelmektedir. Görüntülerde ısıl işlem toz partiküllerinin içerisinde veya dış çeperlerinde herhangi bir deformasyona neden olacak bir etki oluşturmamıştır.



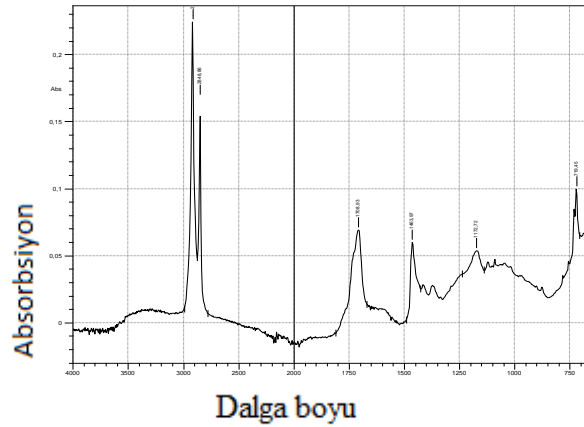
Şekil 6.65. EVA+ soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri

Şekil 6.65.' de EVA+ soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıl işlem sonrası kesitinin ve üst yüzeylerinin SEM görüntüleri gösterilmiştir. Bu görüntülerde matris yapısı içerisinde erimemiş toz partikülleri, gaz boşlukları ve karışım tozlarından cam tozu

partikülleri bulunmaktadır. Isıl işleminle beraber oluşan termal şokun etkisinde matris içerisinde bulunan erimemiş tozların dış çeperlerinde çatlakların oluştuğu gözlenmiştir. Termal şok matris yapısını harekete geçirmiş ve gaz boşluklarının içerisine erimemiş tozların yerleşmesini sağlamıştır. Isıl işlem sonucu oluşan ve sıcaklık değişimlerinde yarı erimiş duruma gelen toz partiküllerinin üzerlerinde cam tozlarının yerleşmiş halde bulunduğu da gözlenmiştir.



Şekil 6.66. EVA+ soda-kireç camı karışım tozu kaplamasının ısıl işlem öncesi IR eğrileri



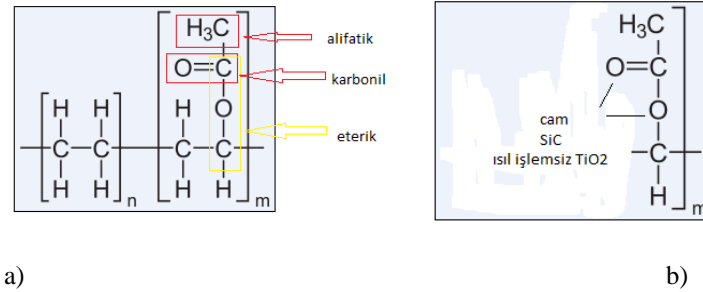
Şekil 6.67. EVA+ soda-kireç camı karışım tozu kaplamasının ısıl işlem sonrası IR eğrileri

Şekil 6.66.' de EVA+soda-kireç camı tozu kaplamalarının ısıl işlem öncesi IR eğrileri verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda karbonil pik yüksekliği (O=C) 1707 1/cm' de, alifatik pik yüksekliği (CH₂-CH₃) 2900 1/cm' de, eterik pik yüksekliği ise 1463 ve 1174 1/cm' de görüldüğü tespit edildi. EVA kaplamasından alınan IR eğrilerinden

elde edilen pik yüksekliklerine bakıldığında bu iki eğri arasındaki kimyasal bağ yapılarında herhangi bir değişimin gözlenmediği edildi.

INFRARED ışınları malzeme içerisinde alifatik, karbonil ve eterik grupların tespit edilmesinden sonra 4. pik olarak camın dalga boyu IR eğrilerinde belirtilmiştir. Karbonil ve eterik grup arasındaki titreşimler ısı işlemi etkisiyle renk pigmentlerinde deforme göstermiştir. Pik yüksekliğinin belirgin olması ilave edilen cam partiküllerinin iki oksijen ile etkileşim oluşturmasına neden olmuştur.

Şekil 6.67.' de EVA+soda kireç camı tozu kaplamalarının ısı işlem sonrası IR eğrilerinde karbonil piki 1708 1/cm' de, alifatik pik yüksekliği 2900 1/cm' de eterik pik yüksekliği ise 1453 ve 1174 1/cm' de olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem öncesi ve ısı işlem sonrası pik yüksekliklerinde fark oluşmamış olması kimyasal bağ yapılarında herhangi bir değişikliğin oluşmadığını gösterdi. Fakat karışım tozları etkileşim oluşturdukları karışım tozlarıyla aralarındaki şiddeti arttırdığını gösterdi.[Şekil 6.68.]



Şekil 6.68. a) EVA bağ yapısı içerisindeki alifatik, karbonil ve eterik bağları
b) EVA bağ yapısı içerisindeki soda-kireç camı tozunun konumlanması

6.5.2.2. Toz karışım kaplamalarına uygulanan aşınma deneyi

Aşınma numuneleri olarak EVA polimer tozunun içerisinde yaklaşık %10 oranında ilave edilen SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve soda kireç camı gibi tozların plastik esaslı kaplamaların aşınma dayanımlarına olan etkisi EVA ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Sadece EVA ile kaplanan numunenin aşınmasıyla belirli oranda karıştırılan tozların aşınması arasında sürtünme katsayıları ve ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Özel olarak hazırlanan "pin on disk" aşınma cihazında 8620 nitrasyon

çeliğinden 6mm ' lik aşınma numunesi tornada işlenerek üretilmiştir. Cihaz dakikada yaklaşık 113 devir, süre olarak 8 dakika sürede aşınma için uygulanan yükün ise 10 N seçilmesiyle 0,15 m/sn' lik sabit hızla aşınma deneyi gerçekleştirilmiştir.

Döner tabla üzerine ortası delinerek bağlanan numune orta kısımdan vidayla sabitlenmiştir. Aşındırıcı numunenin cihaza bağlanmasıyla gerekli olan set ayarları girilerek aşınma işlemi başlatılmıştır. Aşınma öncesi ve sonrası ağırlıklar 1×10^{-4} hassasiyetine sahip terazide tartılarak ağırlık kaybının hesaplanması yapılmıştır. Deney sonrası alınan toplam yol 73.76 metre olarak hesaplanmıştır.

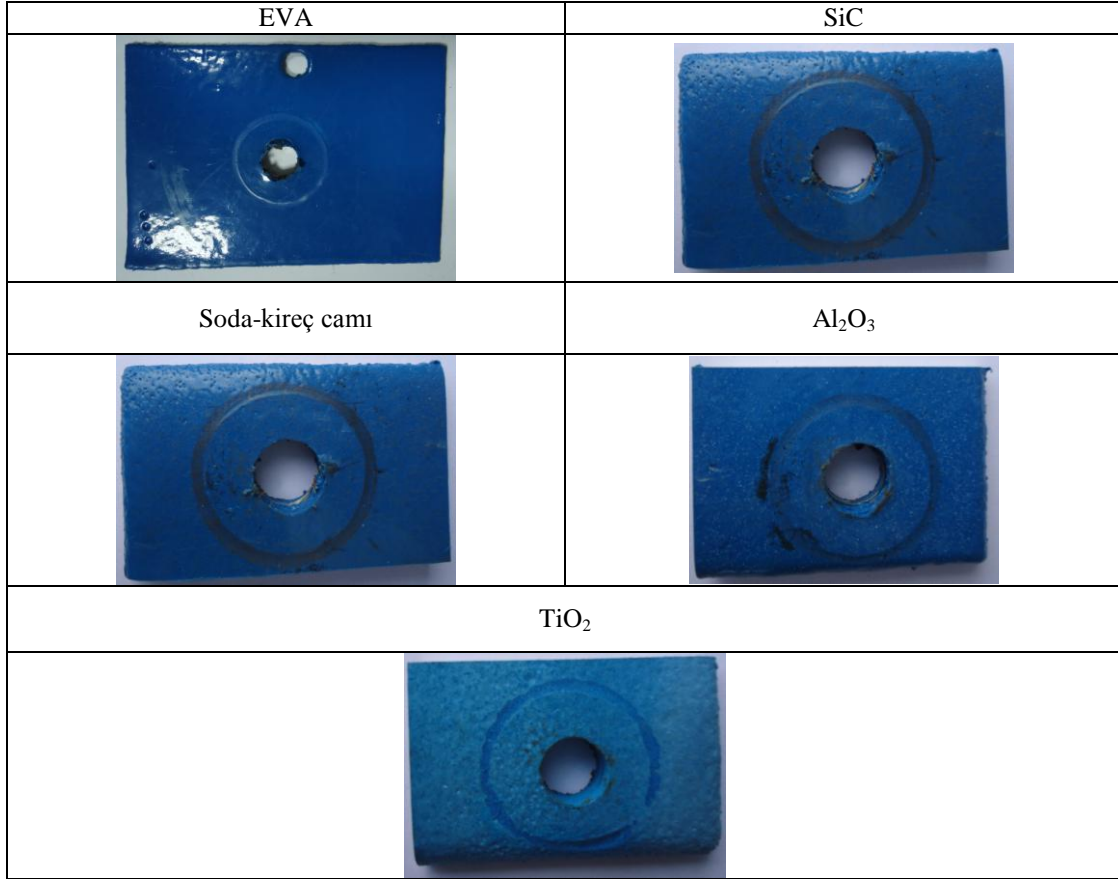
Partikül takviyeli EVA kaplamalarının aşınma deney sonuçları ;

EVA kaplamalarının ve EVA tozuna yaklaşık %10 oranında ayrı ayrı ilave edilen SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve soda-kireç camı tozu ile üretilen kaplamalarda elde edilen aşınma deneyi sonuçları Tablo 6.15.' de özetlenmektedir.

Tablo 6.15. Aşınma numunelerinin ağırlık kayıpları ve sürtünme katsayıları

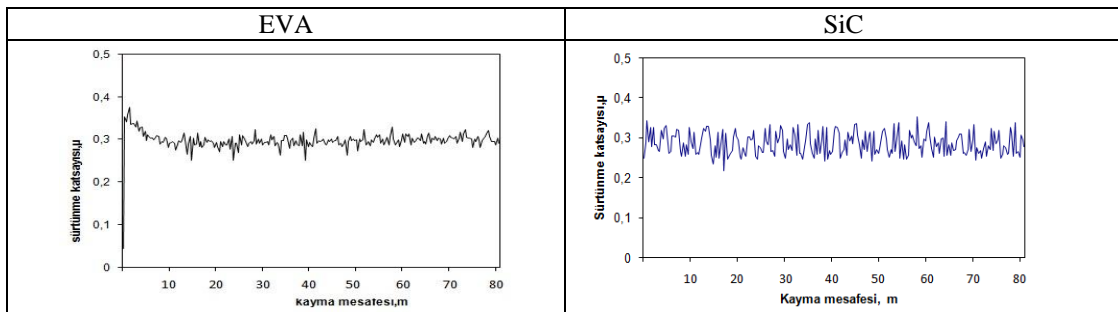
Numuneler	m1 (gr)	m2 (gr)	Δm (gr)	ort: μ
EVA	109.9685	109.9643	0.0042	0.29
EVA+TiO ₂	39.2755	39.2715	0.0040	0.32
EVA+Cam	41.5785	41.5781	0.0004	0.28
EVA+SiC	37.7938	37.7928	0.0010	0.28
EVA+Al ₂ O ₃	43.4481	43.4422	0.0059	0.30

Tablo 6.15.' de ağırlık değişimleri ve ortalama sürtünme katsayıları değerleri verilmiştir. Elde edilen değerler doğrultusunda ağırlık değişimleri dikkate alındığında aşınma dayanımları en iyi olan malzeme EVA+cam ve EVA+SiC' den üretilen kaplamalar olarak görülmüştür. Partikül takviyeli malzemelerden üretilen kaplamaların aşınma dayanımları sırasıyla cam, SiC, Al₂O₃ ve TiO₂ ve EVA olarak sıralanmıştır. Şekil 6.69' da partikül takviyesiyle üretilen kaplamaların aşınma deneyi sonrası makroskobik görüntüleri verilmiştir.

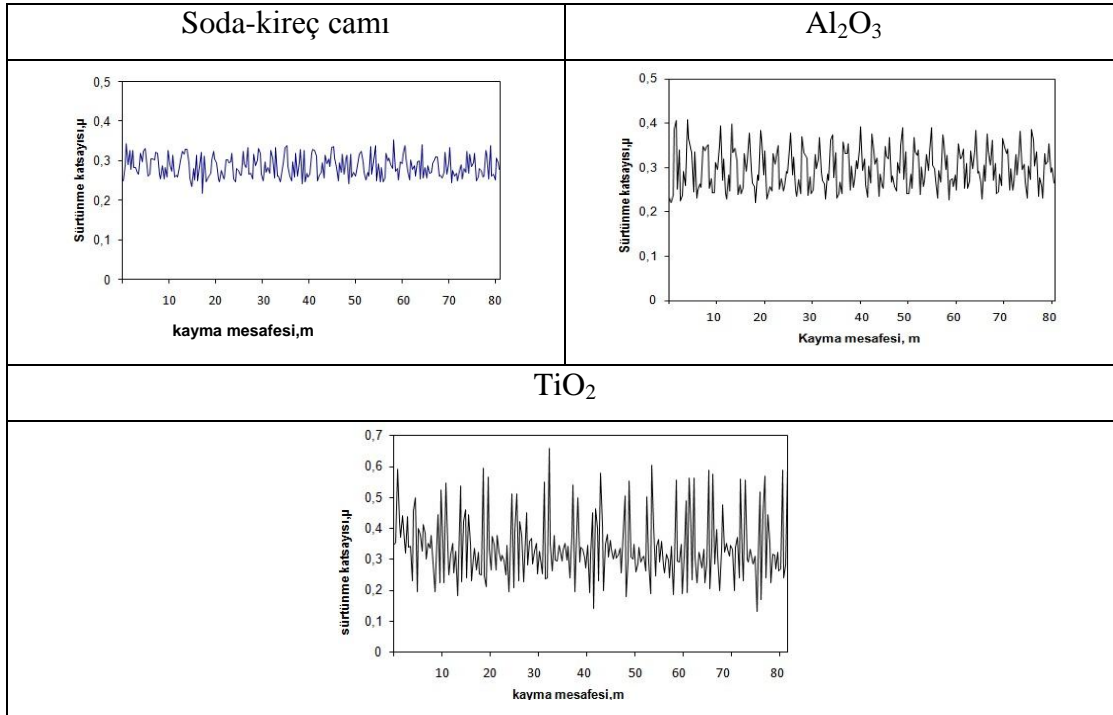


Şekil 6.69. Aşınma numunelerinin makroskobik görüntüleri

Şekil 6.70' de ise partikül takviyesi ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma deneyi sonrasında elde edilen sürtünme katsayılarının grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.70. (Devamı)



Şekil 6.70. Aşınma numunelerinin sürtünme katsayısı grafikleri

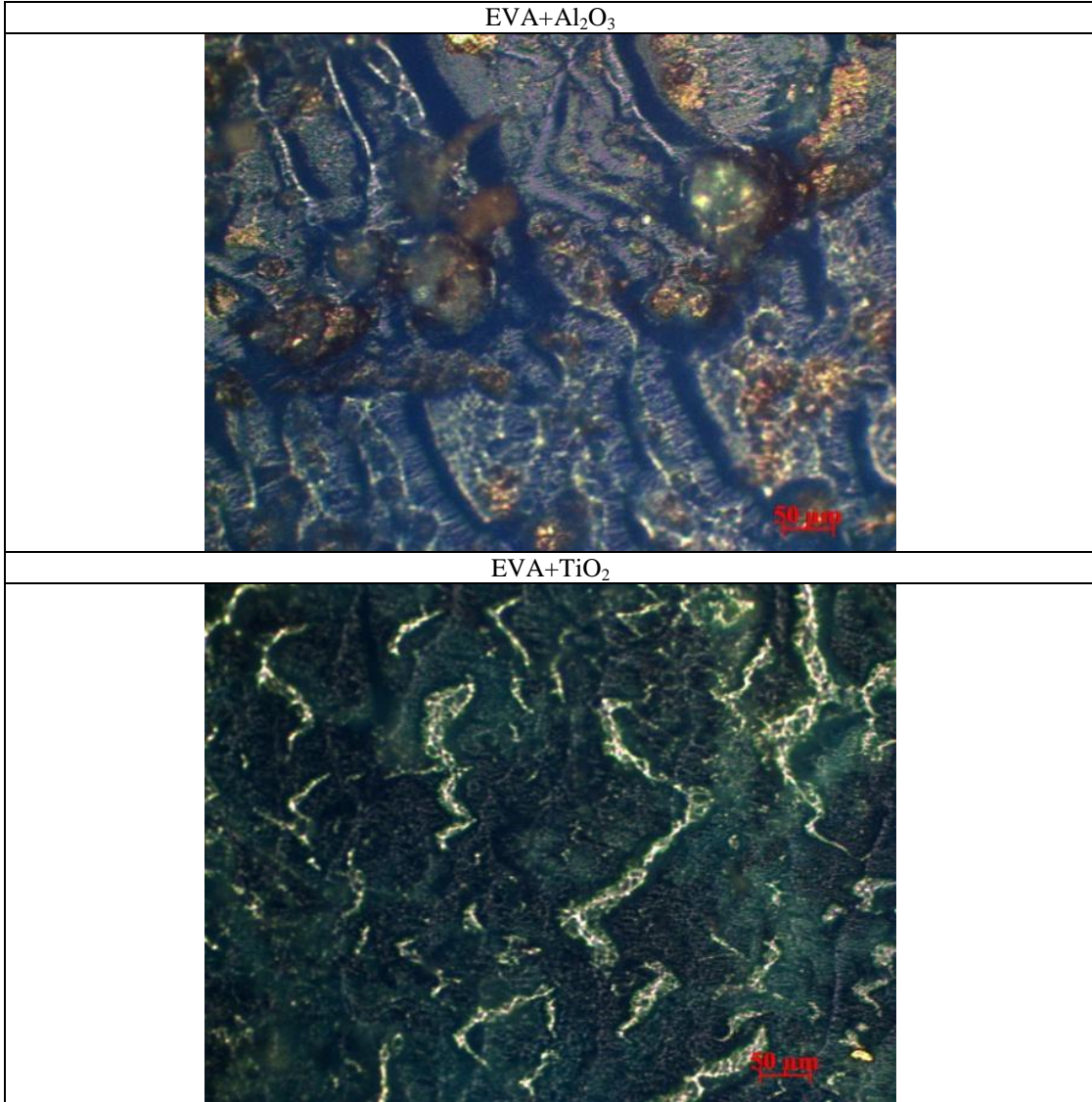
Şekil 6.70' den görüldüğü gibi üretilen tüm kaplamaların sürtünme katsayıları değerleri 0,332 aralığında değişmektedir. Grafıksel değerlendirmelerden de görüldüğü gibi sürtünme katsayısı değerleri arasında çok belirgin bir fark söz konusu değildir.

Partikül takviyeli kaplamaların aşınma deneyi sonrası aşınma izlerinin optik mikroskop görüntüleri ;

EVA polimer tozuna partikül takviyesi ilave edilerek üretilen kaplamalara pin-on-disk aşınma yöntemi uygulandı ve bu deney sonucunda elde edilen deney sonrasında optik mikroskop kullanılarak elde edilen aşınma izi görüntüleri Şekil 6.71.' de verilmiştir.



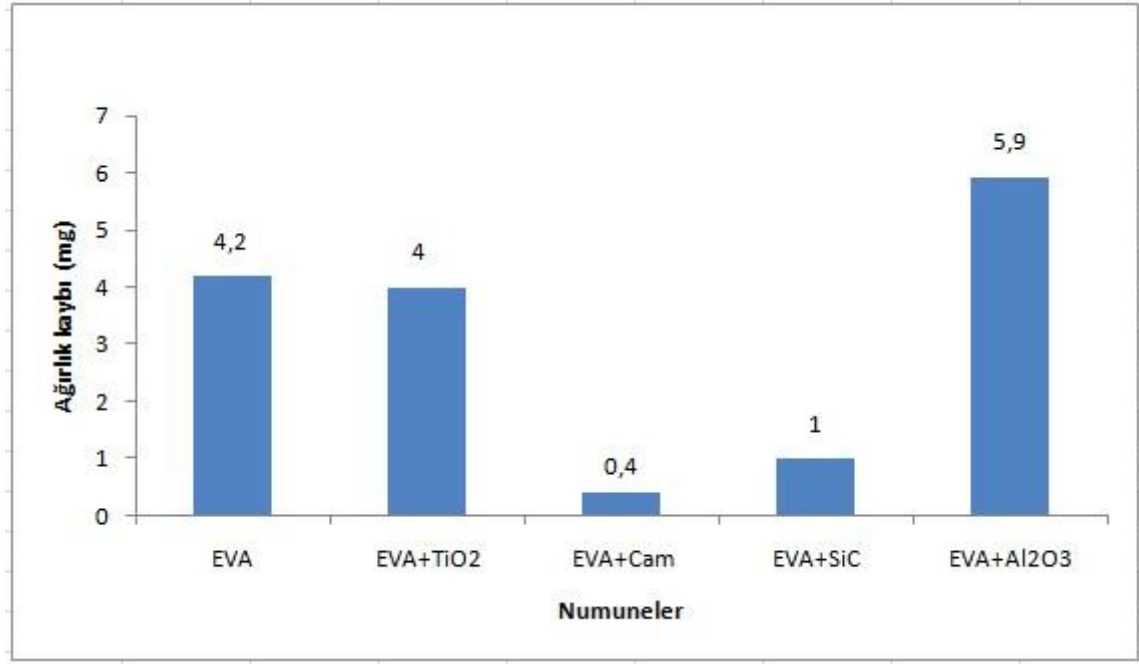
Şekil 6.71. (Devamı)



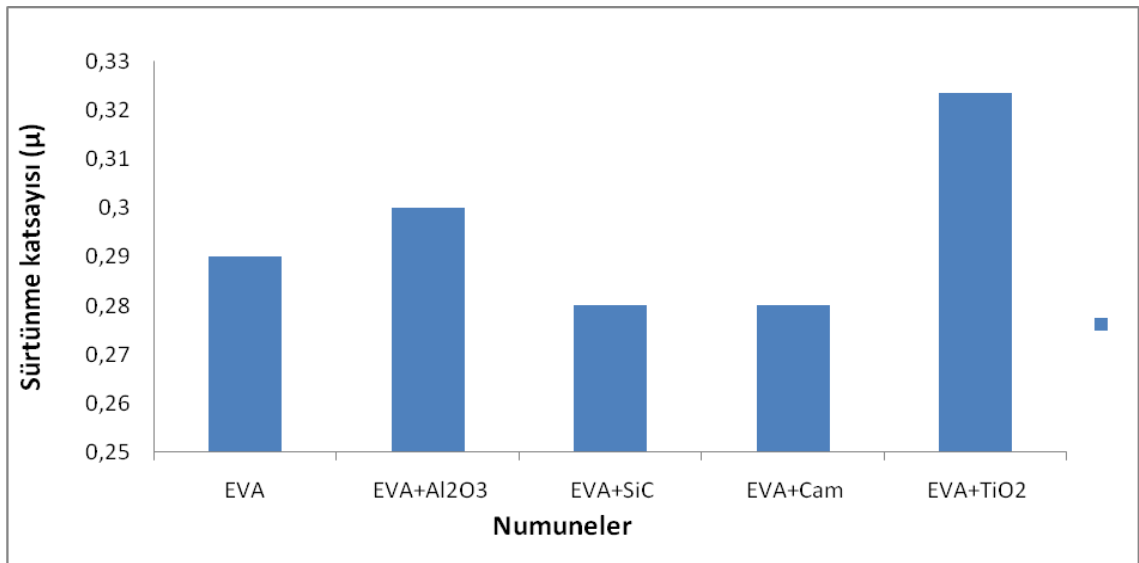
Şekil 6.71. Partikül takviyesi ilave edilerek üretilen kaplamaların aşınma deneyi sonrası elde edilen optik mikroskop görüntüleri

Şekil 6.71' görüldüğü gibi partikül ilave edilen EVA kaplamalarının aşınma yüzeylerinde sert partiküllerin uniform bir şekilde dağıldığı belirlenmiştir. Abrasif aşınma esnasında parçacıkların etkisiyle artış gösteren gerilmeler sonunda yüzeyde gömülü parçacıkların ayrılarak kopma gerçekleştirdiği görülmektedir. Uygulanan deney koşullarında ilave edilen takviye partiküller aşınma oluşumunu azaltmıştır ve EVA ile karşılaştırıldığında daha iyi aşınma dayanımı elde edilmiştir. 8620 nitrasyon çeliğinden oluşturulan aşındırıcı uç kaplama matrisi üzerinde birbiri üzerine öteleme etkisi yaratmaktadır. EVA kaplamasının aşınma görüntüsünde aşınma çizgileri geniş aralıklarla gözlemlenirken, SiC partikül takviyesi ile oluşturulan kaplamada ise aşınma çizgileri dar aralıklarda ve ince çizgiler halinde tespit edilmiştir. En fazla

aşınmaya maruz kalan kaplama Al_2O_3 olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni Al_2O_3 tozları uygulanan aşınma deneyinde diğer partiküller kadar bir etki oluşturamamasıdır. Optik görüntülerinden de Al_2O_3 partikül tozları matris içerisinde görüntülenmekte ve aşınma çizgi aralıklarının en fazla bu numunede gözlenmiştir.



Şekil 6.72. Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların ağırlık kayıpları grafiği



Şekil 6.73. Karışım tozlarıyla üretilen kaplamaların sürtünme katsayıları grafiği

Şekil 6.72.' de numunelerin ağırlık kayıpları hesaplanmış ve aralarındaki farklar grafikte gösterilmiştir. Uygulanan yük, devir sayısı, aşınma süresi eşit olmasına rağmen aşınma dayanıklılıkları cam, SiC, TiO₂, EVA ve Al₂O₃ olarak sıralandığı görüldü. Aşınma sonrasında elde edilen makro görüntülerinde de aşınma oranlarına bağlı olarak aşındırıcı ucun malzeme yüzeyinde meydana getirdiği deformasyonun izlerinden de benzer sonuçlar tespit edilmiştir. EVA kopolimerinin aşınma yüzeyinde yüksek oranda aşınma çizgilerinin oluştuğu tespit edilmiştir [Şekil 6.69.].

Şekil 6.73' de ise aşınma deneyi sonrasında belirlenen ortalama sürtünme katsayısı değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.. Bu grafikte ise aşınma oranları yüksek olan cam ve SiC numunelerinin sürtünme katsayıları da buna bağlı olarak EVA kopolimerinden düşük olduğu, TiO₂ ve Al₂O₃ ' ün ise yüksek olduğu tespit edilmiştir.

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Bu tez çalışması Sakarya Üniversitesi Termal Sprey ve Araştırma Laboratuvarında yapıldı. Yapılan çalışmada kullanılan cihaz yeni temin edilmiş olup optimizasyon çalışmalarıyla uygulama dataları tespit edildi. Optimizasyon dataları; kullanılan gazların debilerinin belirlenmesi, altlık sıcaklığının belirlenmesi ve toz besleme basıncının ayarlanmasıyla optimizasyon işlemleri tamamlanmıştır. Bu işlemlerin sonucunda kaplama öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık ölçümleri ile optik mikroskop, SEM mikroskop görüntüleriyle mikro yapı incelemeleri yapılmıştır. Kaplama ve performans testleri (tuz püskürtme, banyo testi, aşınma ve ısıl işlem) sonrası alınan sertlik ölçümleri ve yapısal karakterizasyonları tespit edildi.

- Sprey mesafesi ve eğimi cihaz katalogları ve daha önceden yapılan uygulamalardaki araştırmalar sonucunda mesafe olarak 20-30 cm, eğim olarak ise 45⁰ lik bir eğim data olarak belirlendi.
- Kaplamada kullanılan gazlar kaplama yüzey rengini de değiştireceğinden dolayı uygun debilerin belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle uygulanan beş farklı orandan en iyi görünüme sahip olan 3:1 (Oksijen/Propan) oranı tespit edildi.
- Gerekli olan gaz debisi ayarlandıktan sonra kontrol hava basıncı optimizasyonu yapıldı. Kontrol havası uygun olan optimum değerden az olursa sisteme toz yüklenememekte ve fazla gaz harcaması olmaktadır. Fazla kontrol havası seçildiğinde ise kaplama uygulaması gerçekleşmekte fakat toz tüketimi artmaktadır. Bunun sonucu olarak optimum değer 1,8 bar olarak belirlendi.
- Kaplama işlemlerinde en çok dikkat edilmesi gereken parametre altlık sıcaklığıdır. Bu çalışmada yapılan işlemler sonrasında optimum altlık sıcaklığı 150 °C olarak tespit edildi. Bu sıcaklığın altındaki altlık sıcaklıklarında erime tam olarak

gerçekleşmedi ve süngerimsi bir yüzey görünümü elde edildi. Bu sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda ise yüzey görünümü kaplama tozunun yanmasından dolayı soluk bir görünüm olarak ortaya çıktı.

- Optimizasyon işlemleri için üretilen kaplamalar tuz püskürtme korozyon testi uygulandı. Gaz oranlarında, altlık sıcaklığında ve kontrol havası optimizasyondan en iyi görünüme sahip olan numuneler 1000 saat süren korozyon işlemi sonrasında da en az bozunan numuneler olarak tespit edildi. Bu da seçilen optimizasyon datalarının en iyi dayanım sağlandığının kanıtı olmuş oldu.
- Optimum parametre değerlerinde 6 adet numune üretildi ve bunlar benzin, mazot, alkol, yağ, atmosfer ve ultraviyole ışığı ortamlarında teste tabii tutuldu. Test sonucunda benzin, mazot ve yağ numunelerinde ağırlık artışlarıyla beraber yüzeylerinde bozulmalarda başladığı gözlemlendi. Alkol numunesinde ise ağırlık değişimi tespit edilmemesine rağmen yüzeyde dalgalanma görüntüsünün olduğu belirlendi. Atmosfere ve ultraviyoleye bırakılan numunelerde ise herhangi bir değişim gözlenmedi.
- Kullanılan kaplama tozuna yaklaşık % 10 oranında ayrı ayrı SiC, Al₂O₃, TiO₂ ve soda-kireç camı ilave edilerek kaplamalar üretildi. Kaplamalara ısıl işlem ve aşınma testleri uygulamaları yapıldı. Isıl işlem uygulamalarında cam ve SiC ile yapılan kaplamaların ağırlıklarında azalma, Al₂O₃ ve TiO₂ kaplamaların ağırlıklarında ise herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Aşınma testlerinde ise en iyi aşınma oranına cam, SiC, TiO₂, saf EVA ve Al₂O₃ sıralamasının olduğu gözlemlendi.
- EVA tozu cam, ahşap, alüminyum, seramik gibi farklı malzemelere uygulanabileceği de belirlendi.

KAYNAKLAR

- [1] SARAL, U., "Alümina İlavesinin YSZ Termal Bariyer Kaplamaların Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi",Yüksek Lisans Tezi,Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi Haziran 2007.
- [2] ZAĞLI, M., "Alev Sprey Yöntemiyle Polimer Kaplamaların Üretilmesi ve Karakterizasyonu",Yüksek Lisans Tezi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi,2010.
- [3] GEORGE, M., ROBERT., J., R.,MERLE, T., Second National Conference on Thermal Spray, 31 October-2 November, 1984.
- [4] SERTTAŞ B., "Termal Sprey Kaplama Teknolojisi", Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [5] McCune, R.C., Thermal spraying of clinder bore surfaces for aluminun engine blocks, Welding Journal, August, 41-47, 1995.
- [6] Harvey, D., The ultimate coating-thermal spraying at abington, TWI Bulletin 2, March/April, 456(2), 94, 28-30, 1994.
- [7] AWS committe on thermal spraying, , Thermal Spraying, Welding Journal, August, 69-70, 1997.
- [8] ÇALIŞKAN, O., "Termal Sprey Teknolojisinde Alternatif Uygulamalar", Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Müh. Fak.,Metalurji Müh. Böl., 2004.
- [9] Sturgeon, A., Thermal spraying gives a new look to substrate design, TWI Bulletin 4, 464(4), 94, 1994.
- [10] ÇÖĞÜR, T., "Toz Alev Spreyleme Yöntemi Kullanılarak Kaplanan Farklı Malzemelerin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi,Dumlupınar Üni. Makina Eğitimi Anabilim Dalı Haziran - 2007
- [11] BERNDT, M.L., BERNDT, C.C., "Thermal Spray Coatings", Brookhaven National Laboratory, 2003.
- [12] <http://www.xiom-corp.com/en> (06 May 2010)

- [13] 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 2009 28: 2999 originally published online 23 January 2009
- [14] Saraç, A.S., Metal kaplama ve elektro kimyasal teknolojiler, Çağlayan Kitapevi,İstanbul, 109, 1995.
- [15] Herman, H., Sampath, S., Rangaswamy, S., Ni-Al re-evaluated, Proceedings of the National Thermal Spray Conference, 47, Ohio, USA, 1988.
- [16] Sulzer Metco Catalog (US) Inc., 1995.
- [17] <http://www.xiom-corp.com/en> (06 May 2010)
- [18] KCC Thermocoat™ ProtectionAdvanced Thermoplastics for Corrosion Protection
- [19] SEVENCAN, F., VAİZOĞLU, S. A., "PET ve Geri Dönüşümü", Kor Hek, 6, 4, pp.307-312, 2007.
- [20] OKAY, O., " Polimerik Malzemelerin Bugünü ve Yarını" İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 80626 Maslak, İstanbul
- [21] EVCİN, A., "Polimer Malzemeler"Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2010.
- [22] EKŞİ, O., " Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi" Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne 2007.
- [23] ÖKSÜZ, M., "Isıl Püskürtme Teknikleriyle Plastik ve Plastik Esaslı Kompzit Tozlarla Kaplanmış Yüzeylerin Mekanik ve Kimyasal özelliklerinin İncelenmesi" Marmara Üniversitesi, İSTANBUL 1999.
- [24] AKINCI, A., "Polimerik Malzemeler Dersi Notları", Sakarya Üniversitesi, 2008.
- [25] AY, İ., "Plastik Malzemeler Dersi Notları", Balıkesir Üniversitesi, 2008.
- [26] MOHAMMAD, Z. B., "CHARACTERIZATION AND PROPERTIES OF EPOXIDISED NATURAL RUBBER (ENR-50) / ETHYLENE VINYL ACETATE (EVA) BLENDS", doktora tezi, Date Universiti Teknologi, Malaysia, 2007.
- [27] http://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene-vinyl_acetate

- [28] HONEYWELL, Material Safety Data Sheet, Ethylene-Vinyl Acetate Copolymers
- [29] ASTM D 1193, Specification for Reagent Water, The American Society for Testing and Materials, Annual Book Vol. 10.04.
- [30] ASTM B-117, Standard Test Method of Salt Spray (Fog) Testing, The American Society for Testing and Materials, Annual Book Vol. 02.05.
- [31] JIN, J., CHEN, S., ZHANG, J., " UV aging behaviour of ethylene-vinyl acetate copolymers (EVA) with different vinyl acetate contents", China, 2010
- [32] 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* 2009 28: 2999 originally published online, 23 January, 2009.
- [33] LUCIANA, T. D., EVANDO M. P., SILVA, J. R.T., BRANCO, V.F.C. L., " Production and characterization of thermally sprayed polyethylene terephthalate coatings", Brazil, 13 August 2003.
- [34] Duarte, L.T., e Silva, E.M.P., Branco, J.R.T., Branco, V.F.C., " Production and characterization of thermally sprayed polyethylene" *Surface and Coatings Technology* 182 (2004) 261–267, Received 23 April 2003; accepted in revised form, 13 August, 2003.
- [35] Dry Corrosion Test Cabinet, Installation, Use and Maintenance Handbook, Angelantoni Industrie S.p.A., Italy, 2005.
- [36] TAMBE, S.P, SINGH, S.K., PATRI M., KUMAR D., " Studies on anticorrosive properties of thermally sprayable EVA and EVAI coating" *Naval Materials Research Laboratory, Shil-Badlapur Road, P.O.-Anandnagar, Ambernath – 421506, India*, Available online, 25 January, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

Osman ALTUN, 16.11.1985 yılında Malatya'da doğdu. İlk ve orta öğretimini İskenderun İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini ise İskenderun Demir Çelik Süper Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği'nde üniversite öğrenimine başladı. 2009 yılında lisans öğrenimini bölüm üçüncüsü olarak bitirdi. Aynı yıl içerisinde Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisansa başladı. 2010 Ocak ayında yürütücülüğünü Doç. Dr. Ahmet TÜRK'ün üstlendiği "Alev sprengiyeli polimer kaplamaların üretilmesi ve karakterizasyonu" adlı TÜBİTAK projesinde proje asistanı olarak göreve başladı. Şu an Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Eğitim Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaktadır.