T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK EKRANLAMA ÖZELLİĞİ GÖSTEREN UHMWPE-Nİ KOMPOZİTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra KOYUNCU

Enstitü Anabilim Dalı	**:**	**METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı	**:**	**Doç. Dr. Gözde Fatma ÇELEBİ EFE**
Tez Ortak Danışmanı	**:**	**Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER**

Ekim 2020

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK EKRANLAMA ÖZELLİĞİ GÖSTEREN UHMWPE-Nİ KOMPOZİTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra KOYUNCU

Enstitü Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 02/10/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Cuma BİNDAL	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. Ramazan YILMAZ	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Gözde Fatma ÇELEBİ EFE	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER	BAŞARILI
Üye: Dr. Öğr. Üyesi Harun GÜL	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Kübra Koyuncu

15/08/2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Gözde Fatma ÇELEBİ EFE' ye teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Cuma BİNDAL'a ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Tuba YENER' e, Arş.Gör.Dr. İbrahim Altınsoy, Tekniker Ersan Demir'e ve Erkut Taş'a teşekkür ederim. Elektromanyetik kalkanlama çalışmalarımda yardımını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümünden ortak danışman hocam Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER' e teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmaları sürdürmeme yardımcı olan BMC Otomotiv San. Tic. A.Ş. Satınalma Direktörü Alper ÇEBİ' ye ve Satınalma Müdürü Yalçın YILMAZ' a teşekkür ederim. Ekip arkadaşlarım Hüsamettin ARCA ve Şerif Furkan ŞAHİN' e teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme, arkadaşlarım Ozan AYDIN'a, Hakverdi GÜREL' e, Aktuğ ÖKSÜZ'e ve kuzenim Büşra ÖZDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **i**

İÇİNDEKİLER ..... **ii**

KISALTMALAR ..... **v**

SİMGELER ..... **vi**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **vii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **viii**

ÖZET ..... **x**

SUMMARY ..... **xi**

BÖLÜM 1.
GİRİŞ **1**

BÖLÜM 2.
POLİMERLER **5**

2.1. Polimerlerin Yapısı ve Özellikleri 5
2.2. Polimerin Molekül Ağırlığı ve Molekül Ağırlığı Dağılımı 5
2.3. Polimerlerin Sınıflandırılması 6
2.3.1. Kimyasal yapılarına göre polimerler 6
2.3.2. Bileşiklerin kaynağına göre polimerler 6
2.3.3. Zincirin fiziksel yapısına göre polimerler 6
2.3.4. Zincirlerin kimyasal yapısına göre polimerler 7
2.3.5. Termal davranışlarına göre polimerler 8
2.3.6. Monomer şekillerine göre polimerler 9
2.3.6.1. Homopolimerler 9
2.3.6.2. Kopolimerler 9
2.3.6.3. Gelişigüzel kopolimerler 10
2.3.6.4. Art arda (alternatif) kopolimerler 10
2.3.6.5. Graft (aşı) kopolimerler 10
2.3.6.6. Blok kopolimerler 11
2.4. Polietilen (PE) 12
2.4.1. Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen 14

BÖLÜM 3.
AKIMSIZ NİKEL KAPLAMA 16
3.1. Akımsız Nikel Kaplama Yöntemi 16
3.1.1. Akımsız nikel kaplamanın avantajları 17
3.2. Nikelin Genel Özellikleri 18
3.3. Nikelin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 19
3.4. Nikelin Kullanım Alanları 19

BÖLÜM 4.
ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER 21
4.1. Elektrik Alan 21
4.2. Manyetik Alan 22
4.3. Elektromanyetik Alan 22
4.3.1. Elektromanyetik dalgaların özellikleri 23
4.4. Elektromanyetik Spektrum 24
4.4.1. Mikrodalga ışık 24
4.4.2. Radyo dalgaları 25
4.5. Elektromanyetik Alanların Etkileri 25
4.5.1. Elektromanyetik alanların cihazlar üzerindeki etkileri 25
4.6. Elektromanyetik Ekranlama 26
4.6.1. Ekranlama etkinliği (SE) 27
4.6.1.1. Yansıma 29
4.6.1.2. Soğurulma 29
4.6.1.3. Çoklu yansımalar 30

BÖLÜM 5.
DENEYSEL ÇALIŞMA 31
5.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler 31
5.2. Akımsız Nikel Kaplama ve UHMWPE-Ni Kompozitlerinin Üretimi 32

BÖLÜM 6.
DENEYSEL SONUÇLAR 35
6.1. Nikel kaplı UHMWPE Tozlarının SEM incelemesi ve SEM-EDS Analizi. 35
6.2. UHMWPE/Ni Kompozitlerinin XRD Analizi 40
6.3. UHMWPE-Ni Kompozitlerinin Sertlik Sonuçları 41
6.4. UHMWPE/Ni Kompozitlerinin Kırık Yüzey SEM, EDS Analizi 42
6.5. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği (EMSE) Ölçümü 48

BÖLÜM 7.
DENEYSEL SONUÇLAR 51

BÖLÜM 8.
ÖNERİLER 53

KAYNAKLAR 54
ÖZGEÇMİŞ.....59

KISALTMALAR

EDS	: Energy Dispersive Spectroscopy
EE	: Ekranlama Etkinliği
EM	: Elektro Manyetik
EMA	: Elektro Manyetik Alan
EMC	: Elektro Manyetik Uyumluluk
EMI	: Elektro Manyetik Girişim
EMR	: Elektro Manyetik Radrasyon
EMSE	: Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği
Mn	: Molekül Ağırlığı
Mv	: Ortalama Molekül Ağırlığı
Mw	: Ağırlıkça Ortalama Molekül Ağırlığı
PAN	: Poli(akrilonitril)
PE	: Polietilen
PVC	: Poli(vinil) Klorür
SEM	: Scanning Electron Microscope
Tg	: Camsı Geçiş Sıcaklığı
Tm	: Kristal Erime Sıcaklığı
UHF	: Ultra High Frequency
UHMWPE	: Ultra Yüksek Molekül Ağırlıklı Polietilen
VHF	: Very High Frequency

SİMGELER

c	: Işık Hızı
$E_0(f)$	: Ekranlama Yokken Oluşan Elektrik Alan Şiddeti
$E_1(f)$	: Ekranlama Varken Oluşan Elektrik Alan Şiddeti
$H_0(f)$	: Ekranlama Yokken Oluşan Manyetik Alan Şiddeti
$H_1(f)$	: Ekranlama Varken Oluşan Manyetik Alan Şiddeti
U.V.	: Mor Ötesi Işın
λ	: (Lambda) Dalga Boyu

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1: SE ve % azalma değerleri. 30
Tablo 5.1: Kaplama çözeltisinde kullanılan çözeltiler. 31
Tablo 6.1: Sertlik analiz tablosu. 41
Tablo 6.2: SE ve % azalma değerleri. 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Fiziksel yapılarına göre polimerler. 7
Şekil 2.2: Kimyasal yapısına göre polimerler. 8
Şekil 2.3: Bir etilen molekülü (Goodship, 2004). 9
Şekil 2.4: Homopolimerlerin genel görünümü. 9
Şekil 2.5: Kopolimerlerin genel görünümü. 10
Şekil 2.6: Gelişigüzel kopolimerlerin genel görünümü. 10
Şekil 2.7: Art arda kopolimerlerin genel görünümü. 10
Şekil 2.8: Graft (aşı) kopolimerlerin genel görünümü. 11
Şekil 2.9: Blok kopolimerlerin genel görünümü. 11
Şekil 2.10: (a) Homopolimer, (b) Alternatif kopolimer, (c) Blok kopolimer (d)Gelişigüzel kopolimer (e) Dallanmış polimerler(graft). 12
Şekil 2.11: Polietilen molekülü (Goodship, 2004). 13
Şekil 2.12: Polietilenin yapısı. 13
Şekil 2.13: Polietilen ürün haritası (Galli & Vecellio, 2004). 14
Şekil 2.14: UHMWPE'de kristal ve amorf bölgeleri gösteren şematik diyagramlar. 15
Şekil 3.1: Sodyum hipofosfitin kimyasal yapısı (Duan, ve diğerleri, 2017). 17
Şekil 3.2: Nikel metali. 19
Şekil 3.3: Nikelin kullanım alanları. 20
Şekil 4.1: Elektrik alan çizgileri. 21
Şekil 4.2: Manyetik alan çizgiler (Çınar, 2006). 22
Şekil 4.3: Dalga boyu. 23
Şekil 4.4: Elektromanyetik spektrum. 24
Şekil 4.5: Metal ekran modeli. 27
Şekil 4.6: Ekranlama etkinliği tanımı. 28
Şekil 5.1: UHMWPE'nin akımsız nikel kaplama yöntemi ile Ni kaplanması ve UHMWPE-Ni kompozitlerinin üretim şeması. 33
Şekil 5.2: Akımsız nikel kaplama ve UHMWPE-Ni kompozitlerinin üretim şeması. 34
Şekil 5.3: Sıcak presleme yöntemi ile üretilen UHMWPE(NC) –Ni kompozitleri görseli. 34
Şekil 6.1: 0,1M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b). 36
Şekil 6.2: 0,15M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b-c). 36
Şekil 6.3: 0,2M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b-c). 37
Şekil 6.4: 0,25M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b-c). 37
Şekil 6.5: a) 0,1M b) 0,15M c) 0,2M d) 0,25M tozlarının EDS analizleri. 39

Şekil 6.6: Farklı Ni kaynağı konsantrasyonlarında (0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M) Ni kaplanan UHMWPE$_{(NC)}$ tozlarının XRD grafiği. 40
Şekil 6.7: 0,2M Ni konsatrasyonuna ağırlıkça (%5, %10, %15) Ni eklenen UHMWPE-Ni kompozitlerinin XRD grafiği. 41
Şekil 6.8: Farklı Ni kaynağı konsantrasyonlarında (0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M) Ni kaplanan UHMWPE(NC) tozlarının sertlik grafiği. 42
Şekil 6.9: 0,2M Ni konsatrasyonuna ağırlıkça (%5, %10, %15) Ni eklenen UHMWPE-Ni kompozitlerinin sertlik grafiği. 42
Şekil 6.10: 0,1M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b). 43
Şekil 6.11: 0,15M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b). 44
Şekil 6.12: 0,2M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b). 44
Şekil 6.13: 0,25M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b). 44
Şekil 6.14: 0.2M Ni kaynağı konsantrasyonunda nikel kaplanan a)UHMWPE(NC)-ağ.%5Ni, b) UHMWPE(NC)-ağ.%10Ni ve c) UHMWPE(NC)-ağ.%15Ni kompozitlerinin kırık yüzey SEM görüntüleri. 45
Şekil 6.15: a) 0,1M b) 0,15M c) 0,2M d) 0,25M e) 0,2M-Ağ.%5Ni f) 0,2M-Ağ.%10Ni g) 0,2M-Ağ.%15Ni konsantrasyonu tozlarının SEM-EDS analizi. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği (EMSE) Ölçümü 46
Şekil 6.16: 0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M / 0,2M-Ağ.%5Ni / 0,2M-Ağ.%10Ni / 0,2M-Ağ.%15Ni konsantrasyonu tozlarının SEM-EDS analizi. EMI koruma etkinliği sonuçları. 50

ELEKTROMANYETİK EKRANLAMA ÖZELLİĞİ GÖSTEREN UHMWPE-Nİ KOMPOZİTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Günlük hayatımızda kullanmış olduğumuz elektronik cihazlar hayatımızda önemli yer almaktadır. Elektromanyetik alan bu cihazlardan çıkan elektromanyetik dalgaların birleşmesi ile oluşur. Elektromanyetik yayımının insan ve çevreye verdiği zararların azaltılması önemli hale gelmiştir. Araştırmalara göre bu elektromanyetik alanın insanlar üzerinde göğüs acısı, keyifsizlik, baş ağrısı, hafıza kaybı, kalp ritim bozukluğu, sindirim ve dolaşım sorunları oluşturabilmektedir. Elektromanyetik olarak yalıtım sağlanması durumunda elektronik cihazların bir arada, farklı girişimlerden etkilenmeden çalışabilmesi gerekmektedir. Bu yalıtımın sağlanması için uygulamalar yapılmaktadır. Herhangi bir kaynaktan yayılan enerji bütününe elektromanyetik radyasyon veya EMI denilmektedir. Manyetik ekranlama için ferromanyetik malezemeler kullanılmakta olup, elektriksel ekranlama için iletken duvarlar kullanılmaktadır. Ekranlama etkinliği (Shielding Effectiveness-SE) ekranlamanın başarısını göstermektedir. Ekranlamanın yapılmadığı andaki alan şiddetinin, ekranlamanın yapıldığı andaki alan şiddetine oranı ekranlama etkinliği SE olarak verilir. Tüm bu malzemelerin ve ürünlerin koruma özellikleri malzemelerin içerdikleri metal elementlerin iletkenliğine ile alakalıdır. Tüm iletken malzemeler nesneler üzerinde yoğunlaşır ve sonrasında serbest taşıyıcılar sayesinde elektromanyetik dalgaları yansıtırlar. Dalga çekim ve yansıtmanın fazla olması için iletkenliğin yüksek olması gerekmektedir. Yüksek molekül ağırlıklı polietilen; esnekliği, ucuzluğu ve kolay işlenebilirliği gibi özellikleri sayesinde dünya üzerinde çok kullanılan polimerdir. Akımsız nikel kaplama, nikel iyonlarının kimyasal redüksiyon yolu ile elde edilen bir nikel – bor veya nikel – fosfor alaşım kaplama yöntemi olup alt tabaka ile elektrik akımı uygulanmadan yapılmaktadır. Akımsız nikel kaplamaların elektrolitik olan kaplamalara göre avantajı, çözelti içerisinde gerçekleşmesinden kaynaklanan tüm parça yüzeyinde eşit kaplama kanlınlığına ulaşmasıdır. Bu kaplamalar sonucunda etki altında kaldığımız elektromanyetik alanın zararlarını azaltmak amacı ile çevreye zararı olmayan kolay ve seri üretilebilen, ekonomik hafif kompozit malzeme üretilmesi amaçlanmıştır. Zararlı dalgalardan korunmak amaçlı UHMWPE'e akımsız nikel kaplama yapılarak, elektromanyetik özellik gösteren elektromanyetik kalkan malzemesi üretimi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik, UHMWPE, nikel, ekranlama, kalkan, kompozit.

THE DEVELOPMENT AND CHARACRERIZATION OF UHMWPE-Nİ COMPOSİTES HAVING ELECTROSHILDING EFFECT

SUMMARY

Electronic devices that we have used in our daily lives have an important place in our lives. The electromagnetic field is formed by combining the electromagnetic waves from these devices. Reducing the damage caused by electromagnetic emission to human and environment has become important. According to research, this electromagnetic field may cause stiffness in the neck, chest pain, malaise, headache, memory loss, heart rhythm disorder, digestion and circulatory problems in humans. If electromagnetic isolation is provided, electronic devices must be able to work together without being affected by different interference. Applications are made to provide this insulation. The energy emitted from any source is called electromagnetic radiation or EMI. Ferromagnetic materials are used for magnetic shielding and conductive walls are used for electrical shielding. Shielding Effectiveness-SE shows the success of shielding. The ratio of the field strength at the time of non-shielding to the field strength at the time of shielding is given as the shielding activity SE. The protective properties of all these materials and products are related to the conductivity of the metal elements they contain. All conductive materials concentrate on objects and then reflect electromagnetic waves through free carriers. Conductivity must be high for wave attraction and reflectance. High molecular weight polyethylene; It is widely used in the world due to its flexibility, cheapness and easy processability. Electroless nickel plating is a nickel - boron or nickel - phosphor alloy coating method obtained by chemical reduction of nickel ions and is applied on an appropriate substrate without applying an external electric current. Electroless nickel coatings are obtained by immersion of nickel ions into nickel metal by the action of reducing agents, the surface of which is dipped in a solution containing nickel salts on a catalytic or conductive material. The advantage of electrolytic nickel platings over electrolytic platings is that it achieves an equal coating fluidity on the entire surface of the part resulting from the application in solution. As a result of these coatings, in order to reduce the damages of the electromagnetic field that we are under the influence of, it is aimed to produce lightweight composite materials that are easy and mass produced without harm to the environment. In order to protect against harmful waves, electroless nickel plating was applied to UHMWPE and electromagnetic shield material was produced.

Keywords: Electromagnetic, UHMWPE, nickel, shielding, shield, composite.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişerek büyümesi ile birlikte elektronik cihazların, sosyal yaşamımızdaki yeri önemli ölçüde artmaktadır. Cep telefonları, bilgisayarlar, radyolar, televizyonlar vb. pek çok cihazlar hayatımızda önemli bir alana sahiptir. Bu cihazların yaşamımıza getirmiş olduğu kolaylıkların yanında insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Özellikle kablosuz modemler, baz istasyonları ve cep telefonları çeşitli sağlık sorunları meydana getirmiştir. Örneğin; uzun süre boyunca elektromanyetik radyasyon etkisi altında kalan insanlarda hafıza kaybı, halsizlik, kalp atışında düzensizlik gibi sağlık sorunlarının ortaya çıktığı görülmüştür. İletken bir polimerlerin uygulama alanlarının bulunması ile tüm canlıların maruz kaldığı zararlı etkilerin azaltılması mümkün olabilmektedir. Son zamanlarda zararlı elektromanyetik dalgaların kalkanlanma amacı ile kullanıması için pek çok çalışma yapılmaktadır (Yakıncı, 2016). Işık hızıyla herhangi bir kaynaktan ve her yönde yayılan enerji bütününe elektromanyetik radyasyon veya EMI denilmektedir (Wang, ve diğerleri, 2018).

Elektronik devre ve sistemlerin giderek küçülmesi, elektromanyetik dalgaların yayınım genişliğini arttırmakta ve bu tür donanımları elektromanyetik alanların tesirlerine karşı duyarlı hale getirmektedir. Bu bağlamda alınması gereken önlemler giderek önem kazanmaktadır. Elektronik yapılar bulundukları ortamda, başka cihazlar ya da doğal ortamlar kaynaklı oluşan elektromanyetik alanlara maruz kaldığında elektromanyetik girişim oluşur. Metaller doğal ekranlama performansları ile görece uygun fiyatları, kolay işlenebilirlikleri vb. özellikleri ile tipik olarak elektromanyetik alan engelleme açısından uygun performansa sahiptirler. Ancak ağırlıkları, dış ortam tesirlerine karşı hassasiyetleri, bu noktalarda görece daha iyi performansa sahip bazı üstün özelliklere sahip metallerin yüksek maliyeti gibi dezavantajları, genel olarak metalleri yüksek dayanım ile hafifliğin birlikte arandığı gelişmiş ekranlama uygulamaları için uygun olmayan seçimler haline getirir. Metallerin sahip olduğu bu dezavantajları ortadan kaldırmak üzere iyi elektromanyetik kalkanlama özelliği sağlayan malzemlere ihtiyaç günümüzde önemi

daha da artan bir konu olup, bu gereksinime cevap veren malzemelerin gerçeklenmesi önemli olanaklar katabilir.

Gelişmiş elektronik cihazlar barındıran sistemler, hava araçları ve özel donanımlı kara araçları, sahip oldukları hassas dijital donanım nedeniyle, özellikle dış ortama yönelik zorlu koşullar da dikkate alındığında mekanik ve elektromanyetik davranış açısından yüksek nitelikli malzemelere ihtiyaç duyarlar. Günümüzde mekanik dayanım gerektiren ortamlarda kullanılabilecek malzemelerin fiziksel dayanım özellikleri üzerinde yoğun çalışmalar olsa da, aynı nispette çalışma bu tür malzemelerin elektromanyetik ekranlama davranışları üzerinde söz konusu değildir.

Günümüzde tüm elektronik sistemleri artan seviyede bir elektromanyetik alan tehdidi altındadır. Bu elektromanyetik etkilerin tehdit olarak nitelendirilmesinin sebebi, bir başka sistem ya da doğal ortam kaynaklı oluşan elektromanyetik etkilerin, ilgili sistem ya da cihazları basit fonksiyon kayıplarından bunların imha olmasına kadar götürebilecek biçimde etkilemesidir. Standart ticari ya da otomotiv elektronik cihaz ve sistemler için standart regülasyonlar mevcut olup, gerçekleştirilen testlerden başarılı çıkıp piyasaya sunulan cihazların temel manada elektromanyetik etkiler açısından bağışık olduğu söylenebilir. Ancak, daha gelişmiş ve güncel elektronik donanım taşıyan cihazlar ve bunların özellikle hava araçları gibi hata toleransının olmadığı uygulamalarda kullanımlarında, temel seviye tedbirlerin yeterli olmayabileceği açıktır. Ayrıca bu cihazlar belirtildiği gibi daha eski yapısal malzemelerden ziyade, özellikleri araştırma halinde olan daha gelişmiş malzemelere ihtiyaç duyarlar. Yine bu tür uygulamaların, özellikle savunma alanlarında kullanılmaları durumunda özellikle bir tehdit unusuru haline gelmesi söz konusudur. Bu bağlamda kritik ve yapısal olarak yüksek dayanıma ihtiyaç duyan sistemler için kullanılacak malzemelerin uygun elektromanyetik ekranlama davranışı sağlayacak biçimde geliştirilmesi önemli bir çalışma konusudur.

Elektromanyetik yalıtım olması durumunda elektronik sistem ve cihazlar bir arada olarak girişimlerden etkilenmeden sorunsuz olarak çalışabilir. Bu yalıtımı sağlamak amaçlı bir çok çalışma yapılmaktadır. Bu doğrultuda iki ortamı elektromanyetik açıdan yalıtmak için tanım olarak ekranlama kullanılmaktadır.

Manyetik ekranlama için ferromanyetik malzemeler kullanılır iken elektriksel ekranlama için iletken duvarlar kullanılmaktadır. Ekranlamanın etkinliği (Shielding Effectiveness-

SE) ekranlama başarısını göstermektedir. Ekranlama etkinliği SE, ekranlama etkinliğinin yapılmadığı durumdaki alan şiddetinin, ekranlama etkinliğinin yapıldığı durumdaki alan şiddetine oranlaranarak bulunabilir. Ekranlama etkinliğinin birimi, desibel'dir.(dB) Ekranlamanın iyi yapılması için ekranlama etkinlik (SE) değerinin yüksek olması gerekmektedir (Karataş, 2010).

İçerilen metal elementlerinin iletkinliği tüm bu malzemelerin koruma özelliklerini göstermektedir. Tüm iletken malzemeler nesneler üzerinde yoğunlaşır ve sonrasında serbest taşıyıcılar sayesinde elektromanyetik dalgaları yansıtırlar. İletkenliğin yüksek olması, EMF / dalga çekim ve yansıtmanın da o kadar fazla olması demektir (Singh, Shishkin, Koppel, & Gupta, 2018).

Elektromanyetik ekranlama etkinliği sağlanması açısından kullanılmaya aday malzemelerin çeşitli avantajları ya da zayıflıkları söz konusudur. Genel anlamda yüksek iletkenlikleri sayesinde doğal olarak ekranlama açısından iyi performans gösteren ve gelişmiş malzemelere göre ucuz olan metal temelli malzemeler zayıf korozyon dayanıklılığına, yüksek ağırlığa ve opaklık vb. ilgili uygulama için istenmeyebilecek çeşitli ilave özelliklere sahiptir. Bazı yeni malzemeler, özellikle çeşitli tekstil temelli hammadde ve bunlara ait üretim yöntemleri ile oluşturulan malzemeler örnek olarak ekranlama kumaşları özellikle hafif, kolay şekillendirilebilirliği, aşındırıcı olmayan doğası ve istenilen ekranlama oranlarını sağlamada ayarlanabilmeleri nedeniyle bazı temel ekranlama uygulamaları için uygun ve dikkat çekici adaylardır. Ancak bu tür malzemeler, optimum maliyetle genel tüketici ihtiyaçlarına cevap verme açısından uygun adaylar olsalar da, gelişmiş mühendislik uygulamaları açısından ekranlama seviyeleri ve fiziksel yapıları olmaları açısından uygun olmaktan uzaktırlar. Yine büyük geometrilerin gerektiği uygulamalar için görece hafif ve kabul edilebilir maliyetleri ile özel olarak tasarlanmış, sandviç yapıda malzemeler bulunmktadır. Ancak farklı malzeme türlerine ve maliyetlere sahip bütün bu malzemeler dikkate alındığında, yüksek fiziksel mukavemet ve dayanım sağlayarak, uygulama alanlarında metallerin sahip olduğu tüm özellikleri barındıran ve metallerin dezavantajlarını ortadan kaldıran hafif malzemelere gereksinim söz konusudur. Bu tez çalışmasında günlük hayatımızda pek çok alanda maruz kaldığımız elektromanyetik alanın etkilerini indirgemek amacı ile çevreye zararı olmayan, kolay ve seri üretilebilen, ekonomik ve hafif kompozit malzeme üretilmesi amaçlanmış olup uygun

mekanik ve elektromanyetik ekranlama davranışı gösteren UHMWPE kompozitlerinin üretilmesi üzerine çalışılmıştır.

BÖLÜM 2. POLİMERLER

2.1. Polimerlerin Yapısı ve Özellikleri

Polimerler yaşamımızda önemli yer kaplayan, bitki ve hayvanlarda da önemli rol oynayan yapılardır. Polimerler büyük moleküllerden oluşmaktadır. Monomerlerin birbirlerine tekrar ederek eklenmesiyle oluşan uzun zincirli moleküllere polimer denilmektedir. Aynı monomerlerden oluşan polimerlere homopolimer denilmektedir. Kopolimerler en az iki farklı tip monomerlerden oluşan polimerlerdir. Polimerizasyon reaksiyonları, monomer birimlerden polimer moleküllerinin elde edilmesi olarak açıklanmaktadır.

Doğal polimer maddeleri giyeceklerin, yiyeceklerin, taşıt malzemesinin temel öğesidir. İnsan günlük gereksinimlerini doğal ve organik ürünlerden sağlamaktadır. Kağıt, kauçuk, deri, pamuk, ipek, yün vb. günlük yaşantımızda sık kullanmakta olduğumuz bu ürünlerin uzun bir çizelge listesi yapılabilir (Baysal, Polimer Kimyası, 1981).

2.2. Polimerin Molekül Ağırlığı ve Molekül Ağırlığı Dağılımı

Zincir ve basamaklı polimerizasyonda zincir uzunluğu gelişigüzel olarak dizilmektedir. Zincir uzunluğu basamaklı tepkimelerde büyüyen zincirlerin uç kısımlarında ki reaktif gruplarının varlığı ile belirlenmektedir. Katılma polimerizasyonundaki zincir uzunluğu, başka bir serbest radikalin çevresine yayılmadan önceki büyüdüğü zamanla uzunluğunun etrafındaki serbest halde bulunan ikinci bir radikalin etrafına yayılmadan, önceki büyüdüğü zamanla belirlenir ve ikisi de reaksiyona girmektedir. Her iki reaksiyonda da meydana gelen polimer farklı zincir uzunluklarındaki polimerlerden oluşmaktadır. Genellikle, üç farklı molekül ağırlığı tanımlanmaktadır. Bunlar; Mw (Ağ. Ort. Molekül Ağırlığı), Mn (Ort. Mol. ağırlığı) viskozite ölçülmesi sonucunda bulunan ortalama molekül ağırlığı (Mv)'dır (Baysal, Polimer Kimyası 2, 1994; Allcock & Lampe, 1990).

2.3. Polimerlerin Sınıflandırılması

2.3.1. Kimyasal yapılarına göre polimerler

Kimyasal yapıya göre polimerler; inorganic polimerler ve organik polimerler olarak iki gruptan oluşmaktadırlar. Organik moleküllerden oluşan polimerlere organik polimerler denilmektedir. Poliamidler, polietilen, poliesterler, selüloz ve polipropilen organik polimerlere örnek olarak verilebilir.

Karbon bağı içermeyen ana zincirinde, karbona dayalı olmayan polimerlere inorganik polimerler denilmektedir. Organik polimerler inorganik polimerlere gore daha düşük mekanik dayanım ve daha düşük ısı gösterirler. İnorganik polimerlere polidimetilsiloksan (silikon), borofan, silazan örnek olarak verilebilir.

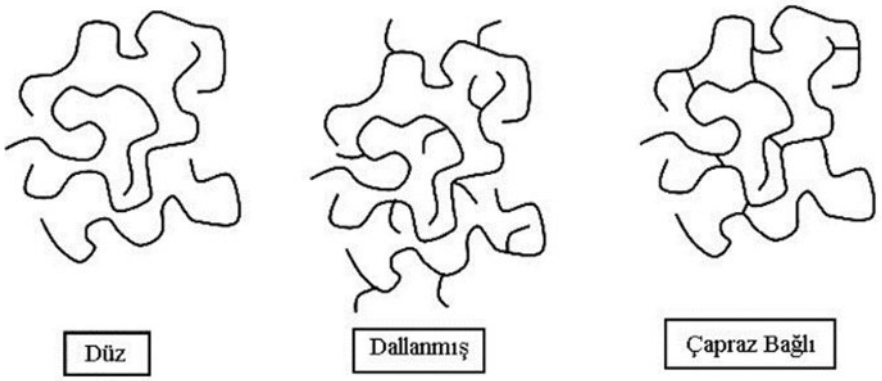
2.3.2. Bileşiklerin kaynağına göre polimerler

Polimerler; bileşik kaynak yapılarına göre üç farklı gruba ayrılmaktadırlar. Bunlar; sentetik, yarı sentetik ve doğal polimerlerdir. Canlı ve cansız varlıklarda kendi kendine oluşan polimerler de doğal polimerlere dahildir. Bu doğal polimerlere örnek olarak selüloz, poliamitler (yün) proteinler ve kauçuk verilebilir. Son yıllarda uygulama alanlarının artması sebebiyle biyolojik aktiflik gösteren doğal polimerler biyopolimerler denilmektedir. Doğal polimerlerin kimyasal tepkimelere girmesi sonucunda yarı sentetik polimerler oluşmaktadır. Sentetik polimerler ise doğal polimerlerin monomerlerinden çeşitli polimerleşme reaksiyonları ile oluşmaktadır. Bu reaksiyonlar sonrasında tamamen insanlar tarafından oluşturulan polimerlerdir. En fazla kullanılan sentetik polimerler; poli(vinil klorür), polistiren, naylon, poliesterler, polietilen, fenol-formaldehit, poliakrilonitril, ve amino reçinelerdir.

2.3.3. Zincirin fiziksel yapısına göre polimerler

Polimerler; fiziksel yapısına göre üçe ayrılmaktadır. Bunlar; lineer (doğrusal), çapraz bağlı ve dallanmış polimerlerdir (Şekil 2.1). Karbon atomlarının birbirine kimyasal olarak bağlanması sonucunda doğrusal polimerler oluşmaktadır. Bu polimerler yapısında düz ve uzun zincirler içerirler. Lineer polimerler ise genelde uygun çözücülerde

çözünmektedirler. Polietilen (PE), poli(akrilonitril) (PAN) ve poli (vinil klorür) (PVC), polimerler bu tip polimerlere örnektir.



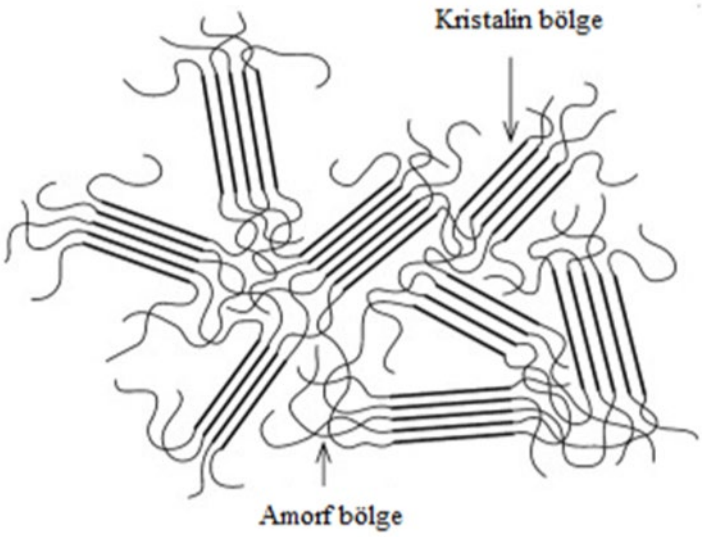
Şekil 2.1: Fiziksel yapılarına göre polimerler.

Uzun ve ana polimer zincirinin üzerindeki kendi kimyasal yapılarına benzeyen başka zincilere kovalet bağ ile bağlanan polimerler dallanmış polimerlerdir. Bu polimerler doğrusal polimerlerle benzerlikler göstermektedirler. Aynı zamanda doğrusal polimerleri çözen çözücülerde çözünmektedirler. Dallanmış polimerlerdeki değişik çözelti yoğunlukları; kristallenme oranlarının az olması ve farklı ışık saçılması gibi özellikler bu polimeri lineer polimerlerden ayıran özelliklerdir.

Polimer zinciri üzerindeki dalların birden fazla zincire bağlanması ile çapraz bağlı polimerler oluşmaktadır. Bu polimerler çözücü içerisinde çözünmeyip sadece çözücüyü yapısına alarak şişerler (Rizzardo, Chiefari, Chong, Moad, & Thang, 1999).

2.3.4. Zincirlerin kimyasal yapısına göre polimerler

Polimerler, kimyasal yapısına göre; kristalin polimerler, amorf yapılı polimerler ve yarı kristalin polimerler olarak sınıflara ayrılmaktadır (Şekil 2.2). Rastgele birbirinin içine girmiş olan polimer zincirleri amorf polimerlerdir. Polimer zincirleri kristalin polimerik yapılarda olup belli bir düzene girerek kristallenir. Yarı kristalin polimerlerde hem amorf hem kristalin bölgeler bulunur. Kristal yapı yapıya sertlik kazandırırken, amorf yapı polimerlerin yumuşak olmasını sağlamaktadır. Bir polimer % 100 amorf yapıda ise Tg yani camsı geçiş sıcaklığına sahiptir. Bir polimer % 100 kristal yapıda ise Tm yani kristal erime sıcaklığına, yarı kristalin yapıdaysa hem Tg hem de Tm sıcaklığına sahiptir.



Şekil 2.2: Kimyasal yapısına göre polimerler.

Bir polimerin kırılgan ve sert halinden esnek ve yumuşak haline geldiği sıcaklık camsı geçiş sıcaklığıdır. Malzeme kristalinin erime sıcaklığı üzerinde ısıtıldığı zaman kristalin polimerlerde kuvvet gereksinimleri azalmaktadır. Daha basit ve daha kolay akış özelliklerine sahip olduklarından dolayı bir kalıbı doldurma noktasında iyi bir avantaj sağlamaktadırlar. Kristalin polimerler genel olarak yüksek sıcaklıklarda stabilite, iyi kimyasal dirence ve daha iyi bir sürtünme direncine sahiptirler. Amorf polimerler ise genellikle kristal malzemelere oranla daha iyi bir darbe dayanımına sahiptirler. Daha az bükülmeye ve daha az kalıp büzülmesine sahiptir. Bu durum kullanım gereksinimlerine göre, kristalin veya amorf bir polimerin tercih edilmesini belirler.

2.3.5. Termal davranışlarına göre polimerler

Termal davranış yapılarına göre polimerler; termoplastikler ve termosetler olmak üzere iki ayrı gruba ayrılırlar.

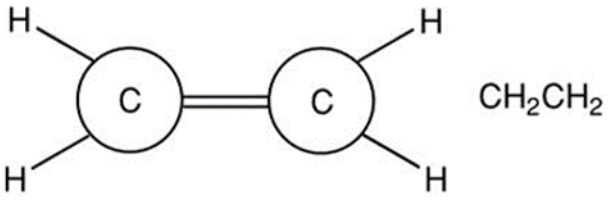
Termoplastikler genel olarak ısıtıldığında yumuşayarak erirler ve soğutulduğunda ise sertleşirler. Termoplastiklerin bu davranışları sayesinde kalıptan çekilebilir, enjeksiyon kalıplama yöntemi ile kalıplanabilir veya başka kalıplama yöntemleri kullanılarak oluşturulabilirler. Bu davranışları sayesinde aynı zamanda üretim hurdaları olarak da tekrardan kullanılabilirler. Termosetler, zincir hareketini sınırlayan çapraz bağ içermektedirler. Bu zincirler, aşırı sıcağa maruz kaldıklarında yumuşama yerine bozulma eğiliminde olmaktadırlar (Ebnesajjad, 2016).

2.3.6. Monomer şekillerine göre polimerler

Şekillerine göre monomerler; kopolimerler, homopolimerler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

En basit polimer türü olan homopolimerler tek monomerden oluşmaktadırlar. Homopolimerler doğrusal olabileceği gibi, üç boyutlu veya dallanabilir bir ağ yapısı gösterebilir. Monomerlerin ikiden fazla fonksiyonlu grup oluşturması sonucunda üç boyutlu yapı oluşur. Farklı tür monomerlerden oluşan polimerlere ise kopolimer denilmektedir (Beşergil, 2019).

Etilen en basit ve sık olarak karşılaşılan monomer türüdür (Şekil 2.3). Kimyasal yapısı olarak; iki karbon (C) atomuna bağlı dört hidrojen (H) atomundan oluşmaktadırlar (Goodship, 2004; Saçak, 2005). Şekil 2.3'te bir etilen molekülü görülmektedir.



Şekil 2.3: Bir etilen molekülü (Goodship, 2004).

2.3.6.1. Homopolimerler

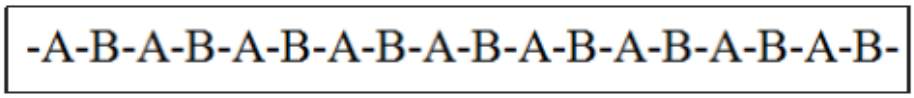
Aynı cins monomerlerden oluşan polimerlere homopolimer denilmektedir (Şekil 2.4).

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

Şekil 2.4: Homopolimerlerin genel görünümü.

2.3.6.2. Kopolimerler

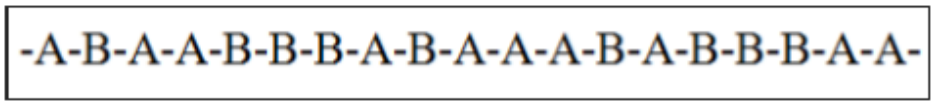
Polimer molekülü zinciri üzerinde birden fazla çeşit monomer birimi var ise oluşan bu polimerler kopolimerlerdir (Şekil 2.5). Bu kopolimerler monomerlerin diziliş türlerine göre blok kopolimer, art arda, graft ve gelişigüzel olmak üzere dörde ayrılmaktadır.



Şekil 2.5: Kopolimerlerin genel görünümü.

2.3.6.3. Gelişigüzel kopolimerler

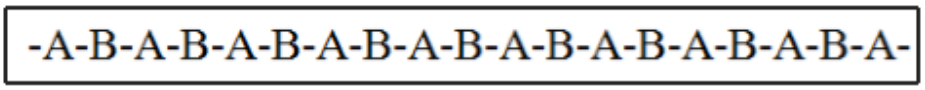
Şekildeki A ve B dizilişleri iki ayrı monomeri göstermektedir. Polimer zincirinde düzensiz ve rastgele olarak bağlanmışlardır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Gelişigüzel kopolimerlerin genel görünümü.

2.3.6.4. Art arda (alternatif) kopolimerler

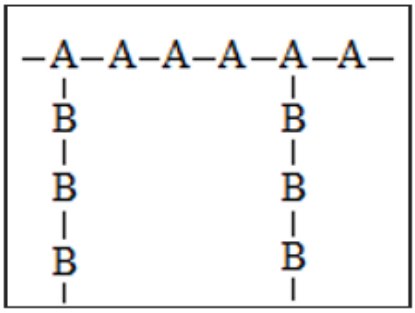
Şekildeki A ve B dizilişleri iki ayrı monomeri göstermektedir. Bu iki farklı monomer zincir boyunca düzenli bir şekilde bağlanmışlardır. (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Art arda kopolimerlerin genel görünümü.

2.3.6.5. Graft (aşı) kopolimerler

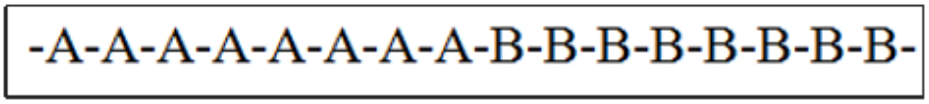
Aynı tür monomerleri içeren polimerlerin ana zincirine farklı monomerlerden oluşmuş polimer zincirinin, dallanma yaparak bağlanmasıyla oluşan polimerlere graft (aşı) kopolimer denilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Graft (aşı) kopolimerlerin genel görünümü.

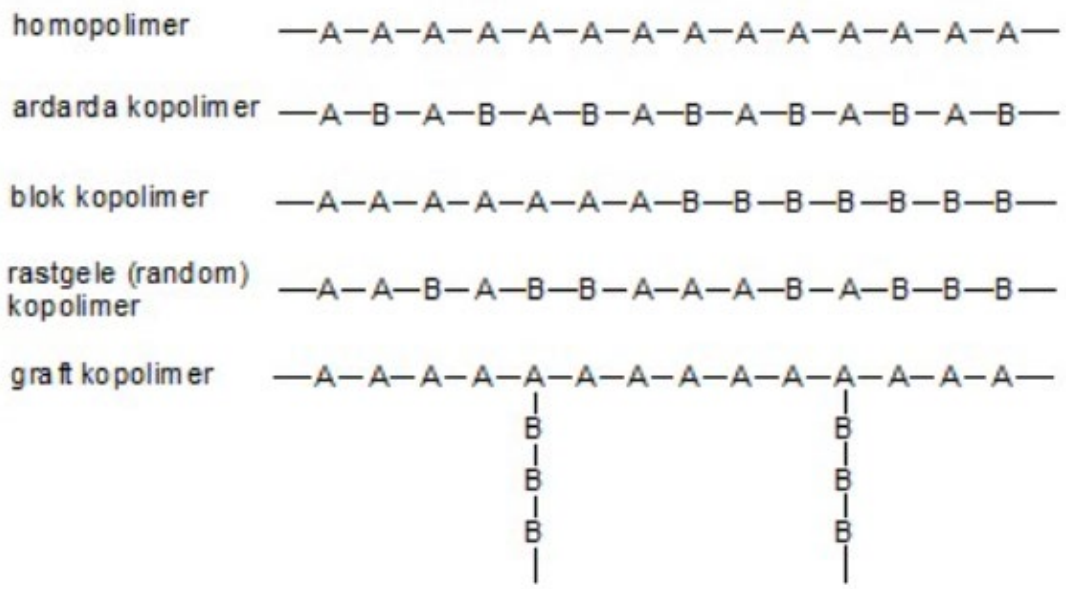
2.3.6.6. Blok kopolimerler

Farklı türdeki monomerlerden oluşan ve bloklar halinde birbiri ardına dizilen kopolimerlere blok kopolimerler denilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Blok kopolimerlerin genel görünümü.

Sonuç olarak monomer şekillerine göre polimer yapıları aşağıdaki şekil ile özetlenebilmektedir (Şekil 2.10).

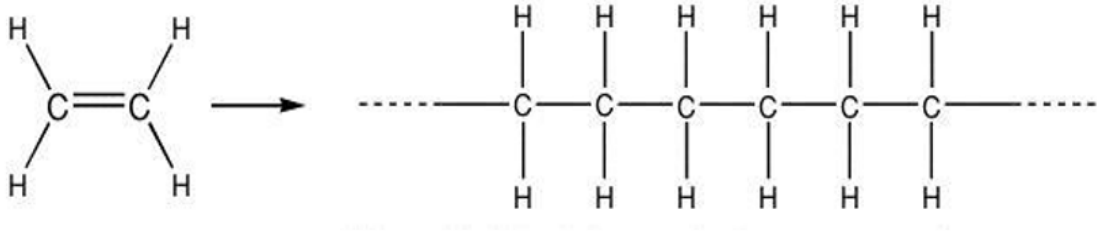


Şekil 2.10: (a) Homopolimer, (b) Alternatif kopolimer, (c) Blok kopolimer (d) Gelişigüzel kopolimer (e) Dallanmış polimerler(graft).

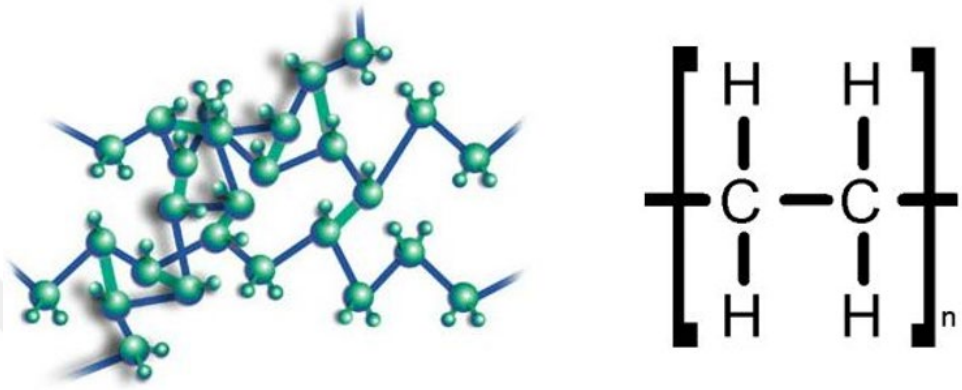
2.4. Polietilen (PE)

Polietilen (PE), çatlak oluşturmaya eğilim, düşük erime noktası gibi dezavantajlarının olmasına rağmen, ucuz olması, düşük sıcaklıklarda kullanılabilmesi ve geri dönüşüm faktörünün kolay olması gibi özellikleriyle dünyada en çok kullanılan termoplastiktir (Galli & Vecellio, 2004). Polietilenler en eski polimerler arasında yer almaktadır. Daha öncesinden alçak yoğunluklu üretilen polietilenler, gelişim göstererek orta yoğunluklu, yüksek yoğunluklu ve lineer olarak üç yeni polietilen türü ortaya çıkmıştır. Polietilen, şişelerde, kablolarda, tellerde, borularda ve ambalaj gibi farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadırlar (Peacock, 2001; Krupa & Luyt, 2000). Polietilenler sağlamlık, dielektrik özelliklerinin üstünlüğü, dayanıklılık, kolay işlenebilme özellikleri ile günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Fakat yüksek sıcaklıkta çözünürlük göstermektedirler. Bunun yanında gerilmede çatlak oluşturmaya eğilim, termal oksidasyon dekompozisyon reaksiyonlarına karşı hassasiyet ve yüksek yanıcılık gibi özellikleriyle dezavantaj oluşturmaktadırlar (Beşergil, 2019; Goodship, 2004).

Polietilen, etilen molekülünde bulunan karbon atomlarının arasındaki çift bağ ile oluşturmaktadır (Şekil 2.11).



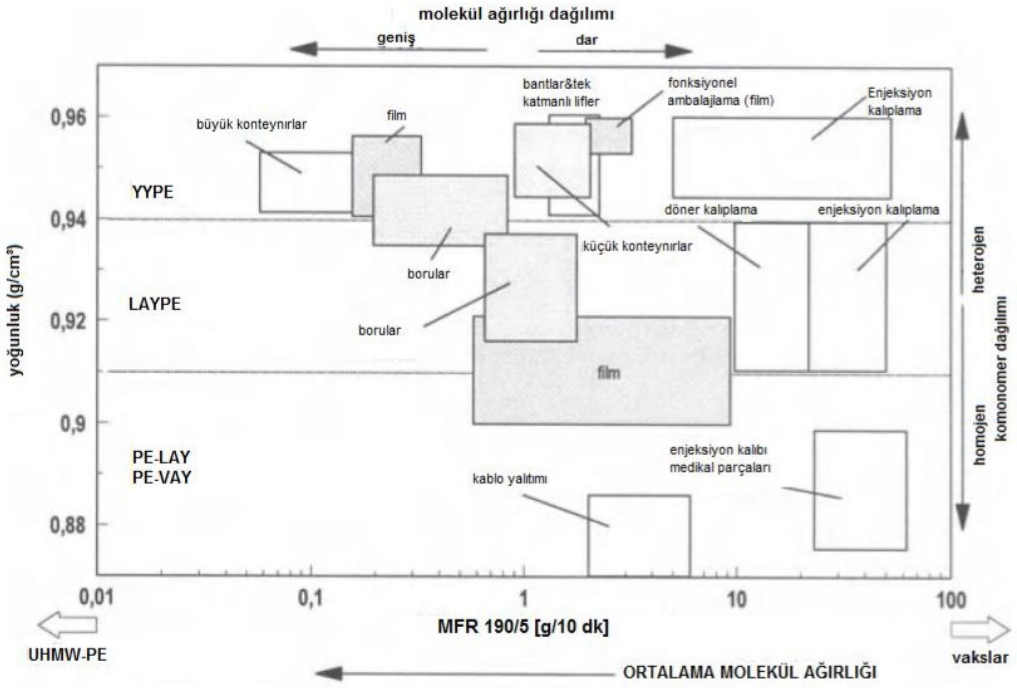
Şekil 2.11: Polietilen molekülü (Goodship, 2004).



Şekil 2.12: Polietilenin yapısı.

Polietilenin ürün haritası, Şekil 2.13'de görülmektedir. Polietilenin ergime akış hızı (MFR 190/5), komonomer miktarı ve yoğunluk değerlerine göre gösterilmektedir (Galli & Vecellio, 2004).

Termoplastik malzemeler içerisinde en yaygın olarak kullanıların polimer polietilen'dir.

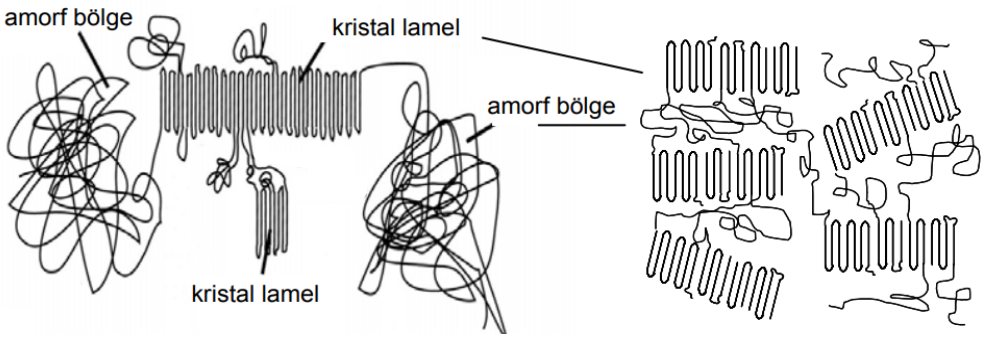


Şekil 2.13: Polietilen ürün haritası (Galli & Vecellio, 2004).

2.4.1. Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen

Polimerizasyon sonucu elde edilen etilen gazının Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UHMWPE)'nin molekül ağırlığı 310 milyon g/mol ve yoğunluğu 0.930-0.935 g/cm³ 'dür. Bu polietilen lineer bir polietilen türüdür. UHMWPE içerisinde amorf ve kristal bölgeler bulunmaktadır (Şekil 2.14). Polimer zincirleri düzenli kristal yapıya sahiptir (Kelly, 2002). Amid, ester, hidroksil gibi gruplar içermezler. Bu sebeple UV ışınlarına, kimyasal maddelere ve mikroorganizmalara karşı dirençlidirler. Moleküller arasın oluşan Van der Waals kuvvetleri oldukça zayıftır. Bu nedenle moleküller çok uzun yapıda olmasından dolayı bir molekülden diğer moleküle büyük kayma (shear) kuvvetli olarak taşınır. Molekül arası kuvvetler çok yüksek olduğundan her bir zincir diğerlerine fazla miktarda Van der Waals bağ kuvvetiyle bağlıdır.

UHMWPE fiberlerinde zincirlerin %95'inden fazlası paralel şekilde yerleşir ve kristallik seviyesi yüzde 85'e ulaşır; bu nedenle kısa moleküller arasında da fazla kuvvetli bağlar meydana gelmektedir. Olefin molekülleri arasında bulunan zayıf bağlar yerel ısıl uyarmalara sebep olmaktadır. Bu sebep sonucunda zincirdeki kristalin düzenlenme bozulur, ısıl kararlılık zayıflar (Duan, ve diğerleri, 2017).



Şekil 2.14: UHMWPE'de kristal ve amorf bölgeleri gösteren şematik diyagramlar.

Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen malzeme özellikleri dolayısıyla önemli kullanım alanlarına sahiptir. Sürtünmeye karşı olan dirençli yapısından dolayı buz pateni pistlerinde kullanılmaktadır. Özellikle Tekstil endüstrisindeki dokuma makinelerinin parçalarında darbelere dayanıklı olması nedeniyle kullanılmaktadır. Medikal sektöründe kalça, diz ve omuz implantlarında kullanılmaktadır. Tel ve kabloların üretiminde yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kağıt endüstrisinde ve otomotiv sektöründe, yüksek mekanik özellikleri sayesinde kılavuz levhalar, sızdırmazlık halkaları ve silme panelleri olarak kullanılmaktadırlar.

Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilenin uzun, düzenli zincir yapısı sayesinde savunma sanayide kurşun geçirmeyen yeleklerde ve kasklarda kullanılmaktadır. Bu polietilen, hafif ve dayanma mukavemeti yüksek istenen malzeme üretiminde tercih edilme sebebidir (Suhm, Schneider, & Mülhaupt, 1998).

Karl Ziegler tarafından ilk olarak 1950'li yıllarda Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilenin bulunmuş olup etilen gazının polimerizasyonu ile elde edilmiştir. Yüksek yoğunluklu polietilene (YYPE) yapısal olarak benzemektedir. UHMWPE optimize edilen proses şartları ve kullanılan katalizörlerin bileşiminden dolayı daha uzun zincir yapısına sahiptir. Aynı zamanda yüksek yoğunluklu polietilenin 100 katına ulaşacak kadar yüksek molekül ağırlığını vardır. Yüksek molekül ağırlıkları sayesinde aşınma direnci, sertlik ve darbe dayanımı açısından üstün özellikler gösterirler (Jones, 2009).

UHMWPE tatsız, kokusu ve zehirli etkisi olmayan bir polimer türüdür. Kimyasal korozif maddelere karşı iyi direnç göstermektedirler.

BÖLÜM 3. AKIMSIZ NİKEL KAPLAMA

3.1. Akımsız Nikel Kaplama Yöntemi

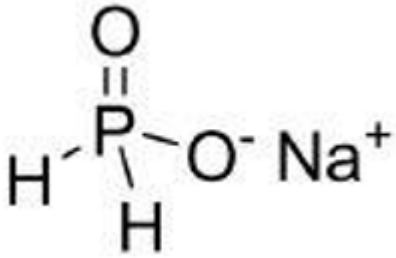
Kaplanacak olan malzemelerin fiziksel duruma bağlı olarak yüzey kaplama metotları sınıflandırılmaktadır (Çatak, 2002). Kaplama metodunda, kaplanacak maddenin fiziksel özelliklerinde değişim göstermemesi gerekmektedir. Kaplama tabakası iyi yapışma özelliği göstermeli ve kaplanacak maddenin yapısına uygun olmalıdır. Aynı zamanda işlevini yerine getirebilecek kalınlıkta olmalıdır. Akımsız nikel kaplama üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar; kompozit kaplamalar, alaşım kaplamalar ve metalik kaplamalardır. Yüzey mühendisliği ve metal biriktirme alanlarında akımsız kaplama kimyası ortaya çıkmaktadır. Akımsız nikel kaplama iyi bir fizikokimyasal yapıya ve mekanik özelliklere sahiptir (Agarwala & Agarwala, 2003).

İndirgiyecilerin katalitik yüzeye birikmesi sonucunda akımsız nikel kaplama gerçekleşmektedir. Kaplama katalitik bir indirge olup, banyo içerisinde metal iyonları bu katalitik yüzeyde kaplanmaya devam eder. Böylece katalitik indirgeme sayesinde yüzeyde kaplama her bölgede aynı kalınlıkta olacaktır (Ziswa, 2020).

Akımsız nikel kaplama ilk zamanlarda Brenner ve Riddel tarafından 1940' lı yıllarda bulunmuştur. Endüstride çok önemli bir yer kaplayan akımsız nikel kaplama, araştırmacıların banyolardaki arzu edilmeyen oksidasyon ürünlerini arıtmak amacıyla kullandıkları bir sodyum hipofosfit, redükleyici, ilave nikel toplanmasına neden olarak keşfedilmiştir. Akımsız nikel kaplamanın ABD'de ilk zamanlarda 1955 senesinde Kanigen yöntemi ile başlanmış olup, bu uygulamayı 1968'de Durnicot devam ettirmiştir.

Sodyum hipofosfit akımsız nikel banyolarında indirgeyici olarak kullanılmaktadır. Diğer indirgeyicilere göre kontrol edilebilirlik, düşük maliyet ve daha yüksek korozyon direnci sağlaması avantajlarıdır.

Hipofosfit, su ve nikel iyonları ile birlikte reaksiyona girerek aktif numune yüzeyine indirgenir. Şekil 3.1' de NaH2PO2'nin kimyasal yapısı gösterilmektedir (Ziswa, 2020).



Şekil 3.1: Sodyum hipofosfitin kimyasal yapısı (Duan, ve diğerleri, 2017).

Kaplama sonucunda oluşan malzeme aslında ana malzemeden ve ana malzemenin kaplamasından oluşan kompozit bir üründür. Ana malzeme ve kapmanın bileşiminden, kaplamaya adanan pek çok özellik oluşmaktadır. Akımsız nikel kaplamanın en önemli özelliğinden olan her yerde eşit kaplama, parçanın şekil ve boyutlarından etkilenmeksizin yapılabilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda aşınma dirençleri ve yüksek korozyon, ucuz işçilik maliyeti, kaplama sertliğinde artış olabilmesi, yüksek manyetik özellikler, lehimlenebilirlik, yağlayıcılık, yüksek elektrik direnci ve birçok malzemede kaplama yapılabilme imkanı sağlamaktadır (Riedel, 1991).

3.1.1. Akımsız nikel kaplamanın avantajları

- Parça şekline bağlı olmadan, çözelti ile temas etmiş olan tüm yüzeylerde eşit kalınlıkta kaplama yapılabilmesi,
- Yüksek aşınma direncine sahip olmaları,
- Isıl işlem uygulanmamış kaplamaların amorf yapıda olması,
- Korozyon dirençlerinin yüksek olması ve az gözenekli yapıda olmaları,
- İstenilen kalınlıkta kaplama yapılabilmesi,
- Metal ve metal olmayan her yüzeyde üzerine kaplama yapılabilmesi,
- Lehimlenebilir olmaları,
- Yüksek elektrik dirençleri,
- Kaygan yüzeye sahip olmaları,
- Isıl işlem uygulanarak sertlik artışında olanak olması,

- Kitlesel veya askıda kaplama uygulamalarına uygun olmaları (Eraslan, 2010; Fujii, ve diğerleri, 2014).

3.2. Nikelin Genel Özellikleri

Yeryüzünde bulunan nikel, 1751' de İsveçli Axel Cronsted tarafından keşfedilen bir elementtir. Saf olarak Jeremias Richter tarafından üretimi ilk olarak 1804 yılında denenmiştir. Bunlardan başlıcaları; gersdorfit (NiAsS), millerit (NiS), nikelin (NiAs), anabergit ($Ni_3(AsO_4)^2.8H_2$), bunsenit (NiO)'dir. Nikel yeryüzünde %0,008 oranında bulunmaktadır. Nikel, dünya üzerindeki elementlerin sıralamasında 24. sırada yer almaktadır (Kerfoot, 2005).

Nikel gümüşümsü renkte olup, sert ve ağır bir metaldir (Şekil 3.2). Nikel genellikle oksitler ve sülfat halinde bulunmaktadır.

Nikel elementi, nikel alaşımları ve nikel bileşikleri ticari sektörlerde birçok uygulama alanlarına sahiptir. Nikel yüksek ısı direncine ve yüksek oranda korozyon direncine sahip olup genel olarak demir dışı alaşımlarda, paslanmaz çeliklerde ve nikel bazlı süper alaşımlarda kullanılmaktadır. Bazı nikel kompleksleri ve bileşikleri, katalizörler olarak kullanılmaktadırlar. Saf nikel, elektrolitik kaplamalarda kimyasal katalizör olarak kullanılır. Elektrolitik kaplamanın uygulama alanlarından olan; kaynak ürünlerinde, elektrotlarda, alkali pillerde, tıbbi protezlerde, madeni paralarda, mıknatıslarda, elektrik fişlerinde, makine parçalarında kullanılmaktadırlar. Nikel YMK yapısı göstermektedir. Nikel sulu ortamlarda Ni^{+2} olarak bulunur ve suda kolay bir şekilde çözünmektedir (Agarwala & Agarwala, 2003)



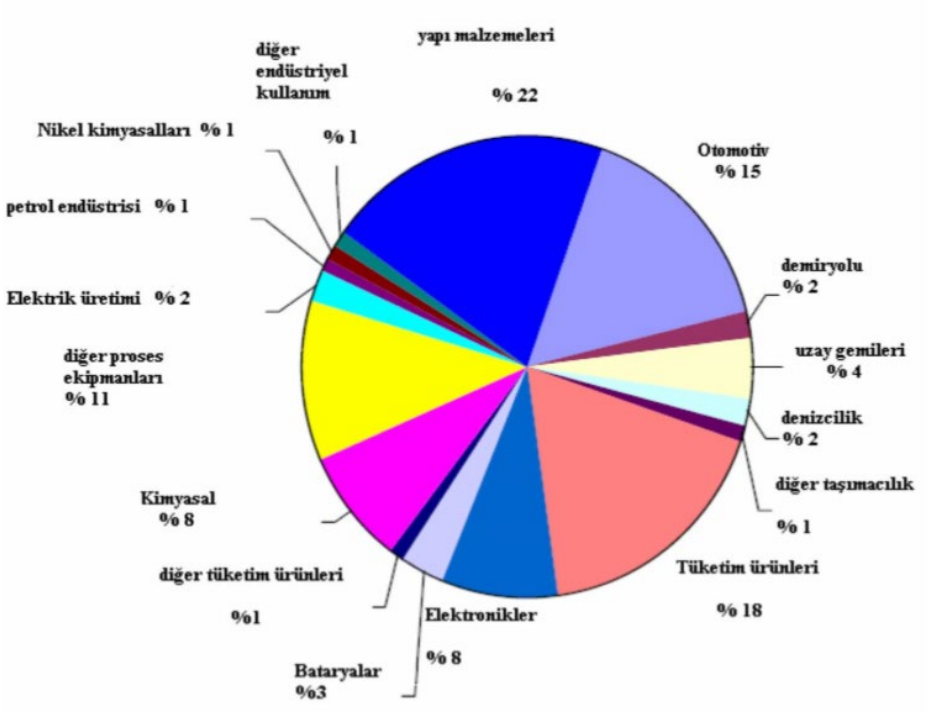
Şekil 3.2: Nikel metali.

3.3. Nikelin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Nikel elementinin sembolü Ni' dir. 4. Periyotta 8B grubunda yer almaktadır. Atom numarası 28' dir. Bağıl atom kütlesi 58,6943'dür. Yoğunluğu 8,912 g/cm^3 olup, ergime sıcaklığı 1.4550 °C, kaynama sıcaklığı 2.9130 °C' dir. Nikelin mohs sertlik derecesi 4.0'dır. Gümüş renginde ve parlak olarak görünmektedir. Korozyon direnci yüksek ve kristal yapısı YMK olup mükemmel sünek özellik göstermektedir. Hem çözücü olarak hem de çözünen olarak alaşım yapmaya eğilim göstermektedir. Oda sıcaklığında ferromanyetik özellik gösterir. Katalitik davranış gösterir. Yumuşak olmasından dolayı tel ve levha haline getirilebilmektedir. Sıfırın altına düşen sıcaklıklarda sünekliğini ve tokluğunu korumaktadır. Yüksek sıcaklıklarda mukavemetini korumaktadır. Hem sıcak hem de soğuk olarak işlenebilirler. Aynı zamanda kaynak edilebilirler. Kimyasal olarak reaktif olmadıklarından soğuk suda, sıcak suda veya amonyak içerisinde çözünmezler. Alkalilerden ve konsantre nitrik asitten etkilenmezler. Sülfürik asitte, seyreltilmiş nitrik asitte ve hidroklorik asitte çözünürler (Uğurlu, 2019).

3.4. Nikelin Kullanım Alanları

Nikel genel olarak birçok kullanım alanına sahiptir. Şekil 3.3' de sektörel olarak kullanım oranları görülmektedir. Tüm bu sektörler dahilin de nikel; paslanmaz çelikler, magnetler, madeni paralar, kıymetli eşyalar tekrar şarj edilebilir bataryalar, elektro gitar telleri, özel alaşımlar, cerrahi kablolar gibi pek çok üründe kullanılmaktadır. Tüm bu sektörlerde nikel; korozyona karşı yüksek direnç, süneklik özelliklerinin iyi olması, mukavemet ve ısı iletkenliği özelliklerine sayesinde büyük bir kullanım alanı vardır.



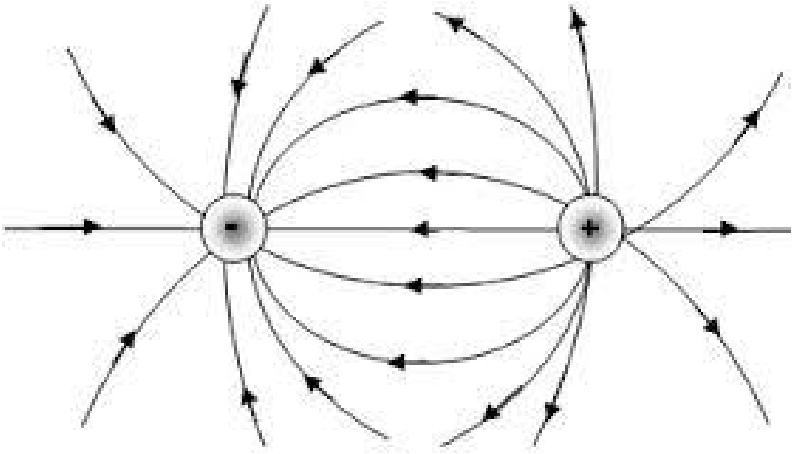
Şekil 3.3: Nikelin kullanım alanları.

Nikel, korozyon dayanımına özelliği sayesinde birçok kullanım alanına sahiptir. Güç endüstrisinde, denizcilik uygulamalarında, kimyasal sanayide, yağ, gaz ve paslanmaz çeliklerde kullanılmaktadır. Ayrıca nikel elektrolitik kaplama olarak da kullanılmaktadır. Korozyona karşı dayanıklılık için metallerin üzerine nikel kaplama yapılmaktadır. Elektromanyetik özellik gösterdiklerinden dolayı antenlerde ve transformatörlerde kullanılmaktadır. Yakıt pillerinde nikel oksitler elektrot olarak kullanılmaktadırlar (Ziswa, 2020).

BÖLÜM 4. ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

4.1. Elektrik Alan

Elektrik alanın içerisinde yer alan yüklü nesnelere elektriksel bir güç vasıtasıyla etki eden, manyetik alanı veya elektriksel yükü içerisinde bulunduran uzayın bir özelliğidir. Elektriksel kökenli bir kuvvet herhangi bir elektrik yüklü cisme etki ediyorsa burada elektrik alan oluşur. Her yük belli bir bölgede etki gösterir. Elektrik alan elektriksel bir kuvvet olup, birim yüke etki etmektedir. Bir yükün elektrik alanı, o yükün elektriksel kuvvet etkisi gösterdiği alandır. Elektrik alan bir değere, yöne ve doğrultuya sahiptir (Şekil 4.1). Elektrik alan vektörel büyüklüktür. E harfi ile gösterilmektedir. Elektrik alanın birimi Newton/Coulomb'dur. Elektrik alan artı yükten eksi yüke doğru ilerler. Kaynaktan uzaklaştıkça elektrik alan şiddeti azalır (Çınar, 2006).

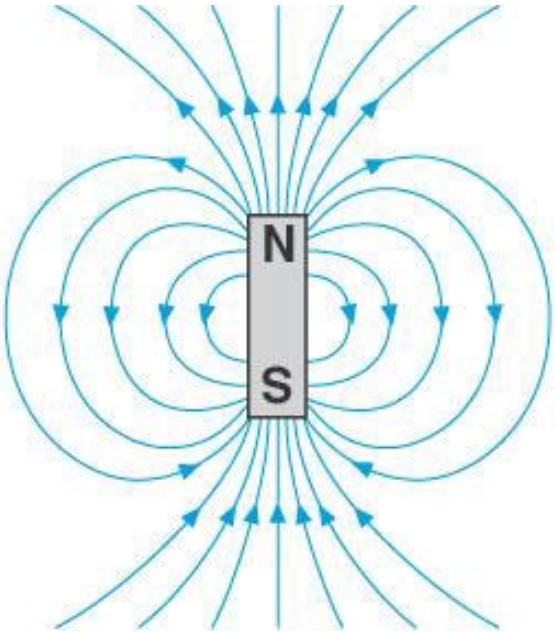


Şekil 4.1: Elektrik alan çizgileri.

q yüküne bir F kuvveti etki ediyorsa ve elektrik alan şiddeti E ise; F = q.E dir.

4.2. Manyetik Alan

Manyetik alan zaman içerisinde değişiklik gösteren elektrik alandan, temel parçacıklar sayesinde veya hareket eden elektrik yükleri tarafından üretilir. Vektörel bir büyüklük olan manyetik alan yönü ve kuvveti ile tanımlanabilir. Manyetik alan B harfiyle gösterilir. SI birimi Tesla'dır (T). Manyetik alan T=N(Am)-1 olarak geçer. Tesla birimi günlük olaylar için oldukça büyüktür bu yüzden yerine Gauss (G) ifadesi kullanılmaktadır. 1 T=104 G 'dir. Manyetik alan çizgileri, (N) kuzey kutbundan (S) güney kutbuna doğrudur (Şekil 4.2) (Hacıfazlıoğlu, 2011).



Şekil 4.2: Manyetik alan çizgiler (Çınar, 2006).

4.3. Elektromanyetik Alan

Manyetik ve elektrik alandan oluşan, elektromanyetik enerji içeren alana elektromanyetik alan (EMA) denir (Kılıç, Örtlek, & Saraçoğlu, 2007). Elektromanyetik alan veya dalga iki etkenden oluşmaktadır. Bu iki etken elektrik alan ve manyetik alandır. Elektrik alan E, manyetik alan B harfi ile gösterilir (Us, 2013).

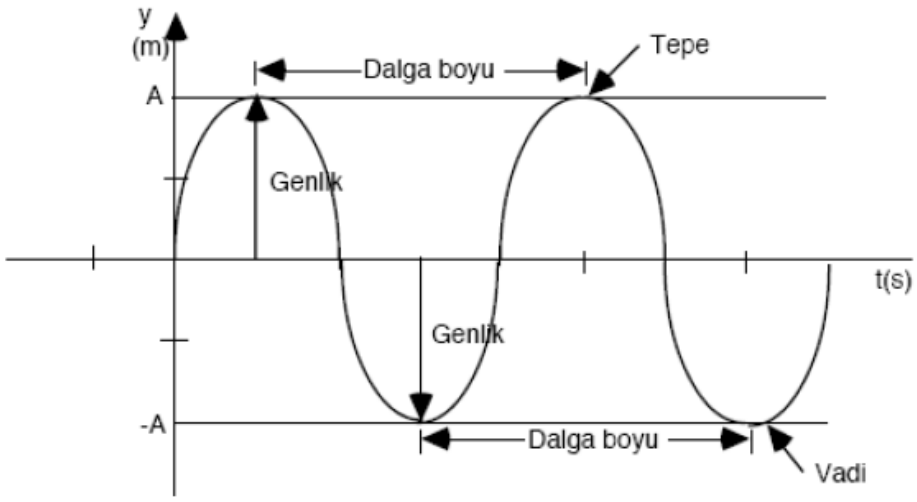
Bu iki bileşen birbirine diktir ve oluşturdukları yüzey manyetik alanın yayılım doğrultusuna diktir (Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 2019).

Elektromanyetik dalgaları tanımlamak için dalganın dalga boyuna, frekansına ve hızına ihtiyaç vardır (Palamutçu, Özbek, Karpuz, Dağ, & Öztürk, 2008-2010).

Elektromanyetik dalgaların dalga boyu tekrarlanan dalgalar arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Lambda (λ) ile gösterilir (Şekil 4.3).

Bir dalganın normal konumundan uzanımı yüksek ve düşük olduğu konumlara veya bulunduğu konumundan yükselme ve alçalma uzaklığına genlik denir.

Frekans, bir dalganın bir saniyede kaç devir yapıldığını gösterir. Birimi Hertz'dir.(Hz.) Frekansın dalga boyu ile ilişkisi vardır. Dalga boyu arttıkça frekans azalır (Palamutçu & Dağ, Fonksiyonel Tekstiller I:Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri, 2009; Duran, 2011).



Şekil 4.3: Dalga boyu.

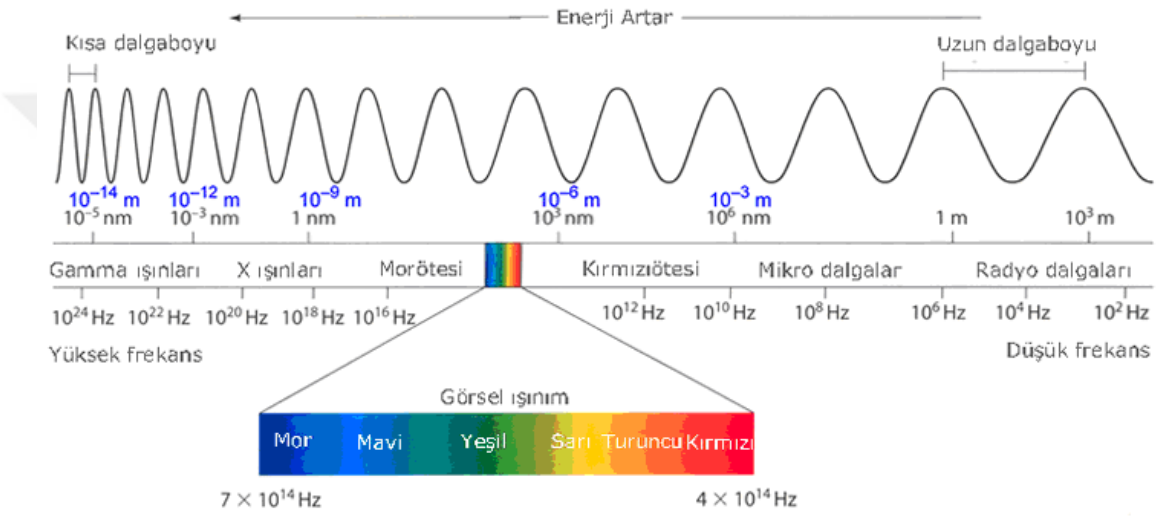
4.3.1. Elektromanyetik dalgaların özellikleri

Elektromanyetik dalgalar genel olarak özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Enine dalgalardır.
- Elektrik alan ve manyetik alanın birbirine dik olmasıyla oluşur.
- Boşluktayken ışık hızında ilerlerler.
- Dalga boyuna, frekansa ve belli bir hıza sahiptir. Hızı bulunduğu ortama göre değişkenlik gösterir.
- Polarize edilebilirler.
- Çok uzaklara enerji taşıyabilirler.
- Dalga boyu arttıkça frekans azalır. ($c=\lambda.f$ c: ışık hızı)

4.4. Elektromanyetik Spektrum

Tüm elektromanyetik dalgaları içeren dizilime elektromanyetik spektrum denir (Palamutçu, Özbek, Karpuz, Dağ, & Öztürk, 2008-2010). Elektromanyetik spektrum, düşük frekanslı dalgalardan (elektrik ve manyetik alanlar) yüksek frekanslı dalgalara (elektromanyetik radyasyon) doğru uzanmaktadır (Duran, 2011). Elektromanyetik spektrumda en büyük enerjiye sahip olan dalgalar, aynı zamanda en yüksek frekanslı dalgalardır (Şekil 4.4) (Palamutçu, Özbek, Karpuz, Dağ, & Öztürk, 2008-2010).



Şekil 4.4: Elektromanyetik spektrum.

4.4.1. Mikrodalga ışık

Mikrodalga ışık 0,3m ile 10-3m arası dalga boyuna, 109Hz. ile 3.1011Hz. arası frekansa sahiptir. Atom ve moleküllerle etkileşime giren mikrodalgalar, onların hareketlerinde sürtünme meydana getirir. Ve bunun sonucunda ortaya ısı enerjisi çıkmasına neden olurlar (Us, 2013). Mikrodalga fırınların yemekleri ısıtırken kullandıkları yöntem budur. Aynı zamandan bu dalga boylarının kullanıldığı bir başka yer telefon uydularıdır. Mikrodalga koduna dönüştürülen sesimizi telefonumuz çözümler ve böylelikle sesimiz karşıya iletilmiş olur (Genç, 2006).

4.4.2. Radyo dalgaları

Dalga boyları birkaç km ile 0,3m arasında olup frekansları birkaç Hz. ile 109 Hz. arasındadır. Radyo dalgaları uzun dalga boyuna sahiptirler. Radyo dalgaları elektrik titreşimi kökenlidir. Bu tür dalgalar haberleşme cihazlarında kullanılmaktadır (Us, 2013). Elektromanyetik spektrumun geniş bir bölümünü kapsayan radyo dalgaları ultra yüksek frekans, mikrodalga, VHF, radar, milimetre dalga, televizyon vb. alt bölümlere ayrılabilir (Yıldız, 2011).

4.5. Elektromanyetik Alanların Etkileri

Sanayileşmenin artışı ile birlikte elektormanyetik enerji kullanımı bundan 50-60 yıl öncesine kıyasla çok artmıştır. Bu sebeple eskiden elektromanyetik alanın atmosferdeki etkisi bir hayli düşükken şu an bu seviye, elektormanyetik alanın her frekansı için insan, hayvan ve bitkileri negatif etkileyen bir unsur haline gelmiştir (Duran, 2011).

4.5.1. Elektromanyetik alanların cihazlar üzerindeki etkileri

Elektrikli cihazların uygun şekilde çalışabilmesi için ortam içinde bulunan elektromanyetik dalgaların ne oranda oldukları da önemlidir. Manyetik ve elektrik alan şiddetlerinin yüksek değerlere çıkması elektrikli cihazların çalıştığı ortamlarda istenmemektedir (Kılıç, Örtlek, & Saraçoğlu, 2007). Elektromanyetik girişim ve elektromanyetik tanımları aynı ortamda çalışan cihazların birbirleri üzerindeki etkileri durumunda ortaya çıkmaktadır (Akleman, Özyalçın, & Sevgi, 1999). Elektrikli cihazların iletişiminin ilk zamanlardan beri frekans bileşenleri açısından zengin elektromanyetik dalgalar ürettiği bilinmektedir. Aynı zamanda bu cihazların parazitlere veya gürültülere neden olabileceği bilinmektedir (Paul, 2005).

Elektrik/elektronik cihazlar çalıştıkları ortama bir enerji yayarlar. Yayılan bu enerji ortamdaki diğer cihazların veya sistemlerin kötüleşmesine ya da bozulmasına neden olabilir. Buna elektromanyetik dalga adı verilir (Sarıtaş, 2010). EMI, cihazların içinden çıkan kabloların iletkenlikleri ile veya cihazların yaydığı ışımalar ile gerçekleşebilir. EMI kaynaklarının etkileri, kaynakların sayısı ve çeşidi arttıkça birbirinden farklı olup ve fark edilebilirliği daha zor hale gelmektedir (Akleman, Özyalçın, & Sevgi, 1999). Elektromanyetik girişimler olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Elektronik sistemlerin

arızalanması, elektriksel olarak patlayıcı özellikteki cihazların ateşlenmesi veya bir gizli olan bilgilerin yayılmasına sebep olabilir. Bu bağlamda, cihazların işlevlerini istikrarlı bir şekilde garantiye almak için cihazların elektromanyetik sinyallerden korumak gerekmektedir (Yener, Yener, & Zeytin, 2016).

Elektomanyetik uyumluluk (EMC), her türden elektronik ve elektrikli cihaz ve sistemlerin bulundukları elektromanyetik (EM) ortamlarda, yüksek EM ışınımları oluşturmamak şartıyla, olağan çalışmalarını yerine getirebilmeleri, diğer cihazlara ve tüm canlılara zarar vermemeleridir. Gelişen teknoloji sebebiyle, elektronik cihazların askeri alanda kullanımı artmış ve çalışma sıklıkları yükselmiştir. Bu durum bu uyumu bozmaktadır. EMI, elektromanyetik işaretin başka bir işaret ile karışması sonucunda ortaya çıkmaktadır (Kazancı, 2010).

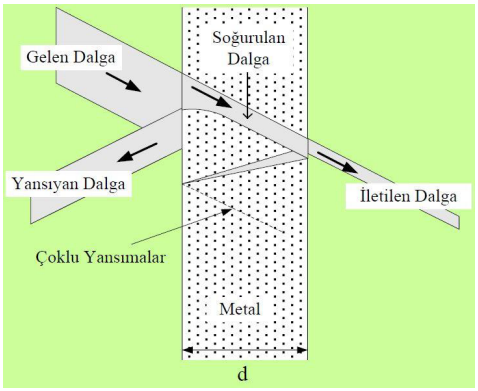
4.6. Elektromanyetik Ekranlama

Ekranlama, çevremizdeki elektromanyetik dalgalardan meydana gelen zararların azaltılması için kullanılan başlıca yöntemlerdendir. Ekranlamanın tanımı kısaca; elektromanyetik enerjinin belli bir bölgeye girişini ya tamamen ya da kısmen engellemek veya tanımlı kaynak alanını kontrol edebilmek amacıyla yapılan işlemdir (Soyaslan, 2009). Ekranlama ile birlikte kişiler, elektronik cihazlardan doğan elektromanyetik radyasyonun zararlı etkilerinden korunabilmektedirler (Perumalraj & Dasaradan, 2009).

Ekranlamanın iki farklı amacı bulunmaktadır:

- Bir oda, bina veya herhangi bir alanın cihazın ya da devrenin, dışarıdaki elektromanyetik dalga kaynaklarına karşı izole edilmesi,
- Bir kaynak tarafından ortama yayınlanan elektromanyetik enerjinin bulunduğu ortamdan istenmeyen bir şekilde ortamdan dışarı bilgi çıkmasını önlenmesi olarak özetlenebilir (Perumalraj & Dasaradan, 2009).

Ekranlama malzemesi kullanımı için genelde çok iyi iletken olan malzemeler seçilir. Ekrana temas eden elektromanyetik dalga 3 adımda zayıflar (Yener & Çerezci, 2016). İlk adımda gelen dalganın büyük bir kısmı ekranın yüzeyinden geriye yansır. İkinci adımda ekran yüzeyinden yansımayıp içeriye giriş yapan dalgaların bir bölümü ekran tarafından soğurulmaktadır. Son olarak da elektromanyetik dalga ekran içerisinde çoklu yansımalara uğrayarak etkisini azaltır (Şekil 4.5) (Özen & Özen, 2008).



Şekil 4.5: Metal ekran modeli.

Yansıma ve yutulma, yüksek iletkenlik sayesinde pozitif anlamda etkilenir. Yüksek manyetik geçirgenlik, düşük yansıma oluştururken, yüksek yutulmaya neden olur. Çok düşük frekansa sahip manyetik kaynakların ekranlanmasında yüksek manyetik geçirgenlik gösteren malzemeler kullanılmaktadır. Ekran kalınlığı yutulmayı pozitif yönde etkiler. Yani ekran kalınlığının artması yutulmayı da arttırır. Manyetik alanların ekranlanmasında kalın ekranlar, elektrik alanların ekranlanması için ise ince ekranlar kullanılabilir. Ekran ve kaynak arasındaki mesafe yansıma özelliklerini değiştirir (Çopur, 2019).

4.6.1. Ekranlama etkinliği (SE)

Ekranlama için kullanılacak malzemenin sahip olduğu bir ekranlama etkinliği vardır. Girişim kaynağı ve kurban arasındaki ekranın olmadığı durumda oluşan elektromanyetik alan şiddetinin, ekran olması durumunda oluşan elektromanyetik alan şiddetine oranının desibel (dB) cinsinden değerine ekranlama etkinliği (EE) (Shielding Effectiveness, SE) denir. SE değeri ekranlama ile doğru orantılıdır. SE ‘nin yüksek olması ekranlamanın iyi olduğunu göstermektedir. Ekranlama etkinliğinin sonucu negatif çıkar ise rezonans olarak adlandırılır. Bu gibi durumlarda girişime neden olan elektromanyetik alanın engellenmesi değil kuvvetlenmesi söz konusudur (Çopur, 2019).

Serkan Cengiz, yapmış olduğu çalışmada ekranlama etkinliğinin frekansa bağlı bir değişken olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda bu durum ekranlama malzemesinin seçiminin de önemini ortaya çıkartmıştır (Cengiz, 2009).

Ekranlama etkinliği aşağıdaki maddelere bağlıdır;

- Kullanılacak malzemesinin özelliklerine,
- Ekrandaki sürekliliğe,
- Ekranın geometrik yapısına,
- Elektromanyetik dalganın frekansına,
- Elektromanyetik dalgaların yönüne (Çopur, 2019).

Ekranlama etkinlikleri, aşağıdaki formüller kullanılarak elde edilir:

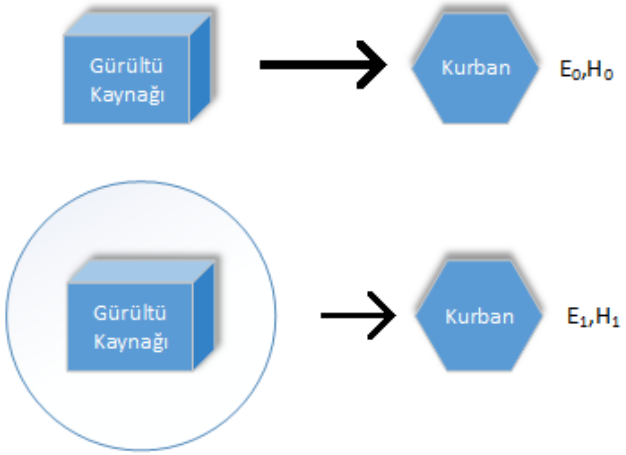
$SE=20\log E_0(f)/E_1(f)=20\log H_0(f)/H_1(f)$ (Messina & Ash, 2006).

$E_0(f)$: Ekranlamanın olmaması durumunda kurbanda oluşan elektrik alan şiddeti [V/m]

$E_1(f)$: Ekranlamanın olması durumunda kurbanda oluşan elektrik alan şiddeti [V/m]

$H_0(f)$: Ekranlamanın olmaması durumunda kurbanda oluşan manyetik alan şiddeti [A/m]

$H_1(f)$: Ekranlamanın olması durumunda kurbanda oluşan manyetik alan şiddeti [A/m] (Şekil 4.9) (Çopur, 2019).



Şekil 4.6: Ekranlama etkinliği tanımı.

Elektromanyetik dalganın zayıflatılması, ekranlama materyali tarafından 3 mekanizmada gerçekleşir. Bu tanımlar yansıma (R), soğurulma (A) ve çoklu yansımalardır (B) (Perumalraj & Dasaradan, 2009). Bir malzemenin ekranlama etkinliği bu 3 kaybın toplamı olarak bulunabilir;

$$SE=A+R+B \tag{4.6}$$

A: Yutulma kaybı (absorption loss)

R: Yansıma kaybı (reflection loss)

B: Çoklu yansıma kaybı (multiple reflection loss) (Çopur, 2019).

4.6.1.1. Yansıma

Ekranlamanın ilk kısmı yansımadır. Ekran üzerindeki serbest elektronlar birbirini etkikler ve bunun sonucunda gelen dalganın ekranlama ile geri yasıyabilmesini sağlamaktadır. Serbest elektronlar ekranlamada kullanılan malzemelere iletkenlik özelliği sağlamakta olup, en çok kullanılan ekranlama malzemesi olan metallerdir (Çopur, 2019).

Elektromanyetik dalga bir cismin yüzeyine etki ettiği anda, cisimdeki yükler ile aynı frekansta salınım yaptırır. Bu salınım sonucunda yük, mevcut dalgayı geri yansıtır ve yansımaya neden olur. Materyal ile hava arasındaki empedans farkının yüksek olması iletkenliği yüksek olan materyallerin empedansının düşük olduğunu göstermektedir. Yansıma etkisinin artmasına empedans farkının büyümesi anlamına gelmektedir. Empedanslar arasındaki fark azalır ise yansımanın vermiş olduğu etki azalmaktadır.

Yansıma ekran kalınlığından bağımsız olarak etki eder. Materyalin iletkenliği, manyetik geçirgenliğe ve frekansa bağlıdır. Yansımanın azalması frekansın yükselmesine bağlıdır. Ekranın birbirini etkileyen taşıyıcı yüklere sahip olması ekranlama ile dalganın yansıyabilmesi için gereklidir. Sonuç olarak ekranın elektriksel bir iletkenliğinin olması gerekmektedir (Kutluk, 2014).

4.6.1.2. Soğurulma

Soğurulma ekranlamanın ikinci mekanizması olarak kabul edilir. Malzemenin diğer yüzeyine geçerken zayıflatarak, ekranlama malzemesinin yüzeyi ile temas eden dalga yansıtılmaz. Elektromanyetik dalgaların bir kısmı titreşimden ötürü enerji ısı formunda kaybedilmektedir. Bu şekildeki absorbsiyon nedeni ile elektromanyetik enerji kaybındaki azalma şeklinde tanımlanabilmektedir. Elektromanyetik enerjinin termal enerjiye çevrilmesi elektromanyetik ekrandaki absorbsiyon sayesinde olmaktadır. Elektromanyetik dalgalar elektromanyetik soğurucu ekranlar ile zayıflatılır ve böylece EMI çözülür. Malzeme içerisindeki elektriksel veya manyetik dipollerin varlığı sayesinde

dalgaların ekranlama malzemesi tarafından soğurulması gerçekleştirilir. Soğurma ile zayıflatma, ekranlama gerecinin kalınlığı ile orantılı olup artan frekansa bağlı olarak artış göstermektedir (Kutluk, 2014).

4.6.1.3. Çoklu yansımalar

Çoklu yansıma kaybı ekranlama etkinliğinin son bileşenidir. İnce ekranların kullanıldığı durumlarda çoklu yansıma kayıpları geçerlidir. Kalın levha kullanılması durumunda ekran içerisinde yüksek soğrulma kaybı oluşur bu durumda çoklu yansıma kaybı ihmal edilebilmektedir. Çoklu yansıma kaybının ihmal edilmesi için soğrulma oranı kaybı ile çoklu yansıma oranının kaybı arasında ki fark 15 desibelden fazla olmalıdır (Çopur, 2019). Bu mekanizma malzemenin özelliklerinden daha çok geometrisiyle ilgili bir kavramdır. Geniş ara yüzeyli ekranlamaya kompozit materyaller örnek gösterilebilir. Gözenekli veya sünger materyaller ise geniş yüzey alanlı ekranlamaya örnek olarak verilebilir.

Tablo 4.1 'de görüldüğü üzere genellikle 30 desibel değer ekranlama etkinliği ortalama değeri olarak alınabilir. 40 dB ekranlama etkinliği birçok sorunu çözebilir. Telefon kabloları içinse aranan değerler 80 - 90 desibel civarlarındadır. Askeri sistemlerde ise 100-120 dB ekranlama etkinliği olması istenmektedir (Kutluk, 2014).

Tablo 4.1: SE ve % azalma değerleri.

SE (dB)	% Azalma Değeri	Açıklama
0-10	0 - 68,377	Ekranlama Gözlenmez
10-30	68,377 - 99,838	Basit Ekranlama Değeri
30-60	99,838 - 99,900	Normal Ekranlama Değeri
60-90	99,900 - 99,997	Yeterli Ekranlama Değeri
90-120	99,997 - 99,999	Mükemmele Yakın Ekranlama Değeri
120-...	99,999 ve yukarısı	Max. Ekranlama Değeri

BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmada altlık malzemesi olarak UHMWPE tozu kullanılmıştır. UHMWPE tozu 10^6 – 6.10^6 g/mol moleküler ağırlığında olup; Sıgma- Aldrich firması tarafından temin edilmiştir. UHMWPE akımsız Ni kaplama yöntemi ile Ni kaplanmıştır. Akımsız Ni kaplama yöntemi için kullanılan kimyasallar aşağıda listelenmiş ve miktarları ile birlikte Tablo 5.1'de verilmiştir.

- $SnCl_2$ çözeltisi,
- $PdCl_2$ çözeltisi,
- $NiCl_2.6H_2O$,
- $C_6H_5Na_3O_7.2H_2O$,
- $NaH_2PO_2.H_2O$, $NH_3.H_2O$

Akımsız nikel kaplama yöntemi ile nikel kaplı UHMWPE- Ni kompozitleri için dışardan ayrıca ilave edilecek Nikel tozu, Sıgma- Aldrich firmasından temin edilmiştir ve ~1μm partikül boyutundadır.

Tablo 5.1: Kaplama çözeltisinde kullanılan çözeltiler.

Bileşen	Konsantrasyon
NiCl2.6H2O	0.1, 0.15, 0.20, 0.25 M
C6H5Na3O7.2H2O	0.11 M
NaH2PO2.H2O	0.83 M
NH3.H2O	% 12 hacim

Ni kaplı UHMWPE-Ni kompozitlerinin karakterizasyonunda mikroyapı ve kimyasal bileşen analizleri JEOL 6060 LV marka SEM (Scanning Electron Microscopy /Taramalı Elektron Mikroskobu) ve EDS /EDX (Energy Dispersive Spectrometry) yardımıyla, kaplama prosesi sonrasında oluşan kristalin fazlar XRD analizi ile incelenmiştir.

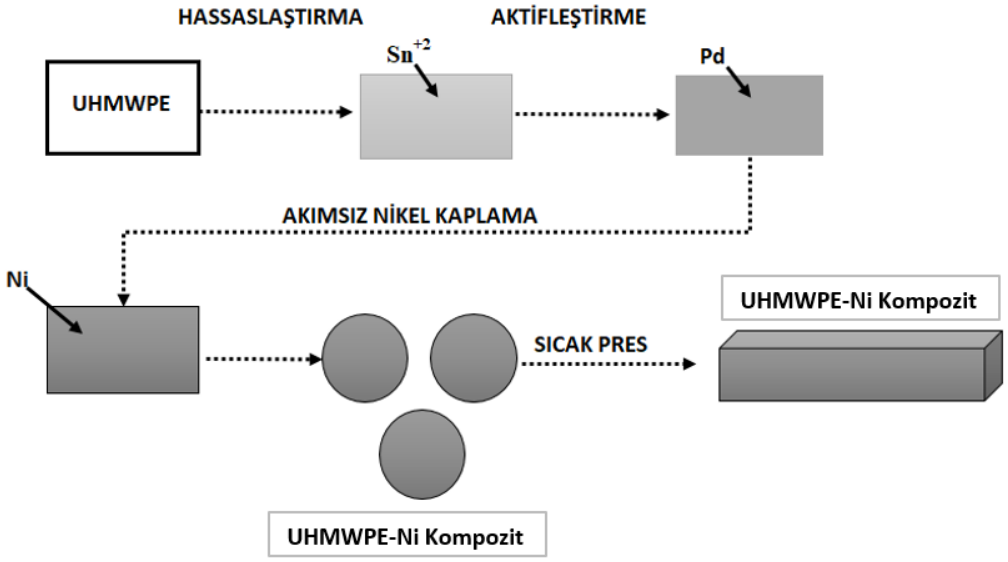
UHMWPE- Ni kompozitlerinin sertlikleri Vickers indentasyon yöntemi ile 5 gr yük altında ölçülmüş ve 5 farklı sertlik değerinin ortalaması alınarak tespit edilmiştir. EMI ekranlama ölçümleri, ASTM D4935'e göre vektör ağ analizörü ile birlikte iletim dalgası kılavuz anteni kullanılarak yapılmıştır.

5.2. Akımsız Nikel Kaplama ve UHMWPE-Ni Kompozitlerinin Üretimi

Elektro manyetik kalkan malzemesi üretmek için ilk olarak matriks malzemesi UHMWPE tozu (Sigma Aldrich, ~ 100 μm parçacık büyüklüğü) seçilmiştir. Bu tez çalışmasında amacımız UHMWPE tozunun yüzeyini Ni ile kaplayarak kalkanlama görevi görebilecek hafif metal elde etmektir. Kaplama metodu olarak akımsız Ni kaplama yöntemi seçilmiştir.

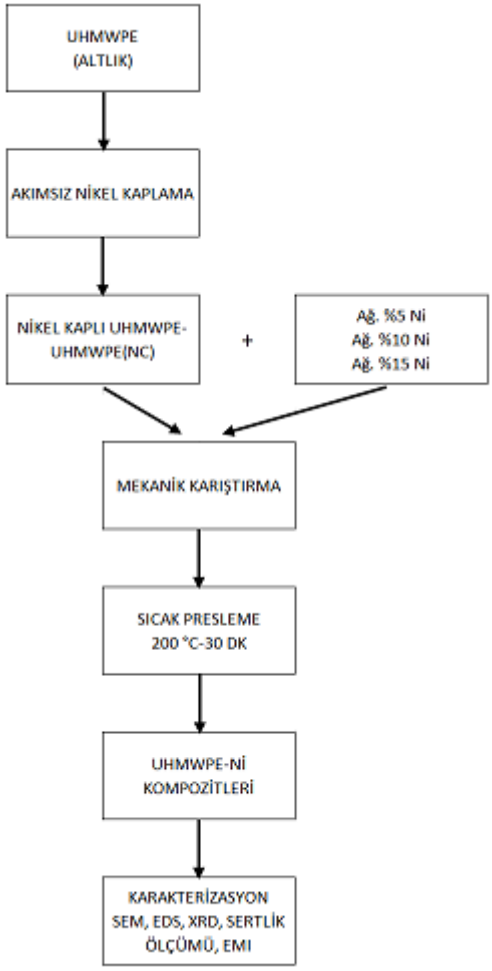
Kaplama işleminden önce kaplamanın yüzeye tutunabilmesi için UHMWPE toz yüzeyleri önce $SnCl_2$ çözeltisinden daha sonra $PdCl_2$ çözeltisinden geçirilerek aktive edilmiştir. Akımsız nikel kaplama banyosu $NiCl_2$, $6H_2O$, $C_6H_5Na_3O_7.2H_2O$ ve $NH_3.H_2O$' dan oluşmuştur. İndirgeyici olarak $NaH_2PO_2.H_2O$ kullanılmıştır. UHMWPE kaplama banyosunda saf su ilavesiyle 65 °C' de manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılarak Ni ile kaplanmıştır. Ni ile kaplanan UHMWPE tozları yıkama işleminden sonra bir filtre kağıdı ile süzülerek 70 °C etüvde bir gün boyunca kurutulmuştur.

Nikel kaplı UHMWPE kompozit tozları, 200 °C' de 30 dk. boyunca sıcak presleme yöntemi ile kalıplanmıştır. Akımsız nikel kaplama yöntemi ile UHMWPE tozunun Ni kaplama ve üretim prosesinin şematik gösterimi Şekil 5.1’ de verilmiştir.



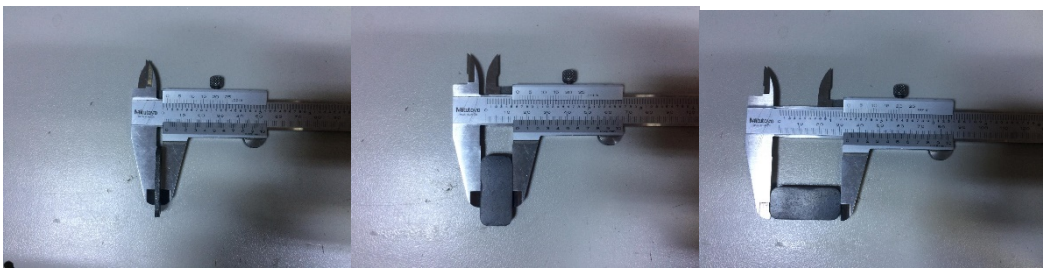
Şekil 5.1: UHMWPE'nin akımsız nikel kaplama yöntemi ile Ni kaplanması ve UHMWPE-Ni kompozitlerinin üretim şeması.

UHMWPE tozlarının yüzeyleri farklı Ni kaynağı konsantrasyonları (0.1, 0.15, 0.20, 0.25M) kullanılarak nikel ile kaplanmıştır. Hacimde Ni içeriği, Ni kaynağı olarak $NiCl_2.6H_2O$ konsantrasyonunun arttırılmasıyla arttırılmıştır. Yüzeyleri Ni ile kaplanan polietilen tozları SEM mikroskobu ile incelenmiştir. SEM sonuçlarına göre Ni kaplama işleminin en başarılı olduğu Ni konsantrasyonu (0.2M) belirlenmiştir. Belirlenen konsantrasyonda yüzeyleri Ni ile kaplanan UHMWPE tozlarına dışarıdan ayrıca ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranında metalik Ni tozu ilave edilerek mekanik olarak karıştırılmıştır. UHMWPE-Ni kompozit tozları 180 °C' de 30 dakika sıcak preslenmiş ve Ni kaplı UHMWPE/Ni kompozitler elde edilmiştir. Matriks malzemesi olan Ni kaplı UHMWPE'ler $UHMWPE_{(NC)}$ ile gösterilmiştir. Akımsız nikel kaplama ve UHMWPE-Ni kompozitlerinin üretim şeması Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2: Akımsız nikel kaplama ve UHMWPE-Ni kompozitlerinin üretim şeması.

Sıcak presleme yöntemi ile üretilen UHMWPE$_{(NC)}$ –Ni kompozitinin fotoğrafı Şekil 5.3' te verilmiştir. Presleme yapılmış olan numunenin boyutları 3,4cm x 1,6 cm x 0,25 cm'dir.

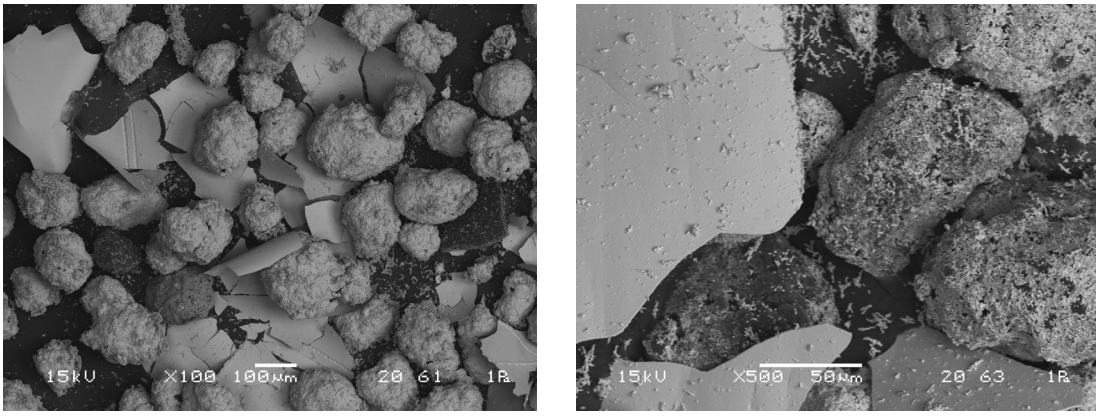


Şekil 5.3: Sıcak presleme yöntemi ile üretilen UHMWPE(NC) –Ni kompozitleri görseli.

BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR

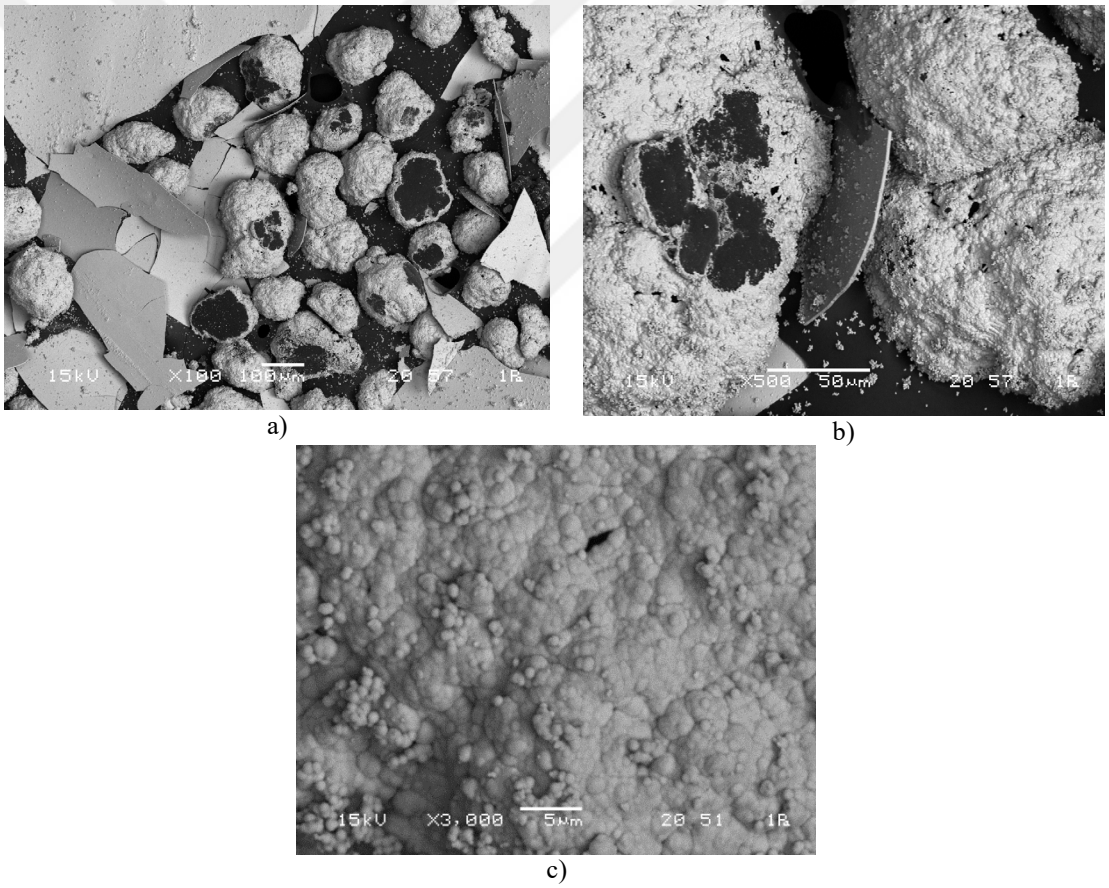
6.1. Nikel kaplı UHMWPE Tozlarının SEM incelemesi ve SEM-EDS Analizi

Akımsız kaplama yöntemi ile farklı Ni kaynağı konsatrasyonları kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının farklı büyütmelerdeki SEM mikro yapıları, Şekil 6.1-6.4' de verilmiştir. Mikroyapılardan yaklaşık 100 μm partikül boyutuna sahip UHMWPE tanelerinin Ni ile başarılı bir şekilde homojen olarak kaplandığı görülmektedir. Ni partikülleri beyaz renkte, kaplanmamaış UHMWPE taneleri siyah renkte gözükmektedir. Ayrıca mikroyapıda parlak beyaz/gri renkte kendiliğinden çöken Ni plakalar görülmektedir. Ni kaynağının konsantrasyonunun arttırılmasıyla UHMWPE'nin tüm yüzeylerinin homojen bir şekilde Ni ile kapladığı (Şekil 6.2c) ve yüksek büyütmelerdeki incelemelerde nikel tanelerinin birbirleri üzerinde tomurcuklanarak biriktiği görülmektedir (Şekil 6.3c). UHMWPE yüzeyindeki Ni kaplamanın partikül boyutu mikron altından 3-4 μm'ye değişmektedir. Şekil 6.4' den en yüksek nikel kaynağı konsantrasyonu (0.25M) kullanılarak yapılan kaplama işleminin başarılı olmadığı görülmüştür. SEM incelemeleri neticesinde en başarılı ve homojen kaplamanın 0.20M' lık nikel kaynağı konsantrasyonunda olduğuna karar verilmiştir. Bundan sonda 0.20M' lık nikel kaynağı konsantrasyonu kullanılarak kaplanmış UHMWPE' e dışarıdan farklı ağırlık oranlarında nikel tozu ilave edilerek UHMWPE(NC)-Ni kompozitleri sıcak presleme yöntemi ile elde edilmiş ve karakterizasyon incelemeleri gerçekleştirilmiştir.



a) b)

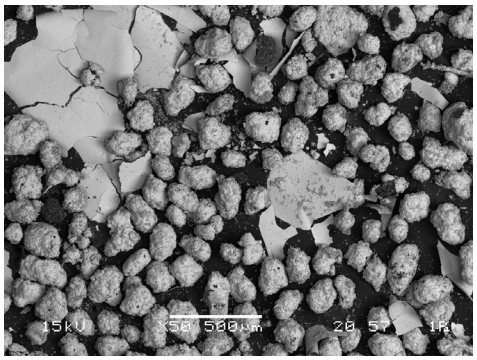
Şekil 6.1: 0,1M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b).



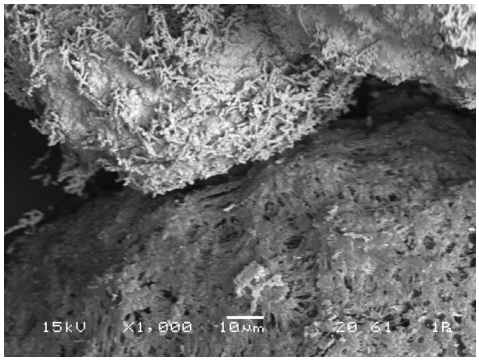
a) b)

c)

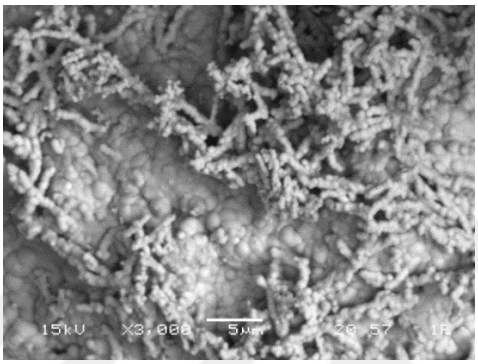
Şekil 6.2: 0,15M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b-c).



a)

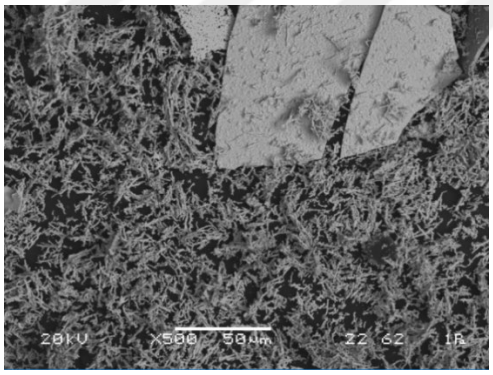


b)

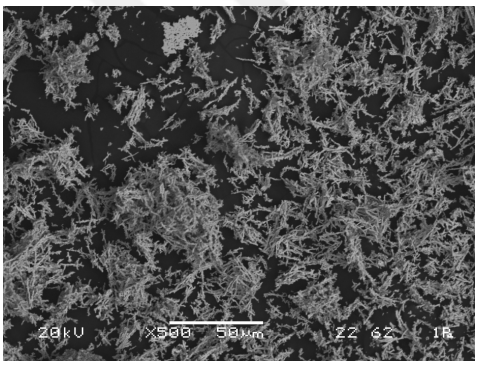


c)

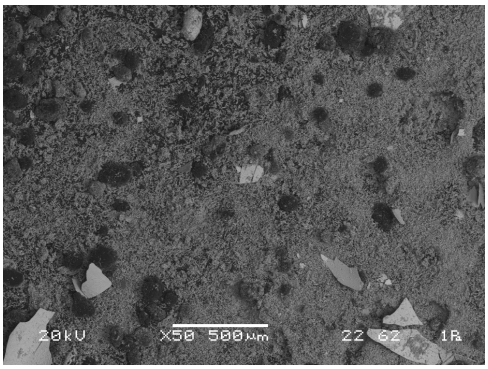
Şekil 6.3: 0,2M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b-c).



a)



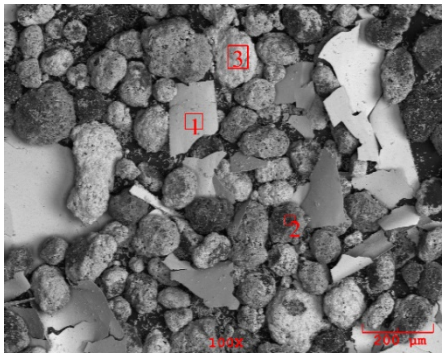
b)



c)

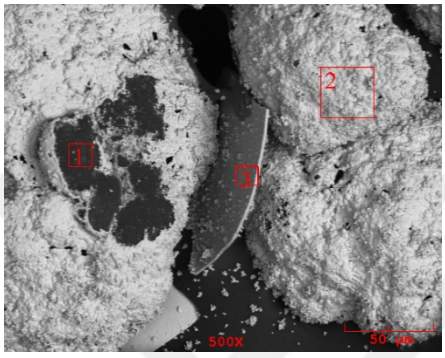
Şekil 6.4: 0,25M' lık Ni kaynağı kullanılarak yüzeyleri Ni kaplı UHMWPE tozlarının SEM görüntüleri (a-b-c).

Kaplanmış UHMWPE / Ni kompozitlerin SEM-EDS analizleri, Şekil 6.5 'te verilmiştir. EDS analizi, UHMWPE parçacıkları üzerindeki Ni kaplamanın başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğini ve kaplama içindeki Ni içeriğinin, banyodaki $NiCI_2.6H_20$ içindeki Ni konsantrasyonunun artmasıyla arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 6.5 a-c). Yüzeyleri nikel ile kaplanan UHMWPE taneleri açık gri renkte gözükmektedir. Kaplanan nikel miktarı arttıkça gri tonundaki azalma farkedilmektedir. EDS analizine göre açık renkli görünen serbest metalik Ni plakalar, kaplama esnasında ekstra çökelen Ni kaynağına aittir (Şekil 6.5 a-d).



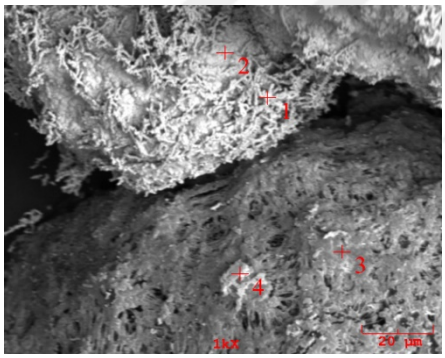
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)		
	1	2	3
C	1.274	49.966	2.251
O	-	4.888	0.816
P	9.192	4.255	6.703
Ni	89.534	40.891	90.231

a)



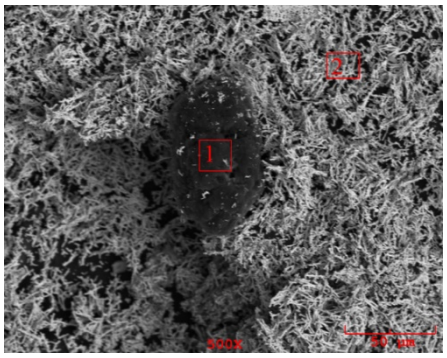
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)		
	1	2	3
C	75.013	1.780	4.703
O	9.842	0.961	0.238
P	0.950	9.793	3.669
Ni	14.196	87.466	91.390

b)



Elementler	Bölgeler (Ağ. %)			
	1	2	3	4
C	3.037	0.275	26.68	4.668
O	0.203	0.010	2.435	1.971
P	0.798	0.201	3.286	7.474
Ni	95.96	99.514	67.59	85.88

c)



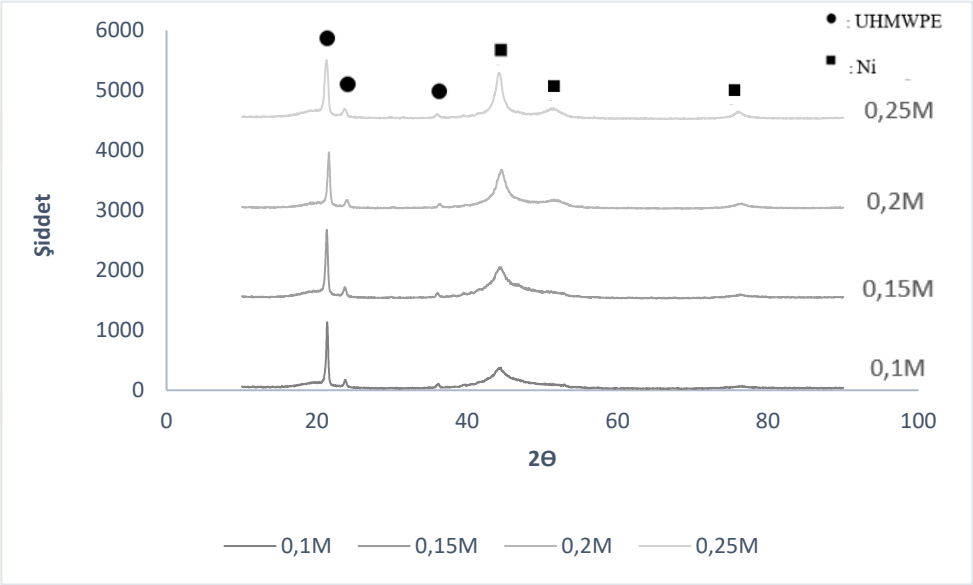
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)			
	1	2	3	4
C	77.256	40.548		
O	19.517	9.925		
P	3.226	2.709		
Cl	-	0.454		
Ni	-	46.363		

d)

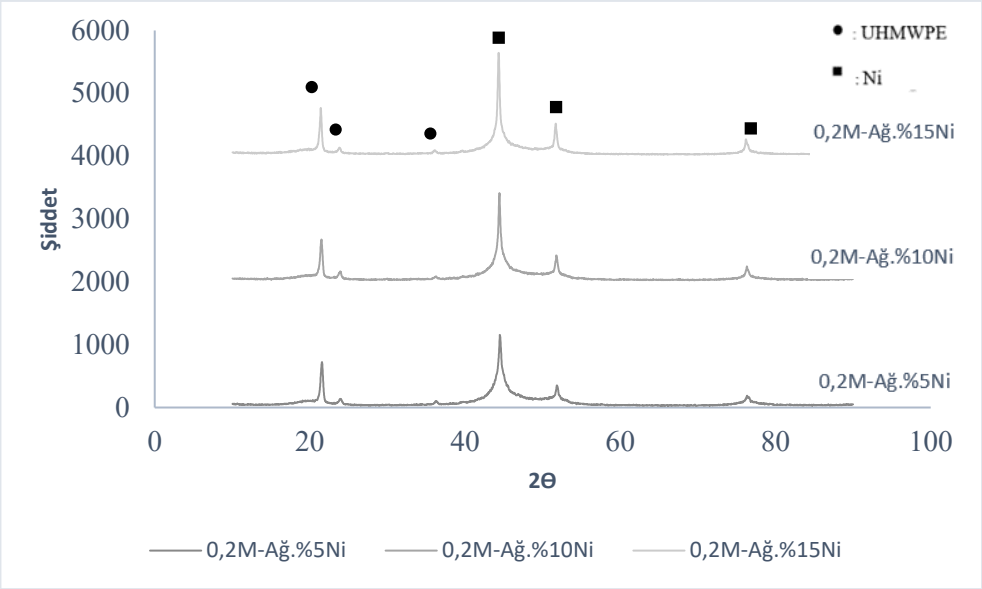
Şekil 6.5: a) 0,1M b) 0,15M c) 0,2M d) 0,25M tozlarının EDS analizleri.

6.2. UHMWPE/Ni Kompozitlerinin XRD Analizi

Nikel kaplı UHMWPE kompozilerinin XRD analizinde mevcut fazlar görüntülenmiş olup hakim olarak Ni ve UHMWPE pikleri tespit edilmiştir (Şekil 6.6 ve Şekil 6.7). XRD analiz sonuçları tüm numunelerin başarılı bir şekilde akımsız kaplama yöntemiyle nikel kaplandığını göstermektedir. Şekil 6.6'dan nikel kaynağı konsantrasyonu arttıkça nikel pik şiddetinin arttığı görülmektedir. UHMWPE yüzeyine kaplanan Ni parçacıkları, Zhou ve arkadaşlarının çalışmalarında iddia ettikleri gibi polietilen zincirler arasında köprü görevi görür ve boşlukları doldurur.



Şekil 6.6: Farklı Ni kaynağı konsantrasyonlarında (0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M) Ni kaplanan $UHMWPE_{(NC)}$ tozlarının XRD grafiği.



Şekil 6.7: 0,2M Ni konsatrasyonuna ağırlıkça (%5, %10, %15) Ni eklenen UHMWPE-Ni kompozitlerinin XRD grafiği.

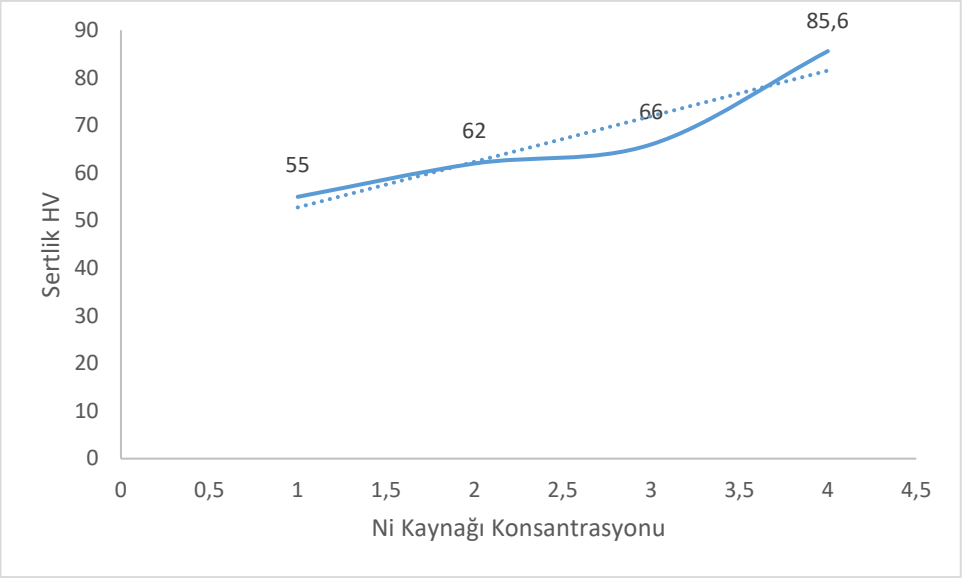
6.3. UHMWPE-Ni Kompozitlerinin Sertlik Sonuçları

Ni içeriği arttıkça kompozitlerin sertlik değerleri artmaktadır. Sertlik artışı, artan Ni içeriğinin yanı sıra Ni parçacıkları tarafından polimer zincirleri arasında köprü oluşumundan kaynaklanmaktadır. Köprüleme muhtemelen kristalliği artıracak ve bu nedenle kompozitlerin sertliğini artıracaktır.

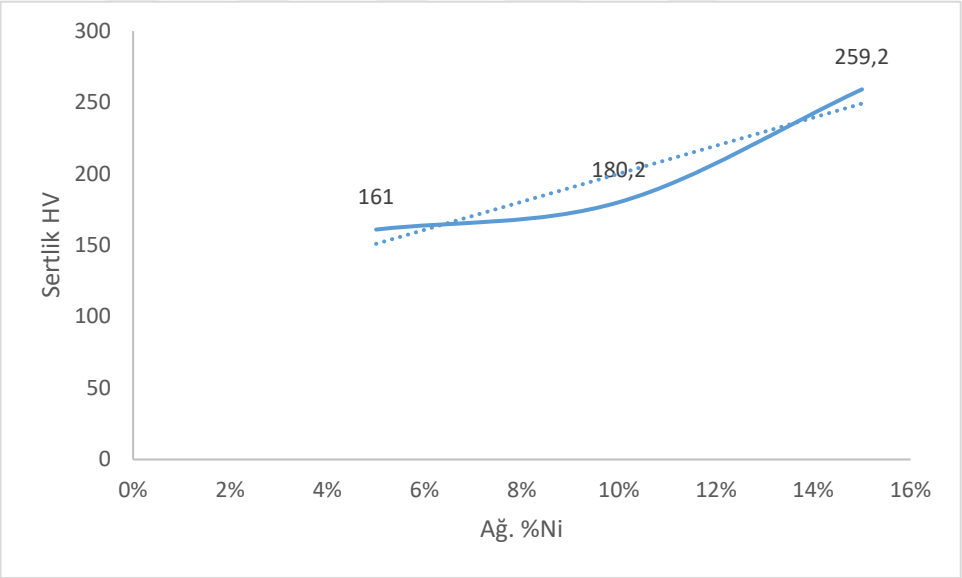
Ni konsantrasyonunun arttıkça kompozitlerin sertlik değerlerinde artış görülmüştür. Bu sertlik artışı Hem Ni in kendi sertliğinden, hem de Ni partiküllerinin polimer zincirleri arasında sağladığı çapraz bağlanmadan kaynaklanmaktadır. Zincirler arasındaki çapraz bağlanma arttıkça kompozitin kristalin faz miktarı artmakta ve sertlikte artış meydana getirmektedir. Sertlik analiz sonuçları Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Konsantrasyona bağlı olarak sertlikte meydana gelen artış Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da gösterilmiştir.

Tablo 6.1: Sertlik analiz tablosu.

Nikel Konsantrasyonu	Sertlik Değeri (MPa)
0,1M	55
0,15M	62
0,2M	66
0,25M	85,6
0,2M-Ağ.%5Ni	161
0,2M-Ağ.%10Ni	180,2
0,2M-Ağ.%15Ni	259,2



Şekil 6.8: Farklı Ni kaynağı konsantrasyonlarında (0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M) Ni kaplanan UHMWPE(NC) tozlarının sertlik grafiği.



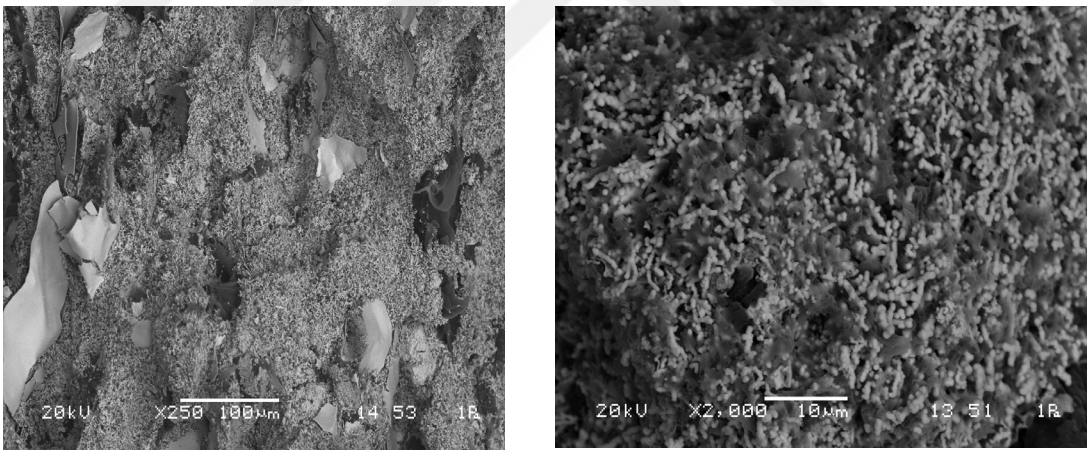
Şekil 6.9: 0,2M Ni konsatrasyonuna ağırlıkça (%5, %10, %15) Ni eklenen UHMWPE-Ni kompozitlerinin sertlik grafiği.

6.4. UHMWPE/Ni Kompozitlerinin Kırık Yüzey SEM, EDS Analizi

Kompozitlerin kırılma yüzeyinden gerçekleştirilen yığın kompozitlerin SEM-EDS analizi Şekil 6.10-6.14' de verilmiştir. Şekil 6.12 'den ilk Ni kaplama katmanının homojen olarak UHMWPE yüzeyinde yer aldığı SEM mikroyapıları ile doğrulanabilir. Daha sonra küçük

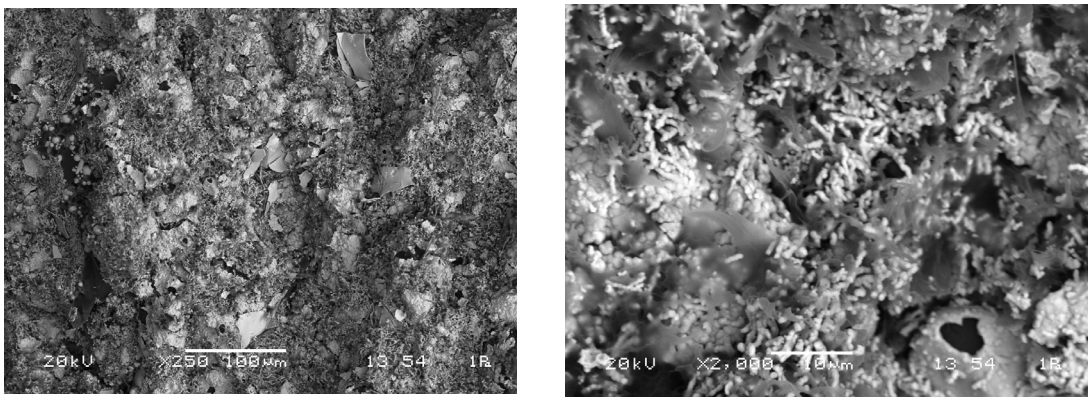
küresel Ni parçacıkları bu katman üzerinde çökelmeye devam etmiştir. Ni konsantrasyonu arttıkça Ni büyümesi yüzeyde daha çok iğne benzeri çizgiler haline gelmiştir. Bu aynı zamanda ilgili noktalardan alınan nokta EDS analizlerinin sonuçları ile de doğrulanmıştır.

Sıcak preslenmiş UHMWPE / Ni kompozitlerin kırık yüzeyinin SEM analizi, Şekil 6.8' de gösterilmiştir. 0,1M, 0,15M, 0,2M, 0,25M'lık Ni konsantrasyonunun numunesinin SEM görüntülerinde açık gri renkli büyük küreler olarak görülmüştür (Şekil 6.8). 0,1M'lık numune homojen olarak kaplanmıştır. UHMWPE taneleri üzerinde pürüzsüz görünüme sahip tamamen yayılmış nikel tabakaları görüntülenmiştir. Bu tabakaların konsantrasyonu, Ni konsantrasyonunda artışıyla birlikte renkler de koyu renkten beyaza doğru değişim göstererek arttırılmıştır (Şekil 6.8). 1M'lık numunede Ni büyümesi, iğne benzeri lameller olarak devam etmiş ve yüzeyde Ni ağı oluşturmuştur (Şekil 6.8). Beyaz renkli Ni tabakası ile çevrili koyu gri-siyah bölgenin, UHMWPE tanelerinden ayrıldığı görülmüştür (Şekil 6.8).



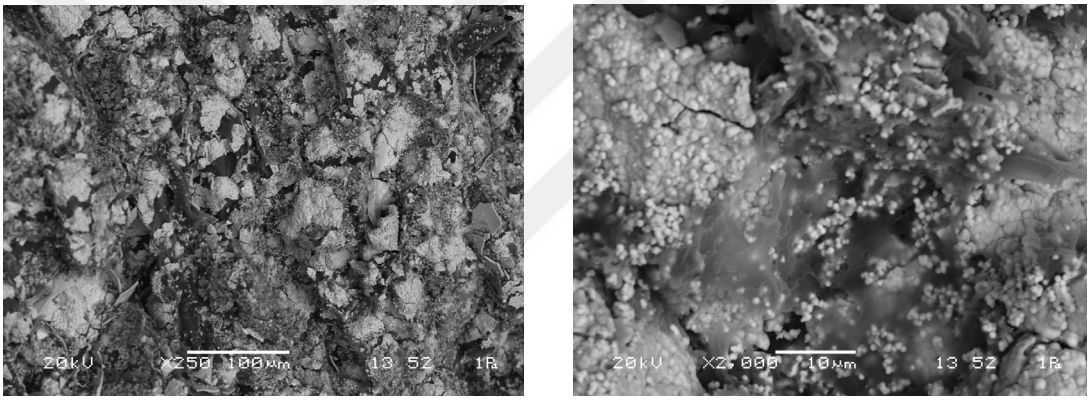
a) b)

Şekil 6.10: 0,1M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b).



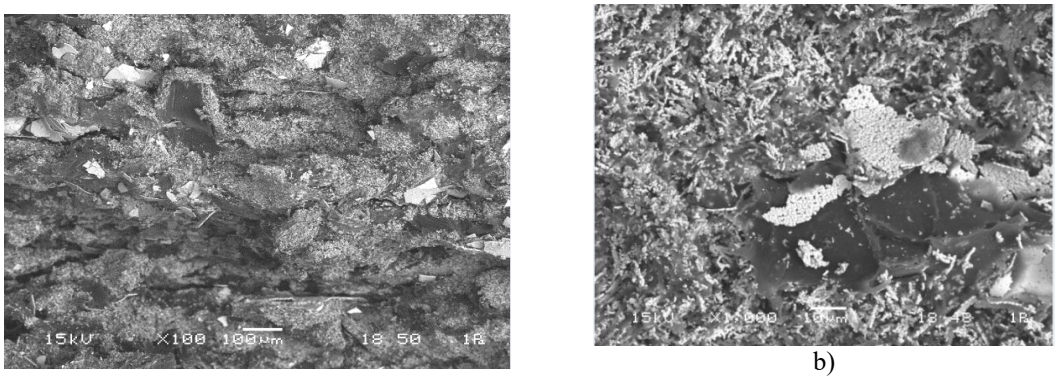
a) b)

Şekil 6.11: 0,15M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b).



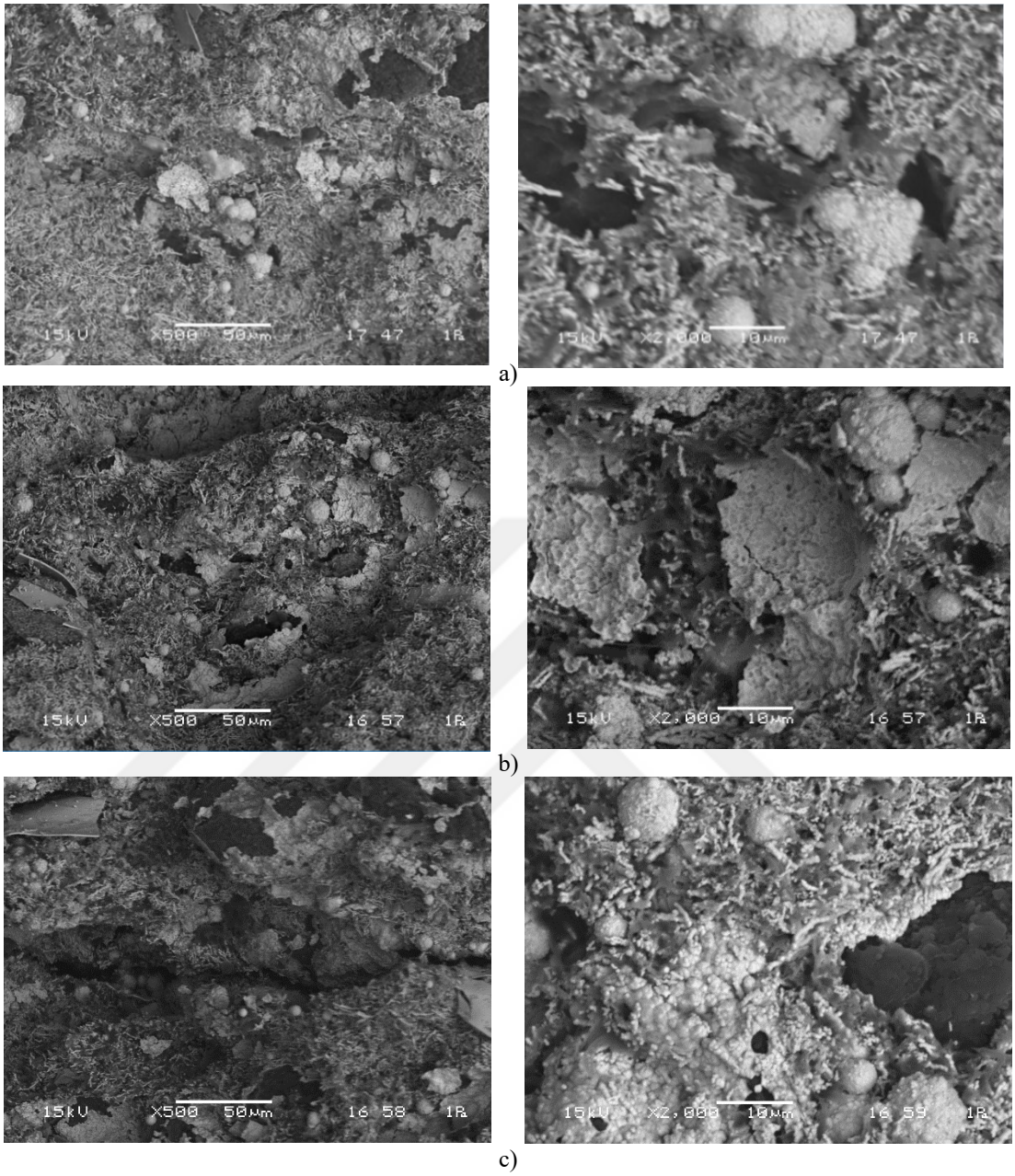
a) b)

Şekil 6.12: 0,2M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b).



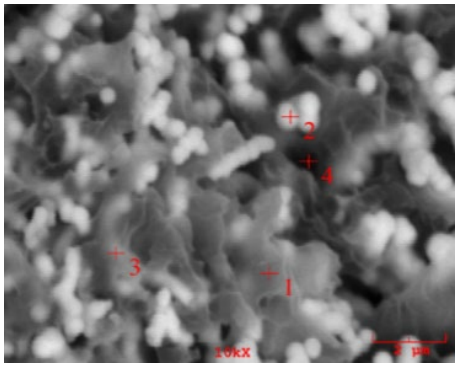
a) b)

Şekil 6.13: 0,25M'lık Ni konsantrasyonudaki UHMWPE-Ni kompozitlerinin farklı büyütmelerdeki kırık yüzey SEM görüntüleri (a-b).



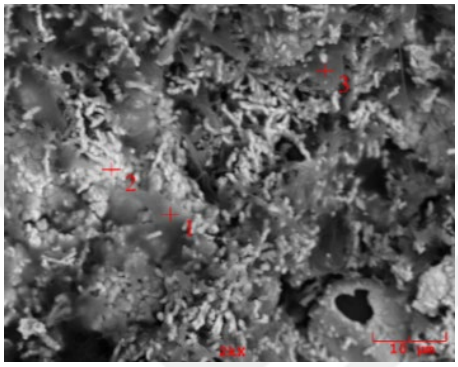
Şekil 6.14: 0.2M Ni kaynağı konsantrasyonunda nikel kaplanan a)UHMWPE(NC)-ağ.%5Ni, b) UHMWPE(NC)-ağ.%10Ni ve c) UHMWPE(NC)-ağ.%15Ni kompozitlerinin kırık yüzey SEM görüntüleri.

EDS analizi, UHMWPE parçacıkları üzerindeki Ni kaplama başarılı bir şekilde gerçekleştiğini ve kaplama içindeki Ni içeriğinin, banyodaki $NiCI_2.6H_20$ içindeki Ni konsantrasyonunun artmasıyla arttığını göstermektedir (Şekil 6.15 a-g). Yapılan EDS analizine göre açık renkli görünen serbest metalik Ni plakalar, kaplama esnasında ekstra çökelen Ni kaynağına aittir (Şekil 6.15 a-g).



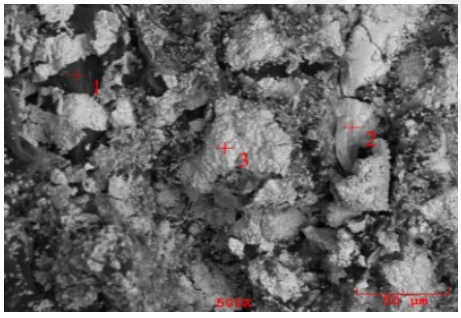
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)			
	1	**2**	**3**	**4**
C	47.56	26.304	46.081	32.24
O	2.961	2.982	1.491	0.894
Ni	49.479	70.714	52.428	66.866

a) 0.1M



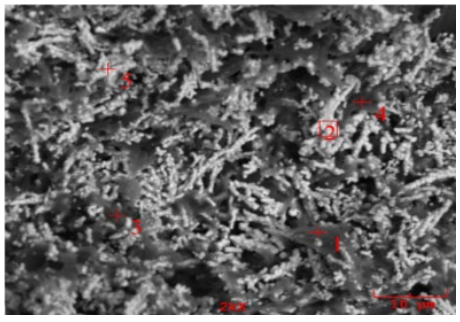
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)		
	1	**2**	**3**
C	29.649	7.339	26.536
O	3.087	2.537	0.373
Ni	67.264	90.124	73.091

b) 0.15M



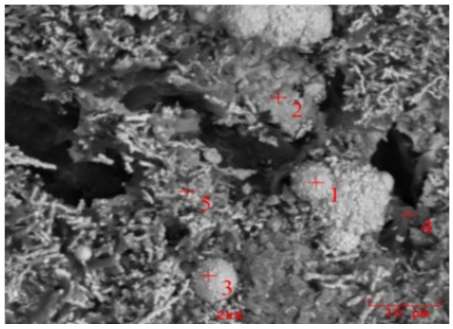
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)		
	1	**2**	**3**
C	80.838	11.162	5.89
O	12.089	1.891	0.926
Ni	7.073	86.946	93.185

c) 0.2M



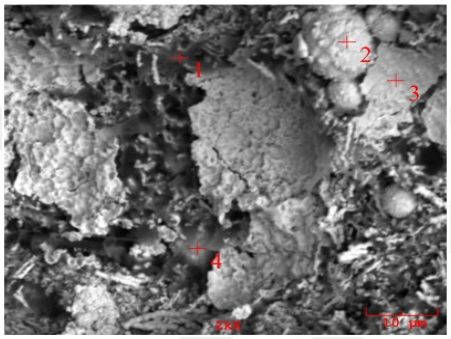
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
C	66.51	33.03	75.42	70.53	18.54
O	4.839	6.605	9.925	3.18	0.878
P	1.784	5.744	1.707	1.536	5.315
Ni	26.87	54.63	12.95	24.76	75.27

d) 0.25M



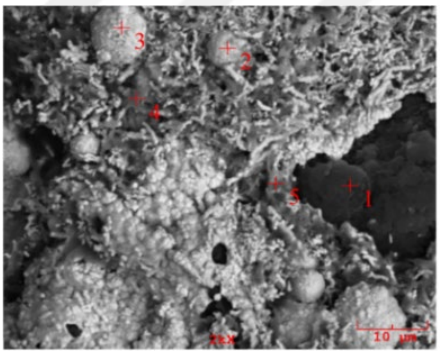
Elementler	Bölgeler (Ağ. %)				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
C	15.803	28.151	20.707	82.316	35.992
O	3.825	27.279	3.877	8.782	14.262
P	0.505	6.928	0.929	1.844	8.065
Ni	79.867	37.642	74.487	7.058	41.68

f) 0,2M-Ağ.%10Ni



Elementler	Bölgeler (Ağ. %)			
	1	**2**	**3**	**4**
C	38.315	9.147	15.718	19.637
O	1.993	1.741	0.983	0.881
P	3.835	1.003	0.798	1.293
Ni	55.857	88.108	82.501	78.189

e) 0,2M-Ağ.%5Ni



Elementler	Bölgeler (Ağ. %)				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
C	87.784	11.138	8.744	33.127	71.748
O	9.303	3.184	4.66	4.627	6.106
P	0.613	1.55	1.401	3.437	5.494
Ni	2.3	84.129	85.195	58.809	16.652

g) 0,2M-Ağ.%15Ni

Şekil 6.15: a) 0,1M b) 0,15M c) 0,2M d) 0,25M e) 0,2M-Ağ.%5Ni f) 0,2M-Ağ.%10Ni g) 0,2M-Ağ.%15Ni konsantrasyonu tozlarının SEM-EDS analizi. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği (EMSE) Ölçümü

6.5. Elektromanyetik Ekranlama Etkinliği (EMSE) Ölçümü

Bu çalışmada elektromanyetik ekranlama etkinliği ölçümleri karşılıklı eş dalga kılavuzu metodu ile vektör network analizör kullanılarak gerçekleştirilmitir. Üretilen UHMWPE numunelerinin ölçümüne yönelik S-parametrelerinde vektör network analizör olarak Agilent ENA E5071C (300KHz-20 GHz) cihazı kullanılmıştır. Ölçümlerde, analiz için kulanılacak frekans aralığına uygun dalga kılavuzu çiftleri kullanılmış ve bu şekilde numune geometrilerine uygun biçimde 8.2 – 12.4 GHz (X band) and 12.4 – 18 GHz (Ku band) frekans aralıkları için ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Yansıma ve absorpsiyon kayıpları kullanılarak elde edilen toplam koruma etkinliği sonuçları 8.2 - 12.4 GHz (X bandı) için ve 12.4 – 18 GHz (Ku band) için Şekil 6.11 'de verilmiştir. Ortalama koruma etkinliği, sırasıyla 0,1M – 0,15M – 0,2M – 0,25M'lık Nikel konsantrasyonu ve takviyeli Ni konsantrasyonları için sırasıyla 0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M / 0,2M-Ağ.%5Ni / 0,2M-Ağ.%10Ni / 0,2M-Ağ.%15Ni örnekleri için 8.2 - 12.4 GHz aralığında sırasıyla 40dB, 46dB, 59Db, 68dB, 59dB, 62dB, 59dB civarında elde edilmiştir. EMI koruma etkinliği sonuçları Şekil 6.16'da verilmiştir.

Tablo 6.2: SE ve % azalma değerleri.

Bileşim	EMSE Değeri
0,1M	40dB
0,15M	46dB
0,2M	59dB
0,25M	68dB
0,2M-Ağ.%5Ni	59dB
0,2M-Ağ.%10Ni	62dB
0,2M-Ağ.%15Ni	59dB

X bandı için Ni konsantrasyonuna göre elektromanyetik ekranlama etkinliği seviyesinin arttığı gözlenmiştir. 0,1M Ni konsantrasyonu için elde edilen 40 dB'deki tüm bileşimlerde minimum elektromanyetik koruma seviyesi bile, temel ticari uygulamalar için yeterlidir. 70dB civarında elektromanyetik koruma seviyeleri sadece ticari alan için değil, aynı zamanda yüksek performans gerektiren bazı uygulamalar için de umut vadeden seviyelere karşılık gelmektedir.

Metaller mükemmel elektrik iletkenleridir ve elektromanyetik paraziti emebilir, yansıtabilir ve iletebilir. Kauçuklar ve plastikler iletken değildir. Hem elektriği hem de

ısıyı metallerle iletme yeteneği, birçok uygulamada kullanılmalarının ana nedenidir. Yüksek statik yük birikiminin olduğu elektrik ekipmanları, ısının oluştuğu yüksek hızlı makineler genellikle statik yüklerin ve ısının dağıtılması için metal iletkenlerle topraklanarak korunur. Benzer şekilde, yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyonun ekipmandan kaçması engellenir veya ekipman, metal kalkanlar ve kapaklarla başıboş radyasyondan korunur. EMI koruması için metaller, hem plastik hem de alternatif metal muhafazalara göre önemli avantajlar sağlar (Geetha, 2009).

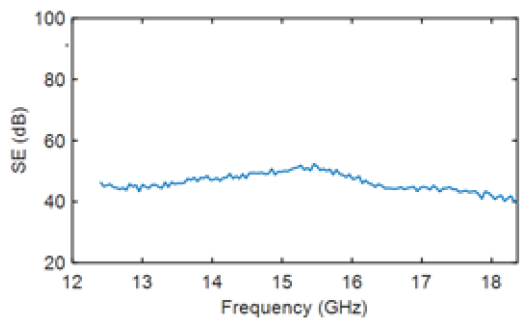
Mehmet Çakır, yapmış olduğu çalışmada ekranlama etkinliğinin belirli bir oranda katkı maddesinden sonra önemli bir miktarda artış göstermediğini gözlemlenmiştir (Çakır, 2016).

Hilalnur Şeker, yapmış olduğu çalışmada katkı maddesinin artması ile ekranlama etkinliğinin arttığını gözlemlemiş olup, yapmış olunan deneydeki Ni oranının artışına benzer şekilde davranış göstermiştir (Şeker, 2013).

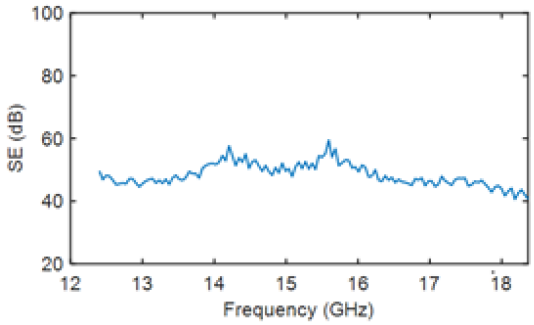
Nikel oranı arttıkça yüksek iletkenliğe sahip olan UHMWPE 'nin daha iyi ekranlama özelliği sağladığı Yasin Özkan'ın deneysel çalışmasında da farklı iletkenliklere sahip iki malzemenin karşılaştırılmasıyla doğrulanmıştır (Özkan, 2018). Aynı şekilde Fidan Gamze Kızılçay yapmış olduğu çalışmada en iyi iletkenliğe sahip olan bakır elementinin en iyi ekranlama özelliğini gösterdiği kanıtlanmıştır (Kızılçay, 2016).

UHMWPE tozlarına ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranında Ni tozu ilave edilmesi ile kalkanlama etkinliği verimliliği düşmüştür. Muhammet Ali Aksoy yapmış olduğu çalışmada ilave katkı maddelerinin kalkanlama etkinliği verimliliğini düşürdüğünü kanıtlamıştır (Aksoy, 2019).

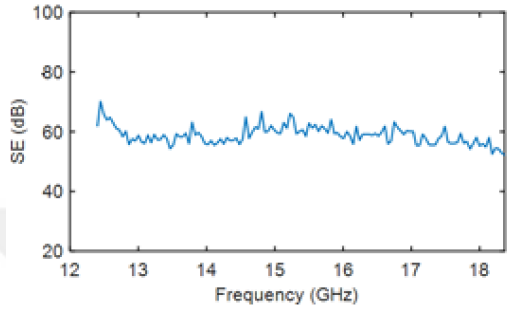
Ali İhsan Kaya ve arkadaşı, kontraplak üzerine bakır folyo ile kaplama yapmış ve ekranlama kabiliyetini 21,35 dB ile 42,91dB arasında elde etmiştir, Nikel kaplı UHMWPE ‘nin ekranlama kabiliyeti 40 dB ile 68 dB arasında elde edilmiştir (Kaya, 2017).



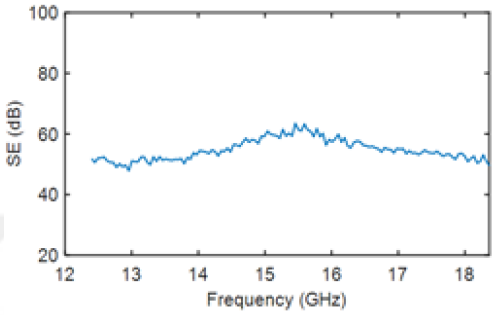
a)0,1M



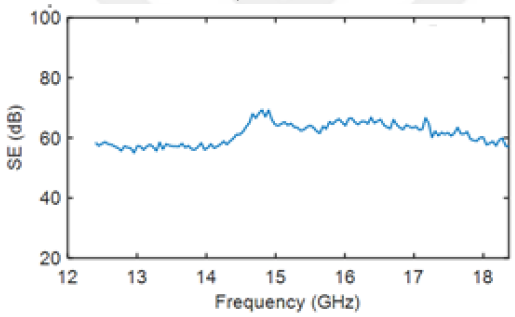
b)0,15M



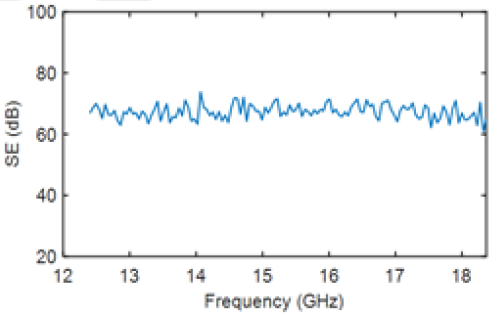
c) 0,2M



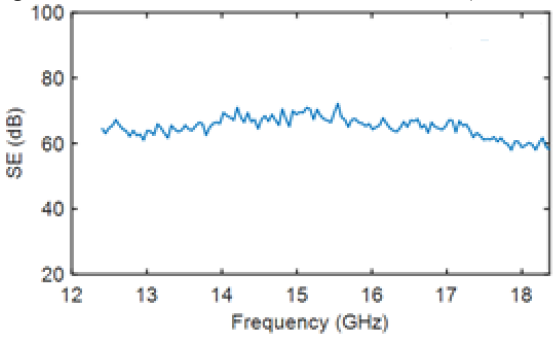
d) 0,25M



e) 0,2M-Ağ.%5Ni



f) 0,2M-Ağ.%10Ni



g) 0,2M-Ağ.%15Ni

Şekil 6.16: 0,1M / 0,15M / 0,2M / 0,25M / 0,2M-Ağ.%5Ni / 0,2M-Ağ.%10Ni / 0,2M-Ağ.%15Ni konsantrasyonu tozlarının SEM-EDS analizi. EMI koruma etkinliği sonuçları.

BÖLÜM 7. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

a) UHWMPE partiküllerinin Ni ile metalizasyonu, akımsız nikel kaplama yöntemi ile başarıyla gerçekleştirilmiştir.

b) SEM gözlemlerine göre Ni kaynağı konsantrasyonu artırıldıkça; Ni partikülleri UHMWPE partiküllerinin yüzeyini tamamen kaplayarak; birbirleri üzerinde tomurcuklanmış ve zincir görünümünde üst üste birikmeye başlamıştır.

c) UHMWPE- Ni kompozitlerinin kırık yüzeyinin SEM analizinden Ni kaplamanın yaklaşık 2 μm kalınlığında olduğu görülmüştür.

d) Hem Ni kaplı partiküllerin hem de sıcak preslenmiş kompozitlerin EDS analizleri SEM gözlemlerini doğrulamaktadır. EDS sonuçlarından Ni kaplı UHMWPE tanelerinin açık gri rente görüldüğü ve aynı zamandan kendiliğinden çökelen parlak gri renkte metalik plakaların olduğu gözlemlenmiştir. Bu plakalar ekranlama sonuçlarına olumlu etkide bulunmuştur.

e) Ni kaplı partiküllerin XRD analizi, SEM-EDS analizlerini doğrulamıştır ve artan nikel kaynağı konsantrasyonu ve dışarda yapılan nikel ilavesi ile birlikte nikel pik şiddetinin arttığı gözlenmiştir.

f) Artan Ni kaynağı konsantrasyonu ile $UHMWPE_{(NC)}$ kompozitlerinin sertliği 55HV'den 85.6HV'e; dışarıdan metalik Ni ilavesi ile UHMWPE-Ni kompozitlerinin sertliği 66 HV'den 259.2 HV'e yükselmiştir.

g) Elektromanyetik siperleme etkinliği seviyesi Ni konsantrasyonuna göre hem X hem de Ku-bandı için 49 dB'den 70 dB'ye (SE ortalama) yükseltilmiştir. Ni tabakasının büyümesinin artması ve Ni ağının oluşması, kompozitlerdeki artan Ni içeriğiyle UHMWPE parçacıkları arasında daha yoğun ve kalın Ni bölgeleri oluşturarak muhtemelen daha yüksek EMI-SE oranlarına yol açar.

h) Bu çalışmada üretilen 70 dB EMI-SE gerçekleştiren kompozitler, özellikle havacılık uygulamaları için yüksek performans gereksinimleri ile tamamen uygun adaylardır.

i) Çalışmamız, açık literatürdeki diğer raporların çoğuna kıyasla numunelerimiz sadece X bandında değil Ku bandında da çok yüksek ekranlama yaptığından, metalize polimer kompozit koruyucu malzemeler hakkında çok umut verici sonuçlara sahiptir (Tablo 3).

Akımsız nikel kaplama ile UHMWPE ‘e ön işlemler uygulanarak Ni kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Akımsız kaplama için hazırlanan banyodaki Ni kaynağının konsantrasyon farklılığı değerlerin değişmesine neden olmuştur. Optimum seviyedeki 0,2M’lık Ni konsantrasyonundan iyi sonuçlar elde edilmiştir. UHMWPE/Ni kompozitlerinin elektromanyetik ekranlama değerlerinde 68 dB kadar yaklaşılmıştır. Kaplama sonucu hafif malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir.

SEM görüntülerine bakıldığında UHMWPE koyu renkte olduğunu ve Ni kaplandıktan sonra rengin açık renge döndüğünü ve banyoda bulunan fazla Nikelin serbest şekilde çöktüğü gözlemlenmiştir. XRD analizi yapılarak Ni varlığı desteklenmiştir. UHMWPE yüksek fiziksel mukavemet ve dayanım sağlayarak, uygulama alanlarında metallerin sahip olduğu özellikleri barındıran ve metallerin dezavantajlarını ortadan kaldıran hafif malzemedir. Bu çalışmada gerçekleşen, fiziksel özellikleri ve elektromanyetik ekranlama etkinliği sonuçları kapsamlı biçimde incelenen UHMWPE/Ni kompozitlerinin öngörülen uygulama alanları için beklenen gereksinimlere cevap verebilecek malzemeler oldukları düşünülmektedir.

BÖLÜM 8. ÖNERİLER

UHMWPE akımsız kaplamada banyo bileşenleri değiştirilerek farklı malzemeler üretilebilir ve EMSE değerlerinde olumlu sonuçlar alınabilir.

UHMWPE tozları farklı malzemeler ile kaplanarak toz üretimi gerçekleştirilebilir ve farklı EMSE değerleri elde edilebilir. Ni dışında diğer ferromanyetik metal ilavelerinin etkileri incelenebilir.

Farklı boyutlarda numuneler üretilip farklı bant aralıklarında ekranlama özellikleri ölçülebilir.

KAYNAKLAR

Agarwala, R. C., & Agarwala, V. (2003). Electroless alloy/composite coatings: A review. *Sadhana Vol. 28*, 475-493.

Akleman, F., Özyalçın, M. O., & Sevgi, L. (1999). Elektromanyetik Kirlilik ve Modelleme Teknikleri. Ankara.

Aksoy, A. (2019). İletken Metal Oksit Kaplı Cam Yüzeylerde Elektromanyetik Kalkanlama Etkinliğinin İncelenmesi. Erzurum.

Allcock, H. R., & Lampe, F. W. (1990). *Contemporary Polymer Chemistry.* New Jersey: Prentice Hall .

Baysal, B. (1981). *Polimer Kimyası.* Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Basımevi.

Baysal, B. (1994). *Polimer Kimyası 2.* Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Basımevi.

Beşergil, B. (2019). Başar Üniversitesi Web Sitesi: http://besergil.cbu.edu.tr/4_polimerler.pdf adresinden alındı

Bold, A., Toros, H., & Şen, O. (2003). Manyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu* (s. 62-68). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Cengiz, S. (2009). Elektromanyetik Girişimden Korunmada Ekranlama Etkinliği Ve Elektromanyetik Ekranlama Uygulamaları. Isparta.

Chiefari, J., Mayadunne, R. T., Moad, C. L., Moad, G., Rizzardo, E., Postma, A., & Thang, S. H. (1999). Living Radical Polymerization with Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer (RAFT Polymerization) Using Dithiocarbamates as Chain Transfer Agents. *ACS*, 6977-6980.

Coman, V., Robotin, B., & Ilea, P. (2013). Nickel recovery/removal from industrial wastes: A review. *Resources Conservation and Recycling*, 229-238.

Çakır, M. (2016). İnşaat Yapı Malzemelerinin Elektriksel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Elektromanyetik Ekranlama Etkinliğinin İncelenmesi. Antalya.

Çatak, M. (2002). Yüzey Kaplama Yöntemleri. Sakarya. Sakarya Üniversitesi Web Sitesi. adresinden alındı

Çınar, K. (2006). Elekromanyetik Alan. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 80-81.

Çopur, H. (2019). Elektromanyetik Uyumlulukta Çeşitli Açıklıklara Sahip Kapalı Metalik Kutuların Elektrik Alan Ekranlama Etkinliğinin Tahmini. Ankara.

Duan, H., Xu, Y., Yan, D., Yang, Y., Zhao, G., & Liu, Y. (2017). Ultrahigh molecular weight polyethylene composites with segregated nickel conductive network for highly efficient electromagnetic interference shielding. *Elsiver*, 353-356.

Duran, D. (2011). Tekstillerin Elektromanyetik Korumada Kullanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. İzmir.

Ebnesajjad, S. (2016). Introduction to Plastics.

Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları. (2001). Ankara: TÜBİTAK Yayınları.

Eraslan, S. (2010). Akımsız Ni-B Kaplama Sitemlerine W İlavesinin Kaplama özellikleri üzerindeki Etkisinin incelenmesi. İstanbul.

Fujii, S., Hamasaki, H., Takeoka, H., Tsuruoka, T., Akamatsu, K., & Nakamura, Y. (2014). electroless nickel plating on polymer particles. *Colloid Interface Sci. Vol. 430*, 47-55.

Galli, P., & Vecellio, G. (2004). Polyolefins: The Most Promising Large-Volume Materials for the 21st Century. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 396-415.

Geetha, S. (2009). EMI Koruması Yöntemler ve Malzemeler Gözden Geçirme. Hindistan.

Genç, B. (2006). Elektromanyetik Spektrumun x-ışını ve Görünür Bölgesinde, Ortamlardan Yayılan Fotonları Kaydetmek İçin Spektrometre ve Görüntüleme Sistemlerinin Tasarımı. Kocaeli.

Goodship, V. (2004). Arburg Practical Guide to İnjection Moulding. *Smithers Rapra*, 1-65.

Hacıfazlıoğlu, H. (2011). Manyetik Ayırma ve Zenginleştirme. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 75-93.

Jeofizik Mühendisliği Bölümü. (2019). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi: http://jeofizik.comu.edu.tr/sayfalar/egitim/egitim/ders_notlari/JFM313/JFM313em_d.pdf adresinden alındı

Jones, R. L. (2009). Catalysts for UHMWPE. *Macromolecular Symposia*, 88.

KARATAŞ, M. H. (2010, Nisan). *Tez Merkezi.* Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Web Sitesi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp adresinden alındı

Kaya, A. İ. (2017). Kaplama Yöntemi ile Ahşap Kompozit Malzelerin Elektromanyetik Kalkanlama Özellikleri. Burdur.

Kazancı, M. (2010, Ocak). Elektromanyetik Uyumluluk Testleri Ve Örnek Bir Uygulama. Trabzon.

Kelly, J. M. (2002). Ultra-high Molecular Weight Polyethylene. *Hournal of Macromolecular Science Part C Polymer Reviews*, 355.

Kerfoot, D. G. (2005). *Emerald*. Emerald Isight Web Sitesi: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb049034/full/html adresinden alındı

Kılıç, G., Örtlek, H. G., & Saraçoğlu, Ö. G. (2007). Elektromanyetik Çevre kirliliği ve bu kirlilikten korunmada tekstil çözümleri. *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 24-35.

Kızılçay, G. (2016). Mikrodalga Frekansı Bölgesinde Örgü ve Dokuma Kumaşların Ekralama Etkinliğinin Deneysel Olarak. Ankara.

Krupa, I., & Luyt, A. S. (2000). Thermal Properties of Uncross-linked and Cross-linked LLDPE/Wax Blends. *Polymer Degradation and Stabilitiy*, 111-117.

Kutluk, S. (2014). Metal Flament Takviyeli Pamuk İpliklerinden Üretilmiş Boşluklu (Spacer) Örme Kumaşların Elektrik İletkenliği ve Elektromanyetik Kalkanlama Özellikleri. İstanbul.

Messina, D., & Ash, W. (2006). Standard Method For Measuring The Effectiveness Of Electromagnetic Shielding Enclosures. ABD.

Özen, A., & Özen, N. (2008). Elektromanyetik Uyumluluk. *Türkiye: Palme Yayıncılık*, 38-40.

Özkan, Y. (2018). Elektromanyetik Girişimden Korunmada Ekranlama ve Malzemelrin Ekranlama Etkinliğinin İncelenmesi. Ankara.

Palamutçu, S., & Dağ, N. (2009). Fonksiyonel Tekstiller I:Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknololeri Elektronik Dergisi*, 87-101.

Palamutçu, S., Özbek, A., Karpuz, C., Dağ, N., & Öztürk, P. (2008-2010). Elektromanyetik Kalkanlama ÖZelliği Olan Tekstil Yüzeylerinin Üretimi ve Yüzeylerin Kalkanlama Etkinlik Alanının Araştırılması. Kocaeli.

Paul, C. R. (2005). *Introduction To Elektromagnetic Compatibility.* ABD: Hoboken NJ.

Peacock, A. J. (2001). The Chemistry of Polyethylene. *Journal of Macromolecular Science-Polymer Reviews*, 285-323.

Perumalraj, R., & Dasaradan, B. S. (2009). Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper Core Yarn Knitted Fabrics. *Indian Journal of Fibre& Textile Research*, 149-154.

Riedel, W. (1991). *Electroless Nickel Plating.* ASM International.

Rizzardo, R. T., Chiefari, J., Chong, Y. K., Moad, G., & Thang, S. H. (1999). Living Radical Polymerization Eith Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer (RAFT Polymerization) Using Dithiocarbamates As Chain Transfer Agents. *Macromolecules*, 6977-6980.

Saçak, M. (2005). *Polimer Teknolojisi.* Ankara: Gazi Kitabevi.

Safi, A. (2019). Epoksi Esaslı Doku Eşdeğeri Fantomların Pediatrik Radyolojide Uygunluğunun İncelenmesi. . Ankara.

Sarıtaş, Ö. (2010). Elektromanyetik Dalgaları Ekranlama Özelliğine Sahip Perde Kumaşı Tipleri Geliştirilmesi. Kayseri.

Sevgi, L. (2000). *Elektromanyetik Uyumluluk, Elektromanyetik Kirlilik.* İstanbul: Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayınları.

Shamsuldden, Z. R. (2017). X-Ray Analysis And Microstructural Charectrization Of As-Cast (Inwardly Solidified) Al-Cu Alloys. Kayseri.

Singh, A. K., Shishkin, A., Koppel, T., & Gupta, N. (2018). A review of porous lightweight composite materials for electromagnetic interference shielding. *Composites Part B: Engineering*, 188-197.

Soral, S. (2010). Albino Ratlarda Ultraviyole - C İle İndüklenmiş Deri Hasarı Modelinde Antosiyaninin Etkisi. Şanlıurfa.

Soyaslan, D. D. (2009). Elektromanyetik Koruma Etkinliğine Sahip Atkılı Örme Kumaş ve Kompozitlerinin Geliştirilmesi. Isparta.

Suhm, J., Schneider, M. J., & Mülhaupt, R. (1998). Influence of Metallocene Structures on Ethene Copolymerization With 1-Butene and 1-Octene. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 128-215.

Şeker, H. (2013). Al2O3-SiC Kompozitlerin Fiziksel ve Elektromanyetik Ekranlama Özellkleri. Sakarya.

Taspolat, A. (2015). Lantanit Grubu Bileşiklerde Kimyasal Etkinin Dalga Boyu Ayırımlı X-Işını Spektrometresi Kullanılarak İncelenmesi. Erzincan.

Torunoğlu, E., Koparal, A. S., Tezcan, Ü., & Göncü, S. (2013). Çevre Sorunları ve Politikaları. *TC. Anadolu Üniversitesi Yayını*, s. 56.

Uğurlu, A. (2019, Şubat 19). *KMO: ÇALDAĞI MÜCADELEMİZ DEVAM EDECEK*. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Web Sitesi: http://www.tmmob.org.tr/icerik/kmo-caldagi-mucadelemiz-devam-edecek adresinden alındı

Us, S. (2013). RF-Mikrodalga Frekans Aralığındaki Elektromanyetik Dalgaların Biyolojik Dokular Üzerine Etkisinin FDTD Simülasyonu. Malatya.

Wang, J., Ni, M., Wu, F., Liu, S., Qin, J., & Zhu, R. (2018). Electromagnetic radiation based continuous authentication in edge computing enabled internet of things. *Journal of Systems Architecture*, 53-61.

Yakıncı, Z. D. (2016). ELEKTROMANYETİK ALANIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON HUMAN HEALTH. *DergiPark*, 44-54.

Yener, S. C., & Çerezci, O. (2016). Material Analysis And Aplication For Radio Frequency Elektormagnetic Wave Shielding. *Acta Phys Pol. A*, 635-638.

Yener, T., Yener, S. C., & Zeytin, S. (2016). Elektromagnetic-Shielding Effectiveness And Fracture Behavior Of Laminated (Ni-NiAl3) Composites. *Mater. Tehnol* , 899-902.

Yıldız, Z. (2011). İletken Polimerlerle Muamele Edilmiş Tekstil Yüzeylerinin Elektrik İletkenliği Ve Elektromanyetik Kalkanlama Özelliklerinin İncelenmesi. İstanbul.

Yücel, İ. (2019, Ekim 25). *KUSURLU VE KATKILI KTaO3 BİLEŞİKLERİNİN YAPISAL, ELEKTRONİK VE OPTİK ÖZELLİKLERİNİN YOĞUNLUK FONKSİYONEL TEORİSİ İLE İNCELENMESİ.* Dersim Fizik Web Sitesi: http://dersimfizik.blogspot.com/2014/03/elektromanyetik-kuruma-gore-isgn-yaps_19.html adresinden alındı

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı. (2020). Biyoloji Eğitim Web sitesi: http://www.biyolojiegitim.yyu.edu.tr/kf/togrnrsk/index.htm adresinden alındı

Ziswa, B. (2020, Eylül 24). *Nickel, cobalt: Santa Rica hopeful for long-life operation with underground option*. Roskill Web Sitesi: https://roskill.com/news/nickel-cobalt-santa-rica-hopeful-for-long-life-operation-with-underground-option/ adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ

Kübra KOYUNCU, [redacted]. Darıca 100. Yıl Atatürk İlkokulu'nu, Darıca Neşet Yalçın Anadolu Lisesi'ni bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrencisidir. Aynı zamanda [redacted] firmasında Satın Alma Uzmanı olarak çalışmaktadır.