



**İSKENDERUN TEKNİK  
ÜNİVERSİTESİ**

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KARBON NANOTÜP VE CAM ELYAF TAKVİYELİ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN HİBRİT  
KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**MİHRAP TANIN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İskenderun / HATAY**

**TEMMUZ – 2016**

T.C.  
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARBON NANO TÜP VE CAM ELYAF TAKVİYELİ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN HİBRİT  
KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

MİHRAP TANIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA danışmanlığında hazırlanan bu tez 15 / 07 /  
2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Ahmet AVCI

Başkan



Doç. Dr. Ahmet YAPICI

Üye



Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA

Üye

Bu tez Enstitümüzün Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 17

Doç. Dr. Mustafa DEMİRCİ  
Enstitü Müdürü



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve  
fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki  
hükümlere tabidir.

### TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Mihrap TANIN



## ÖZET

Bu çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), karbon nano tüp (KNT) katkılı YYPE , cam elyaf takviyeli YYPE ve KNT katkılı cam elyaf takviyeli YYPE malzemelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Granül halindeki YYPE' e KNT ağırlıkça %1 oranında katılmıştır. YYPE' e ilave edilecek KNT aseton ortamında ultrasonik prop ile homojen hale getirilmiştir. YYPE, aseton ve KNT manyetik karıştırıcıda bir araya getirilerek, aseton buharlaşana kadar ısıtarak karıştırılmıştır. Asetonun buharlaşmasıyla KNT' ler YYPE granülleri üzerine yapışmıştır. Üzerine KNT yapışmış YYPE granülleri çift vidalı ekstruderden geçirilerek tamamen homojen hale getirilmiştir. YYPE malzemeler, sıcak preste basınç uygulanarak levha haline getirilmiştir ve oda sıcaklığında basınç altında soğutulmuştur. Tek tabakalı cam elyaf takviyeli plakalar; iki adet YYPE plakanın arasına cam elyaf yerleştirilip tekrar aynı işlemler uygulanarak elde edilmiştir. Dört farklı tipteki plakalardan ASTM D638 standartlarına uygun numuneler kesilmiştir. Numunelerin mekanik özelliklerindeki değişim incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Polietilen, karbon nanotüp, kompozit malzeme, YYPE, cam elyaf

## **ABSTRACT**

In this paper, mechanical properties of high density polyethylene (HDPE), carbon nanotubes (CNTs) reinforced HDPE, glass fiber reinforced HDPE, CNTs and glass fiber reinforced HDPE materials were investigated. One weight percentage of multi-walled carbon nanotubes were added to HDPE pellets. Composite plates were manufactured using hot press molding, then the specimens were cut using CNC machine. Experimentations have been carried out to determine the yield strength and impact resistance of materials. The results showed that CNTs and glass fibers makes the HDPE brittle and this raises the yield strength and decreases the impact resistance.

**Key words:** Polyethylene, carbon nano-tubes, composite materials, HDPE, glass fiber

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde büyük emeği bulunan tezimin hazırlanmasında her konuda bana destek olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA hocama ve tezimin hazırlamasının her aşamasında yanımda bulunan, tüm zorluklarda yardım eden, bıkmadan usanmadan maddi ve manevi olarak tezime emek veren Doç. Dr. Ahmet YAPICI hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Üniversitelerinin laboratuvarlarını bize açtığı ve çalışma imkanı sağladığı, bilgisiyle yol göstererek her konuda fikir verip ışık tuttuğu için, Selçuk Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ahmet AVCI hocama ve deneysel çalışmalarda, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yardım eden Selçuk Üniversitesi araştırma görevlileri Okan DEMİR, Adem YAR ve Tugay ÜSTÜN'e, Necmettin Erbakan üniversitesinden Mürsel EKREM hocama çok teşekkür ederim.

Yüksek yoğunluklu polietilen numunesi göndererek deneysel malzeme ihtiyacımızı karşılayan PETKİM'e teşekkür ederim.

Kütahya Simavda, ekstruder cihazından malzemelerimizi geçirerek homojen olmasını sağlayan araştırma görevlisi Ferhat YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Sütçü İmam Üniversitesinde laboratuvarlarını bize açan, YYPE ile çalışmada bilgi ve tecrübelerini bizimle paylaşan Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Kadir KARAKUŐ'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana en büyük maddi ve manevi desteği veren annem ve babam Münevver TANIN ve Mustafa TANIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

## İçindekiler Tablosu

ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	9
3.1. Materyal .....	9
3.1.1. YYPE .....	9
3.1.2. Cam Elyaf .....	11
3.1.3. Karbon nanotüp.....	12
3.1.3.1. Karbon Nanotüplerin Tarihsel Gelişimi : .....	13
3.1.3.2. KNT' lerin yapısı .....	15
3.1.3.2.1. Yapı tipleri .....	15
3.1.3.2.2. Açık Uçlu ya da Kapsül .....	16
3.2. Yöntem.....	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	26
4.1. Çekme deneyi.....	26
4.2. Izod deneyi.....	30
4.3. FTIR Analizi .....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	35
KAYNAKLAR .....	37
ÖZGEÇMİŞ .....	40

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. YYPE.....	11
Şekil 2. Cam elyaf.....	12
Şekil 3 Bucky- Balls modeli (Anonim 2) .....	13
Şekil 4 ÇDKNT SEM görüntüsü (Anonim 3).....	14
Şekil 5 TDKNT (Anonim 4) .....	14
Şekil 6 KNT giriş açısı ve birim vektörler (Anonim 5) .....	15
Şekil 7. Armchair nanotüp modeli (Anonim 6) .....	15
Şekil 8 Zig zag nanotüp modeli (Anonim 6).....	16
Şekil 9. Chirial nanotüp modeli (Anonim 6).....	16
Şekil 10. ÇDKNT görüntüsü.....	17
Şekil 11 ÇDKN'lere aseton eklenmesi .....	18
Şekil 12 ÇDKNT'lerin ultrasonic proba karıştırılması .....	19
Şekil 13 Isıtmalı manyetik karıştırma işlemi .....	19
Şekil 14. YYPE'nin yüzeyindeki ÇDKNT'ler .....	20
Şekil 15 Ekstruder cihazı .....	21
Şekil 16 Ürünün ekstruderden çıkışı.....	21
Şekil 17 Polimer kırıcı cihaz.....	22
Şekil 18 Kırıcıdan çıkan ürün .....	22
Şekil 19 Sıcak preste levha haline getirilen YYPE.....	23
Şekil 20 Beyaz teflon .....	23
Şekil 21 Çerçeve kalıp .....	24
Şekil 22 Beyaz teflon ayırıcı yüzey ve çerçeve kalıp .....	24
Şekil 23 Sıcak press cihazı .....	25
Şekil 24 CNC Cihazında şekil verilen çekme numuneleri.....	26
Şekil 25 Çekme cihazı .....	27
Şekil 26 Çekme cihazı çenesi .....	27
Şekil 27 Çekme deneyi akma değerleri.....	28
Şekil 28 Kuvvet- uzama karşılaştırmalı grafiği .....	28
Şekil 29 İzod deneyi numunesi YYPE.....	30
Şekil 30 İzod deneyi numunesi % 1 KNT/cam elyaf/YYPE .....	30
Şekil 31 Çentik açma cihazı.....	31
Şekil 32 Numunenin izod deneyi cihazına yerleştirilmesi.....	31
Şekil 33 İzod deney sonuçları .....	32
Şekil 34 YYPE FTIR analizi .....	34
Şekil 35 Cam/YYPE FTIR analizi .....	34
Şekil 36 KNT/YYPE kompozit malzemenin FTIR analizi.....	35
Şekil 37 Cam/KNT/YYPE kompozitin FTIR analizi.....	35



## 1.GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte kompozit malzemelerin çeşitleri artmıştır. Nano teknoloji her alanda yaygınlaşmıştır. Nano malzemelerin takviye malzemesi olarak kompozit malzemelerde kullanılması, kompozit malzemelere yeni özellikler kazandırmıştır. Nano malzeme takviyesi, kompozit malzemelerde diğer takviye malzemelerine oranla, kompozit malzemelerin özelliğini oldukça iyileştirmiştir. Çeşitlerine göre özellikleri değişiklik gösterse de; dış ortam koşulları ve neme karşı iyi direnç, esneklik ve üstün kimyasal direnç genel özellikleri arasındadır. %20 kadar cam elyafın YYPE'e katılması yüksek yoğunluklu polietileni daha az esnek bir malzemeye dönüştürür. Kalıpta çekme özelliği oldukça iyileşir. Kullanılan cam elyafın alkali muamelesi ile, YYPE'nin daha iyi özellikler göstermesi sağlanabilir. Hibrit kompozitler ise, iki veya daha fazla farklı fiberin bir dolgu malzemesi (matris) ile bir araya getirilerek, daha iyi özelliklere sahip bir kompozitin elde edilmesiyle oluşur. Hibrit kompozitler özellikle havacılık ve otomotiv sanayinde yaygın olarak kullanılır. Takviyeli kompozit malzemelerde en sık karşılaşılan sorun metaller kadar iyi mukavemet değerlerine sahip olamamalarıdır. Bu durum özellikle belirli kuvvetlerin etkisinde kalan malzemelerde görülmektedir ve metaller kadar yüksek yüklerde çalıştırılmamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı nano boyutta fiber partikül takviye edilmiş kompozit malzemelerin daha iyi sonuçlar verdiği ve mekanik özelliklerinin incelenmesi endüstriyel uygulamalarda optimum maliyet ve dizayn açısından büyük önem arz etmektedir. (Menceloğlu ve Kırca, 2008)

Cam elyaf takviyeli kompozit malzemelere; KNT takviyesi eklenerek, meydana gelen hibrit kompozitlerin özelliklerinin incelenmesiyle ilgili detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmanın planlanma nedeni; bu konuda detaylı bir araştırma yapmak, yüksek mekanik özelliklere sahip yeni bir hibrit kompozit malzeme elde etmek içindir. Bu çalışmada cam elyaf ve KNT takviyeli hibrit kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

YYPE yüksek kristalleşmeye sahip termoplastiktir. -80 °C ile 80 °C arası sıcaklık değerlerinde YYPE ile çalışmak mümkündür. YYPE'nin mikroyapısı incelendiğinde amorf ve kristal olmak üzere iki faz olduğu görülmüştür. Bu fazlar malzemenin makroskopik yapısını belirlemede etkilidir. Oda sıcaklığında kauçuk yapısına benzer olan amorf faz, herhangi bir ayrılma olmaksızın kristal fazın belli miktarlarda hareket etmesine ve değişmesine olanak sağlar. Bu deformasyon şekli plastik olarak adlandırılır, büyük oranda toparlanabilir olan bu davranış moleküler zincirde herhangi bir kopma olmaksızın oluşur. Bu davranış yarı kristal polimerlerin yüksek tokluğa sahip olmasına imkan verir (Shepherd ve ark, 2006).

Yarı kristal polimerlerin mikro yapısı oldukça karmaşıktır. YYPE'nin fiziksel özellikleri birbiriyle bağlantılı üç temel değişkene bağlıdır; yoğunluk, moleküler ağırlık ve moleküler ağırlık dağılımı. Çekme mukavemeti, rijitlik, yumuşama sıcaklığı ve kimyasal direnç yoğunluğun artmasıyla artar. Düşük sıcaklıktaki darbe mukavemeti, uzama, geçirgenlik ve çatlak direnci yoğunlukla ters orantılıdır. Birçok ticari YYPE granülü, 50000 ile 250000 (g/mol) moleküler ağırlığı arasında değişen moleküler ağırlığı vardır. Moleküler ağırlığı arttırarak çekme mukavemeti (akma ve kopma), uzama, tokluk, gerilme çatlak direnci, sünme direnci, kimyasal direnci, geçirimsizliği iyileştirilir. YYPE değişik moleküler ağırlık dağılımında oluşturulabilir. Dar aralıkta olması durumunda; düşük sıcaklık etkisi, tokluk, gerilme çatlak direnci ve yumuşama sıcaklığı artar. Geniş moleküler dağılımında düşük erime viskozitesi, yüksek enjeksiyon ve sünme direnci kazanılır. Çekme mukavemeti ve uzama özelliği moleküler ağırlık dağılımından etkilenmez (Bartczak, 2005).

En basit şekliyle polietilen molekülü, zincir sonu metil grubuyla sonlandırılmış bir çift hidrojen atomuyla kovalent bağ ile birleşen çift sayıdaki karbon atomlarının birbirleriyle bağlanmasıyla oluşan bir polimer moleküldür. Kimyasal olarak polietilen plastiği, formülü " $C_nH_{4n+2}$ " olan aklanlardan oluşur. Bu formüldeki "n" polimerleşme derecesi olarak nitelendirilir. Polietilen molekülünde organik bileşiklerde olduğu gibi tanımlayıcı bir molekül değildir Tipik olarak polietilen molekülü 100 ile 250000 arasındaki monomerin birleşmesiyle meydana gelir. Düşük molekül ağırlıklı

polietilenler 8 ile 100 arası monomerden oluşur. Bu tip düşük molekül ağırlığına sahip polietilenin yapısı mumsudur ve genellikle plastik özellik taşımamaktadır (Manap, 2007).

Elyaf takviyeli organik bağlayıcı kompozitlerin ilk örnekleri cam elyaf takviyeli plastiklerdir. Reçine matrisli karma malzemelerde en geniş kullanım alanına sahip olan ve en ucuz takviye türü, cam elyafıdır. Cam elyaf takviyeli kompozitlerin geçmişte ve günümüzde yaygın kullanım alanı bulunmasının en önemli sebepleri düşük maliyeti, kolay elde edilebilirliği, üretim kolaylığı ve yüksek mukavemeti olarak sıralanabilir (Wright 2000, Reinhart ve Clements, 1989).

Cam lifin özünü silis kumu ( $\text{SiO}_2$ ) meydana getirmekle beraber belirli oranlarda sodyum, kalsiyum, alüminyum, bor ve demir gibi elementlerin oksitlerinden meydana gelir. Cam lifler, camların elektrik fırınında yaklaşık 1200-1500 °C de ergitilmesi ve ergiyen camların platin alaşımlı bir potanın tabanındaki binlerce delikten hızlı bir şekilde çekilerek ve soğutma bölgesinden geçirilerek üretimi yapılır. Daha sonra lifler üzerine kaplama uygulaması yapılarak ve demetler halinde makaralara sarılarak muhafaza edilir (Murat, 2010).

Son yıllarda nanotüp üretmek için birkaç yöntem geliştirilmektedir. Genel olarak, nanotüplerin üretimi için bir karbon kaynağına, belirli katalizörlere ve enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüz koşullarında yüksek miktarlarda nanotüp üretiminde en verimli yöntem, küçük katalizör parçacığı tipik olarak demir ya da demir/molibdenin ve sıcak,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  gibi karbon içeren bir gaz ortamından oluşan, sıcak kimyasal buhar biriktirme yöntemidir (CVD) Metal parçacığı, karbon içeren gazların dekompozisyonunu katalize eder ve karbon, katalizör parçacığında çözünür. Katalizör parçacığı, karbonla aşırı doygun hale geldiğinde, geride kalan fazladan karbonlar, tüpler oluşturmak üzere yeniden biçim alırlar. Farklı özellikleri nedeniyle nanotüpler, nano teknolojinin en çok merak edilen ve en fazla gelecek vaat eden keşfi olarak düşünülürler. Şekillerine ve boyutlarına bağlı olarak, karbon nano tüplerin elektronik özellikleri metalik ya da yarı iletken olması muhtemeldir. Metalik özellikler KNT'leri bakırdan daha iletken yapabilir ya da elmadan daha iyi ısı iletmelerini sağlayabilir. Yarı-iletkenlik özellikleri onları daha güçlü, küçük ve hızlı bilgisayar çipleri üretimi için uygun kılmaktadır. Ancak, nano tüpleri üretmek için kullanılan sentetik yöntemler,

birbirlerine ip gibi yapışan yarı-iletken ve metalik nanotüpler oluşturulmaktadır (Menceloğlu, 2008).

C-C kovalent bağlanmaları ve düzenli hegzagonal ağ yapılarına sahip olmalarıyla, KNT'ler bilinen en güçlü ve en esnek malzemelerden biridir. Son yıllarda bu özellik, atomik mikroskopide, örneğin Atomik Kuvvet Mikroskobu (AKM) ucu üretmek için kullanılabilir. KNT'lere dayalı uçlar çok güçlüdür, geleneksel silikon ve tungsten uçlar gibi kolayca aşınmazlar ve oldukça büyük oranlarda çözünürlük sağlarlar (Sharifzadeh, 2006).

Kompozit malzemelerin ağırlıkları düşüktür; ayrıca çekme, basma, darbe, yorulma dayanımları yüksektir. Kompozit malzemelerin genleşme katsayıları nispeten düşük olup sert, sağlam bir yapı ve büyük bir boyut kararlılığı gösterir. Polimerler doğal malzemelere oranla daha yaygın kullanım alanına sahiptir. Polimerlerin işleme kolaylığı, mekanik davranışları, esnek yapıları ve düşük yoğunluğa sahip olmaları önemli avantajlarıdır. Polimerik nano kompozit malzemeler çok düşük dolgu maddesi içerikli malzemelerde geleneksel takviye elemanlı kompozitlere göre 10 kat daha hafif ve 10 kat daha mukavemetli durumdadır (Murat, 2010).

Polimerik nano kompozit malzemeler geleneksel mikro ve makro kompozitlere oranla nispeten yüksek özellikler gösterirler. Bu özellikler, yüksek elastiklik modülü, yüksek mukavemet, ısı kararlılık, düşük gaz geçirgenliği ve biyo bozunur polimerlerin kullanılması ile artan biyo bozunurluk özellikleridir. Bunların yanında, bu malzemelerin çok iyi elektriksel özellikleri de sağlanabilmektedir. Bu üstün özellikleri nedeni ile polimerik nanokompozitler hem endüstriyel alanda hem de akademik olarak oldukça önemlidir. Günümüzde, polimer nanokompozitler üzerine yapılan çalışmalar daha üstün özelliklere sahip yeni malzemeler hazırlamak ve daha kısa sürede, yüksek verimle nanokompozitler elde etmek üzere iki temele ayrılabilir (Murat, 2010).

Polimerik nano kompozit olarak adlandırılan malzeme grubu ise; polimer içerisinde dağıtılmış nano boyutlu organik yada anorganik, doğal ya da sentetik ikinci bir faz veya katkı (tanecik, elyaf, tabaka vs.) maddesi gibi yapılar içeren plastik kompozitleri tanımlamakta ve ayrıca nano dolgulu polimer kompozitler yada anorganik-organik hibrit malzemeler olarak da adlandırılmaktadır (Le Baron ve ark.,1999)

Polimerik nano kompozitler konusunda ilk çalışmalara 1987 yılında Toyota Araştırma Laboratuvarlarında başlanmış ve geliştirilen Naylon-6/doğal kil (montmorillonit) nano kompozitinin, poliamid (PA) ve konvansiyonel dolgularla hazırlanan PA kompozitlere göre birçok fiziksel üstünlükleri olduğu saptanmıştır. 1989 yılında bu çalışmanın sonuçlarının yayınlanmasından sonra tüm dünyada polimer nano kompozit çalışmaları hızla yaygınlaşmış ve farklı yapıdaki polimerlerin ve dolgu maddelerinin nano kompozit yapısı ve özelliklerine etkilerinin araştırılması yönünde büyük bir ivme kazanmıştır (Okada ve ark., 1987)

Polimerik nano kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan nano boyutlu dolgu maddeleri farklı türde, yapıda ve geometride olabilmektedir. Bunlardan en çok kullanılanlar doğal ve sentetik killer, karbon malzemeler (nano boyutlu karbon siyahı, tek ya da çok duvarlı karbon nano tüpler, exfoliated grafit tabakaları vs.), nano boyutlu çeşitli metaller, metal tuzları ve metal oksitler, amorf silika, polihedral silisyum bileşikleri (silsesquioxane vs.) ve selüloz lifleri olarak sıralanabilir (Alexandre ve Dubois, 2000).

Termoplastik ya da termoset polimerlerin nano boyutlu dolgu maddeleri ile harmanlanarak hazırlanan nanokompozitler başlıca üç ana bileşenden oluşur. Bunlar; asıl malzeme matrisini oluşturan polimer, nano boyutlu katkı maddesi ve bazı durumlarda polimer fazı ile dolgu maddesi arasında ara yüzey etkileşimleri sağlamak ya da bu etkileşimleri arttırmak amacıyla kullanılan uyumlaştırıcılar (Durmuş, 2006).

Nano dolgunun şekli ve dağılımı, malzemenin izotropik ya da anizotropik karakterini belirler. Nano boyutlu dolgu maddelerinin en karakteristik özelliği, yüksek yüzey alanları nedeniyle (örneğin; kil için 750-800 m<sup>2</sup>/g) kompozit malzemedeki polimer ile dolgu arasındaki ara yüzey etkileşimlerini arttırmalarıdır. Böylece nano kompozit malzemelerde, az miktarda (ağırlıkça % 3-5) nano dolgu ile çok daha fazla konvansiyonel dolgu maddesi (ağırlıkça % 20-40) kullanılarak dahi ulaşılamayan üstün fiziksel özellikler sağlanmış olur. Özellikle simektit (smectite) grubu tabakalı killer, nano boyutlu tabaka yapısı ve bazı fiziksel özelliklerinin uygunluğu nedeniyle polimer nano kompozit üretiminde en yoğun kullanıma sahip malzeme grubudur. Tabakalı yapıdaki killer doğada hidrofiliz ve turbo statik birimler halinde bulunur ve endüstriyel kullanımları çok uzun zamandan beri bilinmektedir. Bu grup killerin en çok kullanıldığı

uygulama alanları, başta seramik endüstrisi olmak üzere, su bazlı sistemler için jeolojik katkı (kıvamlaştırıcı), iyon değiştirici, katalizör, organik bileşikler için absorban, yağ sanayi için ağartıcı, kozmetik katkısı, kağıt kaplama bileşeni, hayvan gıda katkısı, kedi toprağı, metal döküm kumu, zirai amaçlı katkı vb. olarak sayılabilir (Murray, 1991).

Grafen tek atom kalınlığında yalnızca karbon-karbon bağlarından oluşan, bal peteğı yapısında sıkıca paketlenmiş düzlemsel bir yapıdır. Dünyada bilinen en sağlam malzemedir. Grafen adı grafit ten gelmektedir. Grafit çok katmanlı grafen yapısıdır. Grafen yapısında Karbon-Karbon bağ yakla şık olarak 1.42 Å uzunluğundadır. Grafen karbon nanütüplerin, grafitin ve fullerenin temel yapı taşını oluşturmaktadır. Grafen aynı zamanda sonsuz büyüklükteki bir aromatik organik kimyasal olarak ta düşünülebilir (Menceloğlu, 2008).

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte karbon nano tüplerin sentezlenmesi yaygınlaşmıştır ve kullanım alanları gelişmiştir. Kompozit malzemelerde KNT kullanılması kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini oldukça geliştirmiştir.

ÇDKNT/YYPE ve grafen/YYPE kompozitler; grafenle KNT'lerin alkolle dağılımı sağlanmış homojen ağ yapısı oluşturulmuş ve sıcak presleme ile üretilmiştir. Polimer matris içinde homojen dispersiyon sağlanarak ÇDKNT ve grafenler özel yollarla dağıtılarak, oluşturulan iletken ağ, düşük elektrik iletkenliğine neden olan kompozitlerin perküsyon eşiğidir. Bu elektriksel özellikler grafen/YYPE ve ÇDKN/YYPE kompozitlerde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Süzülme eşiğı grafen/YYPE kompoziti (1%) ÇDKN/YYPE (0.15%) ye göre çok daha yüksek bulunmuştur ve ÇDKN/YYPE, grafen/YYPE ye göre aynı dolgu içerikli kompozitte göre daha yüksek elektriksel iletkenlik göstermiştir. Kritik üs değerlerine göre, t, iki kompozit elektriksel iletkenlik mekanizmaları farklı olabilir. ÇDKN/YYPE kompozit üç boyutlu iletken sistemini ifade ederken, grafen/YYPE kompozit iki boyutlu iletken sistemi ifade etmektedir. Grafenin iyileştirme etkisi, iletken dolgu maddesi olarak, elektrik iletkenlik üzerinde teorik olarak diğer kompozitlerden çok daha düşük gözlenmektedir. (Jinhong Du ve arkadaşları, 2011)

Daha önce yapılan bu çalışmada siyah karbon (SK)/ÇDKNT /YYPE pozitif sıcaklık katsayısında bir araya gelme karakteristiğı ilave etkisi araştırılmıştır. ÇDKN/SK/YYPE hibrid nanokompozitin bileşenleri çözeltide eritip karıştırma işlemi

uygulanarak hazırlanmaktadır. Hibrit kompozitlerde, katkı malzemelerinin yoğunluğunun tekrarlanması ile ÇDKNT' nin küçük miktarda ilave edilmesi ile önemli ölçüde özelliklerde iyileşme görülmüştür. Optimum ÇDKNT optimum SK içeriğine karşılık gelmektedir. ÇDKN içeriği artmasıyla ilk direnç materyali azalmaktadır , fakat her zaman yoğun değildir (Joong-Hee Lee ve arkadaşları, 2006).

Karbon nano fiberlerin kompozitlere takviye edildiğinde mekanik gelişiminin yanı sıra termal ve elektrik özellikleri araştırılmıştır. Bu tür kompozitlerin yapımındaki zorluklar nano fiberlerin dağılım sorunu ve matris tarafından nano fiberin ıslatılmasıdır. Bu güne kadar geliştirilen yöntemler, birden çok adımları içeren karmaşık olan yöntemlerdir. Yapılan bu çalışmada, elektriksel iletken kompozit için küçük bir hacim fonksiyonu olan buharla üretilen karbon nanolifler ile çalışılmaktadır. Matris YYPE; bu bileşik aynı zamanda cam fiberlerin eklenmesinin etkisi incelenmiştir. Bu nano fiberlerin bazı türleri olan iletken kompozitler standart karıştırma tekniği yerine; buhar yüklü karbon nanolif ısıtma işlemi ve işleme yüzeyi iletken kompozit üretimi için dağılım tekniğidir. İletken kompozitlerin üretiminde önemli faktörleri yüzey işleme ve dispersiyon yöntemleri sonucu göstermektedir. Küçük hacimli nano fiber fraksiyonları iletken kompozitleri kapsamlı işlem adımları olmadan üretilmektedir. (Abhrajit Chatterjee ve arkadaşları, 2007 )

YYPE, KNT polimer kompozitler için matris malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu kombinasyonda kompozit bileşenlerde daha önce literatürde raporlanmamıştır. ÇDKN/YYPE bileşik filmler işleme eritme yöntemi kullanılarak imal edilmiştir. Bu kompozit filmlerin 0,13 % ve 5 % KNT ağırlıkları ile SEM ve TEM analizi altında nanotüp dağılımı gözlemlenmiştir. Filmlerde mekanik özellikler küçük yumruk testiyle ölçülmüştür. Yük piki ve kompozit filmler için çalışma yetersizliğiyle artan ÇDKN içeriği sertlik içinde sonuçlar artış göstermektedir. (Wenzhong Tang ve arkadaşları, 2003)

KNT – alümin hibrid takviyeli YYPE matris kompozitler işleme eritme tekniğiyle hazırlanmıştır. Hibritteki  $Al_2O_3$  ile kristalize grafitin oluşturulduğu bir ağ yapısı nanotüplerde oluşan bu uygunluk, YYPE matrisli kompozitlerde homojen olarak dağılmış ve mikro çalışmalarda doğrulanmıştır. KNT-alümin hibrit %5 ilavesi sonucunda sırasıyla Young modeli ve gerilme direnci 100.8 % ve 67.7 % eş zamanlı

artışlar mekanik ölçümlerde ortaya çıkmıştır. Kırılma yüzeyi nanotüpler ve  $Al_2O_3$  ÇYPE deki matris ve fenomen gibi kenetleme varlığı hibrid ve ÇYPE matrisi homojen bir dağılım gösterdi. ÇYPE kompozitte takviye katkısı bulunabilmektedir. (F. Tian ve arkadaşları, 2011)

KNT/YYPE kompozitler aşınma davranışını belirlemek için üretilmiş ve test edilmiştir. Nano kompozit uygulanması ÇDKNT' ler ve YYPE topaklardan yapılmıştır. İnce filmler öncü malzemede nanotüplerde (1 %, 3 % ve 5 %) değişen ağırlık oranları ile karıştırma ve ekstrüzyon süreciyle oluşturulur. Öncül kompozitler mekanik ve aşınma testleri için test numuneleri oluşturmak için işlenmiştir. Testlerin her biri farklı ağırlık yüzdeleri için temel olarak bileşiğin yanı sıra saf YYPE den yapılmıştır. Ölçülen mekanik özellikler ve aşınma direnci artan kompozit malzemelerle birlikte artan nanotüp içeriği aralığında incelenmiştir. (Brian B. Johnson ve arkadaşları, 2009)



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. YYPE

YYPE, etilen gazının, Ziegler -Natta tipi koordinasyon katalistleri eşliğinde, heksan ortamında düşük basınç ve sıcaklıkta polimerizasyonu ile elde edilir. Formülü  $CH_3-(CH_2)_n-CH_3$ 'dür.

YYPE günümüzde birkaç yöntemle elde edilebilmektedir:

- Radikal polimerizasyon yönteminde, yüksek basınç uygulanır.
- Koordinasyon polimerizasyonunda, alçak basınç ve 50-75°C sıcaklıkta katalitik sentez yapılır.
- Katalizör olarak heptanda çözülmüş, titan tetraklorid ve alüminyum alkil kullanılır. Polimerizasyon ısı soğutularak giderilir. Ele geçen polimer formu toz veya granüldür. Sıvı ortamdan süzülerek alındıktan sonra kurutularak ambalajlanır.
- YYPE sentezinde diğer yol olan, "metal oksit katalizörlü polimerizasyon"da etilen gazı parafinde çözülür, 60-200°C sıcaklıkta, 35 atm basınç altında, belirli bir sürede işlem tamamlanır. Soğutma ve çözücü buharlaştırılmasından sonra ürün elde edilir.

"Doğrusal (lineer) polietilen" de denilen YYPE %90 oranında kristal haldedir. Ana zincir en az 200 karbon atomludur. ASTM standartlarında Tip III ve Tip IV olarak tanımlanan YYPE' in bağıl yoğunluğu  $0.940 \text{ g/cm}^3$  ve daha yukarı olarak verilmiştir. (YYPE, PETKİM kapasitesi 96.000 ton/yıldır).

YYPE, görünüm olarak alçak yoğunluklu polietilen (AYPE)' e benzese de ondan çok daha sert ve molekül kütlesi 150000 - 400000 dolaylarında bir polimerdir. Suya,

kimyasal maddelere direnci iyidir. Işık ve açık hava koşullarına AYPE'de olduğu gibi dayanıklı değildir.

Özel dolgularla bu direnç artırılabilir. Mekanik özellikler çok iyi olup, özellikle darbe ve çekme dayanımları yüksektir. Bazı dolgu maddeleriyle de özellikler daha da iyileştirilir. Normalde çekme dayanımı 225-350 kgf/cm<sup>2</sup> civarındadır. Sıcaklık dayanımı 100°C'nin üzerindedir (Anonim 1) (<http://tr.wikipedia.org/wiki/HDPE> 2009).

YYPE'nin yavaş soğutulması durumundaki kristalleşme oranı hızlı soğutulmasına göre daha yüksektir. Bu nedenle soğutma süreci malzemenin başlangıçtaki özelliklerinde önemli değişikliklere neden olur. Ekstrüzyon ya da enjeksiyon kalıplama sürecinde polimer eriyiğinin akışı değişik yönlere ve bunun sonucun olarak anizotropik yapının oluşmasına neden olur. Bu durum mekanik özelliklerde büyük farklılıklar ortaya çıkarır. Moleküler oryantasyon; katılığın, mukavemetin, tokluğun ve çatlak direncinin artışına neden olur (Düşünceli ve Çolak, 2007).

Yarı kristal polimerlerin özellikleri, sadece kimyasal özelliklerine değil maruz kaldığı ısıl işlemlere göre morfolojik ve kristalleşme yapısına bağlı olarak da değişir. Bu nedenle üretim prosesi şartları nihai ürün özellikleri üzerinde son derece etkilidir (Zhang, 1996).

Yarı kristal polimerlerin mekanik özellikleri kristaller arasındaki moleküler bağlar aracılığı ile sağlanır. Zincir düzenlemeleri ve bağ molekülleri mekanik özellikler üzerinde etkili iki temel etkidir. Eğer moleküler bağlar kovalent bağlardan oluşmuyorsa kristaller zayıf Van der Waals veya hidrojen bağlarıyla bir arada tutulur. Zayıf Van der Waals bağları kolay bir şekilde kaymalara ve ayrışmalara müsaade eder. Yarı kristal polimerlerin büyük deformasyon çekmeleri (drawing), amorf faz içerisinde kristal fazın çekme yönünde oryantasyonuna neden olmaktadır, moleküler yapının yeniden düzenlenmesini, diğer bir ifade ile pekleşmeyi (deformasyon sertleşmesini) doğurmaktadır. Diğer taraftan küçük gerinim seviyelerinde (akma noktası altında) polimer morfolojisinde belirgin bir değişme gözlenmemektedir (Seguela, 2005).

Yarı kristal polimerlerdeki elastik deformasyon mekanizması zincir moleküllerinin kararlı düzendeki halinden uzamaya zorlanmasıyla ilgilidir. Uygulanan gerilmeye malzemenin göstermiş olduğu tepki, zincirlerdeki güçlü kovalent bağların

uzama ve bükülmesiyle meydana gelir ayrıca komşu moleküller arasında çok zayıf ikincil dirençler veya Van der Waals bağlarının da etkileri vardır. Elastik davranış üzerindeki en önemli etki şüphesiz ki elastiklik modülüdür. Yarı kristal polimerler iki farklı fazdan meydana geldiğinden dolayı elastiklik modülü kompozit malzeme gibi düşünülerek, iki fazın çeşitli kombinasyonda bileşiminden hesaplanabilir (Murat, 2010).

Kompozit malzemede kullanılan YYPE S0464 (Şekil 1) , PETKİM firmasından granül olarak temin edilmiştir. YYPE, 134°C erime sıcaklığına (DSC) ve 0.965 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir.



Şekil 1. YYPE

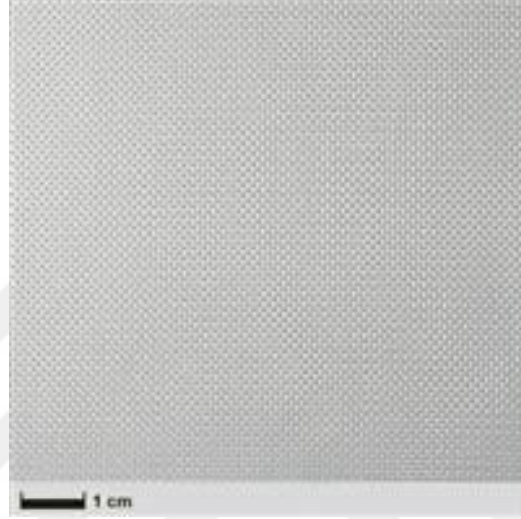
### 3.1.2. Cam Elyaf

Cam lifin esasını silis kumu (SiO<sub>2</sub>) meydana getirmekle beraber belirli oranlarda sodyum, kalsiyum, alüminyum, bor ve demir gibi elementlerin oksitlerinden oluşur. Cam lifler, camların elektrik fırınında yaklaşık 1200-1500 °C de ergitilmesi ve ergiyen camların platin alaşımlı bir potanın tabanındaki binlerce delikten hızlı bir şekilde çekilerek ve soğutma bölgesinden geçirilerek üretilir. Daha sonra lifler üzerine kaplama uygulaması yapılarak ve demetler halinde makaralara sarılarak depolanırlar (Murat, 2010).

Cam elyafların bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Çekme mukavemetleri yüksektir, Isıl dirençleri düşüktür. Yanmazlar ancak yüksek sıcaklıkta yumuşama eğilimindedirler, Kimyasal etkilere karşı dirençlidirler, Nem emme özellikleri yoktur, Elektriği iletmezler (Murat, 2010).

Kompozit malzemede kullanılan cam elyaf (Şekil 2) [www.kompozit.net](http://www.kompozit.net) internet sitesinden temin edilmiştir. Cam elyaf kumaş 86gr/m<sup>2</sup> ağırlığında ve 0-90° ve bire bir dokuma düzenindedir.



Şekil 2. Cam elyaf

### 3.1.3. Karbon nanotüp

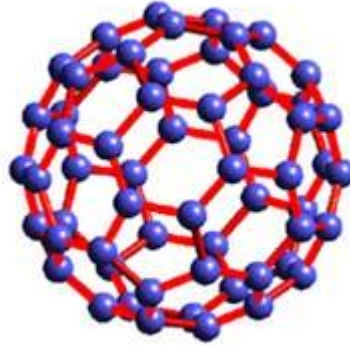
Nanoteknolojinin en önemli konularından biri karbon nanotüplerdir. Karbon nanotüpler önemli elektronik ve mekanik özelliklere sahiptir. Karbon nanotüpler grafit silindirden, karbon atomlarının birleşmesiyle oluşan futbol topu şeklinde yapılardır. Bu topların diğer atom veya moleküllerle yaptığı bileşiklere “fulleren” denir.

Nanotüpler çelikten daha serttir ve plastik kadar esnektir. Enerjiyi şimdiye kadar keşfedilen tüm maddelere göre daha iyi iletirler.

### 3.1.3.1. Karbon Nanotüplerin Tarihsel Gelişimi :

Karbon nanotüplerin bulunması 60 ya da daha fazla karbon atomunun birbirine bağlanmasıyla yaratılan futbol topu (fulleren) şeklindeki moleküllerin keşfiyle 1985 yılında başlamıştır.

R. Buckminster'in fullerenin mimari tasarımı nedeniyle, bu futbol topu şekilli moleküllere "Bucky-Balls" denmektedir. Şekil 3'de Bucky-Balls gösterilmektedir. Böyle topların diğer atom ve moleküllerle yaptığı birleşimler de fullerene olarak adlandırılır. Bu keşfin ardından birçok laboratuvar bucky-ball moleküllerinin sıcak karbon buharından yoğunlaşması için farklı methodlar üzerinde çalışılmıştır ve süreç koşullarında bazı küçük değişiklikler ile çeşitli şekil ve boyutta delikli, kaba ve küresel sonuçlara ulaşılmıştır. Fakat ilk tüpsel moleküller, fullerenin ark-buharlaştırma sentezi sırasında keşfedilmiştir

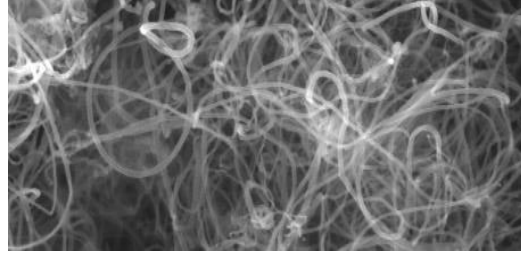


Şekil 3 Bucky- Balls modeli (Anonim 2)

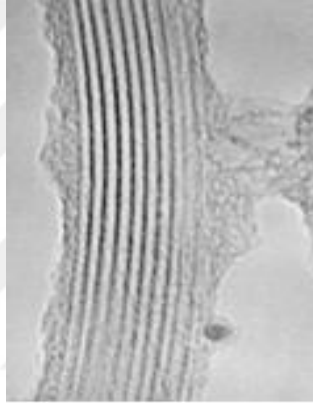
1985 yılında H.W. Kroto, R.E. Smalley (Rice Üniversitesi)'den oluşan bir grup karbon atomlarını izole etmeyi başararak, fullerenin yapısının tümüyle bilinmesine giden ilk adımları atmışlardır. Bu çalışmalarlarıyla 1996 yılında da Nobel Fizik Ödülü'nün sahibi olmuşlardır .

1991 yılında Sumio Iijima nanotüpleri ilk olarak keşfetmiştir. Daha da önemlisi, belirli koşullar altında bu tüpler kendilerini sıçrayan bir Bucky-Ball'un iki yarısıyla birleşerek mühürlemektedir. Kısa süre sonra Iijima'nın laboratuvarlarında ark-buharlaştırma koşulları değiştirilerek daha büyük miktarlarda nanotüplerin nasıl üretileceği gösterilmiştir.

Fakat standart ark-buharlaşma Şekil 4'te gösterildiği gibi sadece çok katmanlı tüpler üretebilmiştir. Bazı araştırmalardan sonra görülmüştür ki grafit elektrotlarına kobalt gibi metallerin eklenmesi ile tek katmanlı son derece iyi nanotüplerin Şekil 5 elde edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 4 ÇDKNT SEM görüntüsü (Anonim 3)



Şekil 5 TDKNT (Anonim 4)

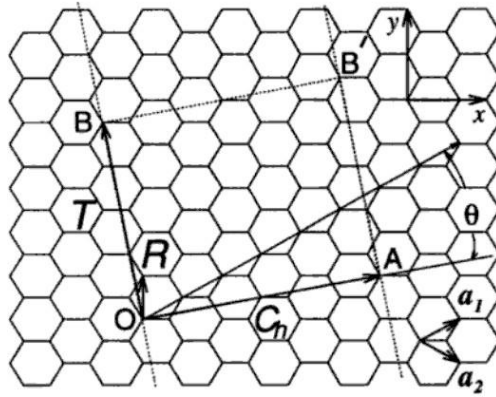
Tek katmanlı nanotüplerin sentezi karbon nanotüplerin gelişiminde temel bir olaydır. Rice niversitesi'ndeki grubun Nobel dll çalışması düzenli tek duvarlı (katmanlı) nanotüp demetleri üretmek için görece etkili bir yol bulmaları karbon nanotüp üzerine miktarsal deneysel çalışmaların yapılması için yeni fırsatlar açmıştır. Bu düzenli nanotüpler bir karbon hedefin 1200 C deki fırın içinde lazerle buharlaştırılması ile hazırlanmıştır.

Daha sonra da Fransa'da yapılan çalışmalarda tek duvarlı benzer nanotüp ışınları bytmek için bir karbon-ark methodu geliştirilmiştir. Burada, düzenli nanotüpler iyonize bir karbon plazmadan da retilenmiştir.

### 3.1.3.2. KNT' lerin yapısı

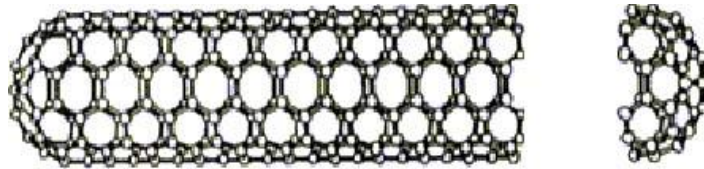
#### 3.1.3.2.1. Yapı tipleri

Yüksek çözünürlüklü mikroskopik tekniklerin kullanımıyla karbon nanotüplerin yapısı keşfedilmiştir. Bu deneyler "armchair", "zig-zag" ve iki boyutlu grafit levhanın nasıl rulo yapıldığına bağlı olan "chiral" olmak üzere üç tip nanotüp olduğunu onaylıyordu. Nanotüpün chiral vektörü,  $C_h$ ,  $C_h = n\hat{a}_1 + m\hat{a}_2$ , olarak tanımlanır.  $\hat{a}_1$  and  $\hat{a}_2$  iki boyutlu hegzaonal örgüde birim vektörleridir ve n ve m tamsayılarıdır (Şekil 6)



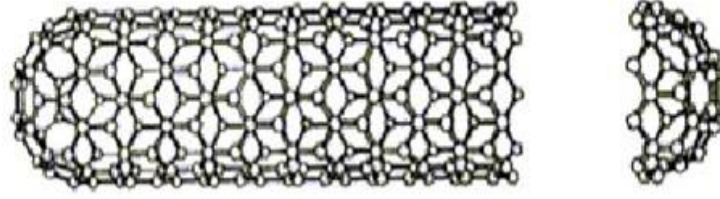
Şekil 6 KNT giriş açısı ve birim vektörler (Anonim 5)

Bir başka önemli parametre ise chiral (kiriş) açısıdır (Şekil 6). Grafit levha nanotüpünün silindirik kısmını oluşturmak üzere yukarı yuvarlandığında chiral vektörünün uçları birbiriyle birleşir. Böylece chiral vektörü, nanotüpün dairesel kesitinin çevresini oluşturur. m ve n'nin farklı değerleri için farklı nanotüp yapıları oluşur. Armchair nanotüpler  $n=m$  ve chiral açı  $30^\circ$  olduğunda oluşur (Şekil 7).



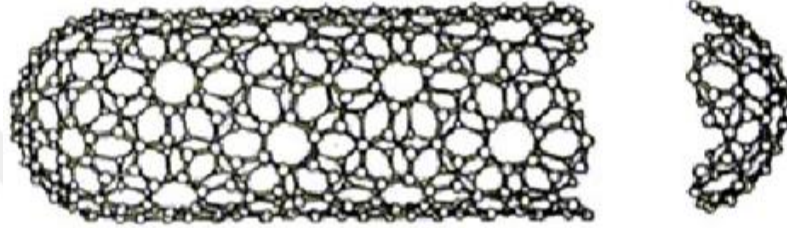
Şekil 7. Armchair nanotüp modeli (Anonim 6)

Zig-zag nanotüpler m ya da n'den biri sıfır ve chiral açısı  $0^\circ$  olduğunda oluşur (Şekil 8).



Şekil 8 Zig zag nanotüp modeli (Anonim 6)

Chirial açısının  $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$  arasında değer aldığı diğer tüm nanotüpler chirial nanotüpler olarak adlandırılır (Şekil 9).



Şekil 9. Chirial nanotüp modeli (Anonim 6)

Karbon nanotüpler tesadüfen keşfedilmiş olmasına rağmen dünyanın her bir yanında özellikleri yoğun bir şekilde araştırılmaya başlanmıştır. Böylece bilim adamları karbon nanotüplerin nano ölçekte birçok fiziksel, kimyasal, yapısal, elektronik, ve optik özellikleri olduğunu keşfetmiştir.

#### 3.1.3.2.2. Açık Uçlu ya da Kapsül

Nanotüp üretmek için yuvarlanmış grafit tabakalarının sayısına göre çok duvarlı ve tek duvarlı nanotüpler olarak bilinen iki tür nanotüp vardır.

Tek duvarlı nanotüpler üzerinde fiziksel ölçüm yapmanın zorluğu nedeniyle, tüpsel demetler üzerinde yapılmış birkaç çalışma bulunmaktadır. Teorik çalışmalar karbon nanotüplerin fiziki özelliklerinin büyük oranda tüpsel çapa bağlı olduğunu göstermiştir. Aslında tek duvarlı nanotüpler koşulların hazırlanışına bağlı olarak çok daha dar bir çap dağılımına sahiptir.

Karbon nanotüplerin bir başka yapısal özelliği de tüp kapsülleri ile ilgilidir. Nanotüpler kapsül ya da açık uçlu olabilirler. Birçok karbon nanotüp uzun silindirin



uçlarında sürekli uyan karbon kabuklarca kaplanır. Sadece altıgen ve beşgenden oluşan olası kapsüllerin sayısı (n,m) ile tanımlanır.

Kompozit malzemede kullanılan ÇDKNT'ler (Şekil 10) NANOCLY firmasından temin edilmiştir. ÇDKNT'ler kimyasal buhar biriktirme yöntemiyle üretilmiştir. Üretici firmadan alınan bilgilere göre KNT'ler 10-50 nm çapında ve 10-30 µm uzunluğundadır ayrıca %90 saflıktadır. Şekil 10'da deneysel çalışmada kullanılan ÇDKNT'lerin görüntüsü verilmiştir.



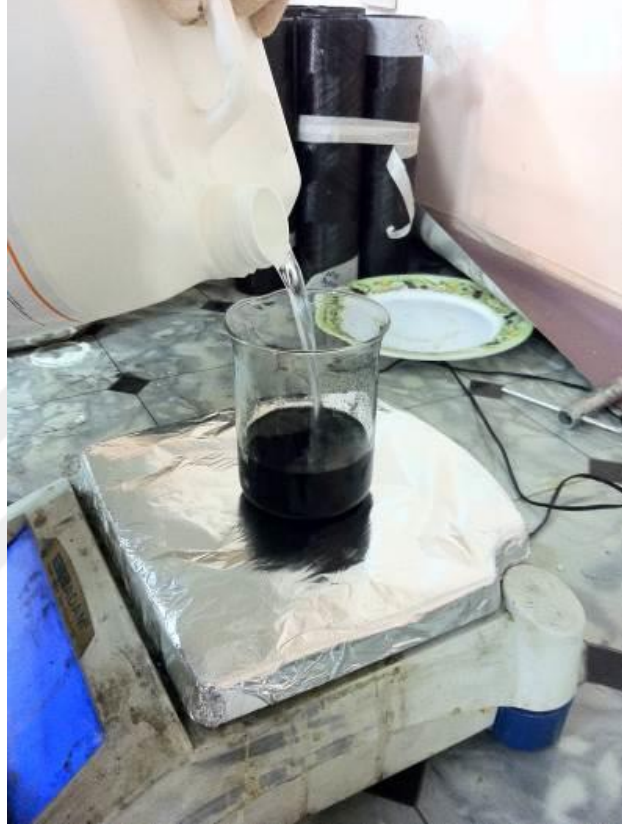
Şekil 10. ÇDKNT görüntüsü

### 3.2. Yöntem

Yüksek yoğunluklu S0464 polietilen, KNT, cam elyaf materyalleri kullanılarak deneysel çalışma yapılmıştır. Yöntem olarak; KNT takviyeli YYPE (S0464) matrisli kompozit malzeme karışımı homojen bir şekilde hazırlanmasının akabinde, sıcak presle plaka olacak halde şekillendirilmiştir. KNT takviyeli bu kompozit plakaların arasına cam elyaf yerleştirilmiştir. Elde edilen kompozit plakalar ASTM kompozit malzeme numune standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Bu numuneler testlere tabi tutularak mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

Araştırmalar deneysel çalışmayla yrtlmştir. Başlıca yöntemler aşağıda verilmiştir.

ÇDKNT'ler öncelikle hassas terazi ile tartılmıştır. ÇDKNT'lerin bulunduğu kaba, ÇDKNT oranı %1 olacak şekilde aseton ilave edilmiştir (şekil 11) ve ultrasonik prob yardımıyla KNT'ler aseton içerisinde homojen olarak dağıtılmıştır.



şekil 11 ÇDKN'lere aseton eklenmesi

Ultrasonik proba dağıtılma işlemi 5 dakikalık periyotlarla 3 seferde toplamda 15 dakika karıştırılarak sağlanmıştır (şekil 12). Aseton ve KNT karışımı, YYPE ile manyetik karıştırıcıda %1 oranında bir araya getirilerek 60°C' de aseton buharlaşana kadar karıştırılmıştır (şekil 13). Asetonun buharlaşmasıyla KNT' ler YYPE granüllerinin üzerine yapışmıştır (şekil 14).



Şekil 12 ÇDKNT'lerin ultrasonic proba karıştırılması



Şekil 13 Isıtmalı manyetik karıştırma işlemi



Şekil 14. YYPE'nin yüzeyindeki ÇDKNT'ler

Üzerine KNT yapışmış YYPE granülleri, çift vidalı ekstruderden geçirilerek homojen karışım elde edilmiştir. Ekstruder cihazının markası AYSA Makine İstanbul, ve modeli Aysa AES Lab-30 model ikiz vidalıdır (Şekil 15-16).

Ekstruderin L/D oranı:32, Vida çapı:22 mm

Ürün işleme parametreleri: Sıcaklıklar baş taraftan uç kalıba doğru: 200-205-212-220-225-230 °C'dir, Vida devri: 70 d/dk.



Şekil 15 Ekstruder cihazı



Şekil 16 Ürünün ekstruderden çıkışı

Polimer kırıcı makine bilgileri: Sena Makine A-35, Rotor çapı: 150 mm, Rotor uzunluğu:350 mm (Şekil 17).



Şekil 17 Polimer kırıcı cihaz

Ekstruderden elde edilen YYPE (Şekil 18), sıcak preste 190°C' de baskı uygulanarak levha haline (Şekil 20) getirilmiştir.



Şekil 18 Kırıcıdan çıkan ürün



Şekil 19 Sıcak preste levha haline getirilen YYPE

YYPE granülleri sıcak preste sıkıştırılırken yapışmaması için beyaz teflon ayırıcı yüzey kullanılmıştır Şekil 21. 2 x 170x170 mm ebadında çerçeve kalıp kullanılmıştır (Şekil 20- 22). Şekik 23' plakaların üretildiği sıcak press cihazı gösterilmiştir.



Şekil 20 Beyaz teflon



Şekil 21 Çerçeve kalıp



Şekil 22 Beyaz teflon ayırıcı yüzey ve çerçeve kalıp





Şekil 23 Sıcak press cihazı

YYPE granülleri sıcak preste 5 dakikalık aralıklarla kademeli olarak sıkıştırılmıştır 150°C' ye düşürülerek tam olarak sıkıştırılmıştır. Bu yöntemle plakaların içerisinde hava kabarcığı kalması engellenmiştir. İki polietilen plakanın arasına cam kumaş yerleştirilerek aynı yöntemle tekrar sıcak preste basılmıştır. Bu şekilde hibrit kompozit elde edilmiştir. Sıcak preste baskı aynı yöntemle saf YYPE' e de uygulanmıştır ve sonuç olarak; YYPE, cam elyaf takviyeli YYPE, KNT takviyeli YYPE, KNT ve cam elyaf takviyeli YYPE olmak üzere dört çeşit plaka üretilmiş bunların mekanik özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çekme ve darbe testleri uygulanacak numuneler sırasıyla ASTM standartlarına uygun kesilmiştir. Değişen parametrelere göre elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

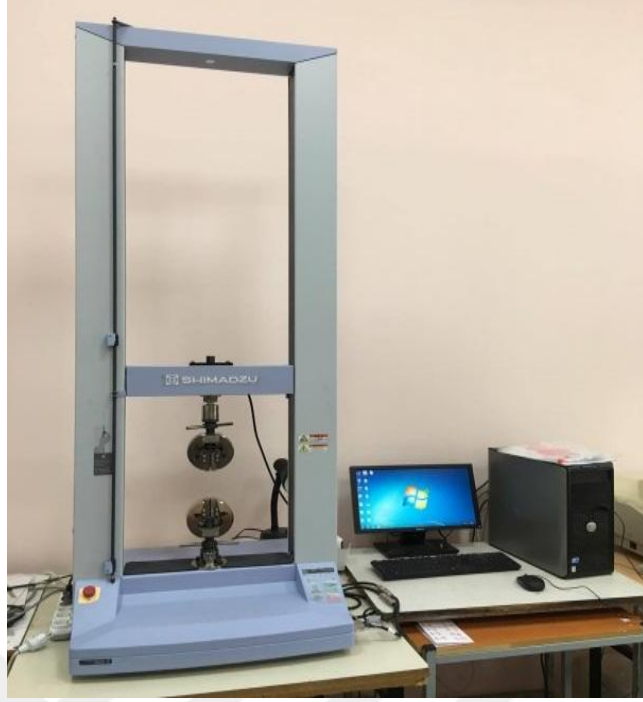
### 4.1. Çekme deneyi

YYPE, %1 ÇCKNT/YYPE, cam elyaf/YYPE ve %1 ÇCKNT/cam elyaf/YYPE olan plakalardan numuneler ASTM 630 standardına göre CNC tezghinde iŐlenerek Şekillendirilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24 CNC Cihazında Şekil verilen çekme numuneleri

Çekme deneyi Selçuk niversitesi laboratuvarında yapılmıştır. Çekme deneyi Shimadzu AGS-X 10 kN kapasiteli cihazda yapılmıştır (Şekil 25- 26).

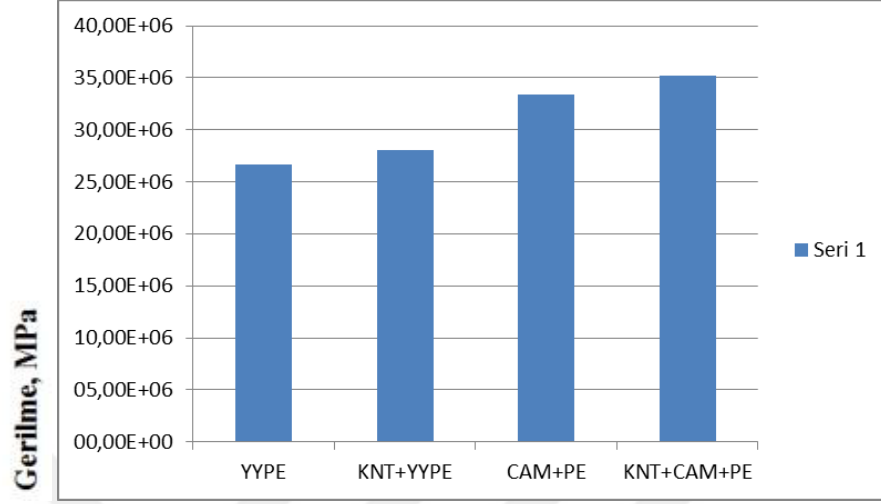


Şekil 25 Çekme cihazı



Şekil 26 Çekme cihazı çenesi

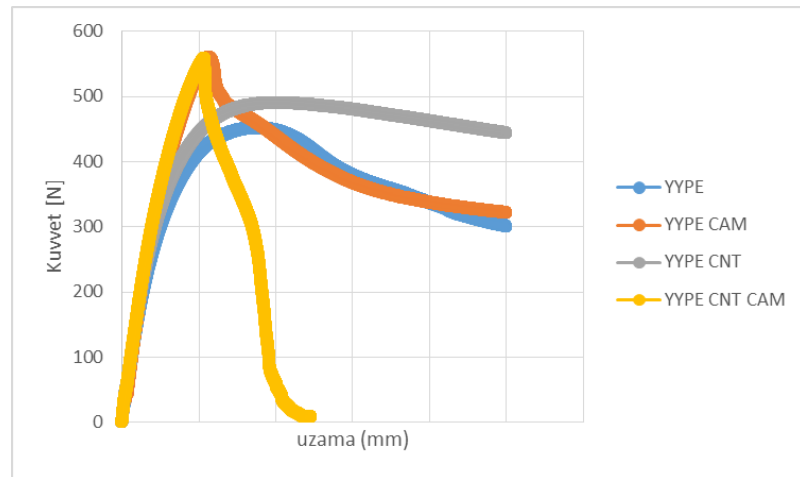
Şekil 27’de çekme deneyi sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 27 Çekme deneyi akma değerleri

YYPE için akma değeri 26.71 MPa iken %1 oranında ÇCKNT eklendiğinde %4.49 oranında bir mukavemet artışı ile 28.03 MPa elde edilmiştir. Benzer şekilde YYPE’ye cam elyaf tabaka eklendiğinde mukavemet %24.85 oranında artmaktadır. ÇDKNT ve YYPE karışımı cam elyaf ile takviye edildiğinde ise saf YYPE’ne göre mukavemette %31.78 değerinde bir artış gerçekleşmiştir.

Şekil 28’de dört farklı malzemeye ait kuvvet- uzama diyagramı görülmektedir.



Şekil 28 Kuvvet- uzama karşılaştırmalı grafiği

YYPE akma sınırından itibaren sünek bir davranış göstermiştir. YYPE içerisinde cam elyaf takviyesiyle, malzeme gevrekleşek akma noktası yükselmiştir ancak matrisin YYPE olmasından dolayı sünek bir özellik göstermiştir. ÇCKNT takviyesi ile malzemenin akma noktası yükselmiştir. YYPE matrisli ÇCKNT ve cam elyaf takviyeli malzemede ise karbon nanotüplerin ve cam elyafın bir arada kullanılmasıyla malzeme gevrek davranış göstermiştir. Burada uzamanın aniden düşmesi; karbon nanotüplerin topaklanması ve çekme işlemi sırasında çentik etkisi yaparak hızlı bir şekilde kopmasına sebep olduğu düşünülmektedir.



#### 4.2. İzod deneyi

Darbe direncini tesbit etmek için YYPE, %1 KNT/YYPE, cam elyaf/YYPE ve %1 KNT/cam elyaf/YYPE olan plakalardan 10 adet numune deneye tabi tutulmuştur (Şekil 28-29).

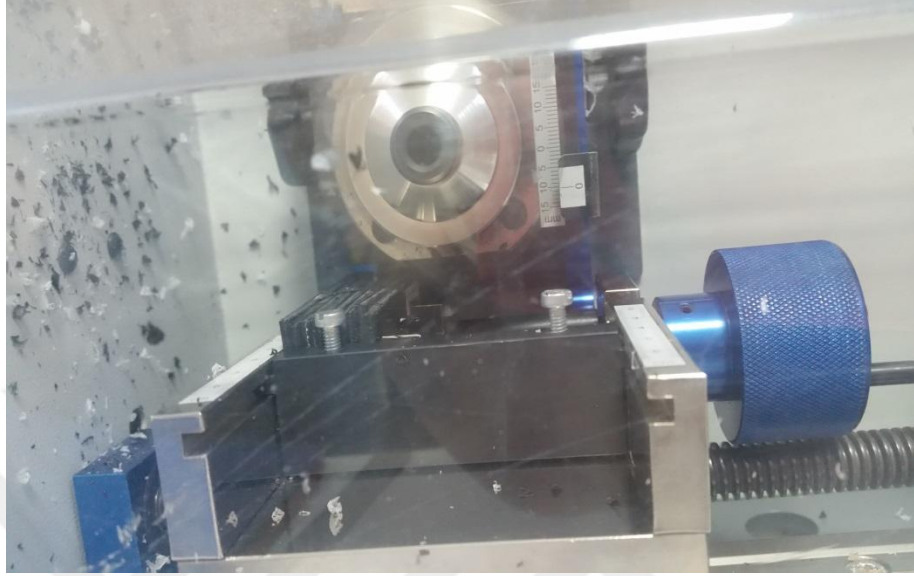


Şekil 29 İzod deneyi numunesi YYPE



Şekil 30 İzod deneyi numunesi % 1 KNT/cam elyaf/YYPE

Çentik açma cihazı Şekil 30 da verilmiştir. Şekil 31 de numunenin cihaza yerleştirilmesi gösterilmiştir.

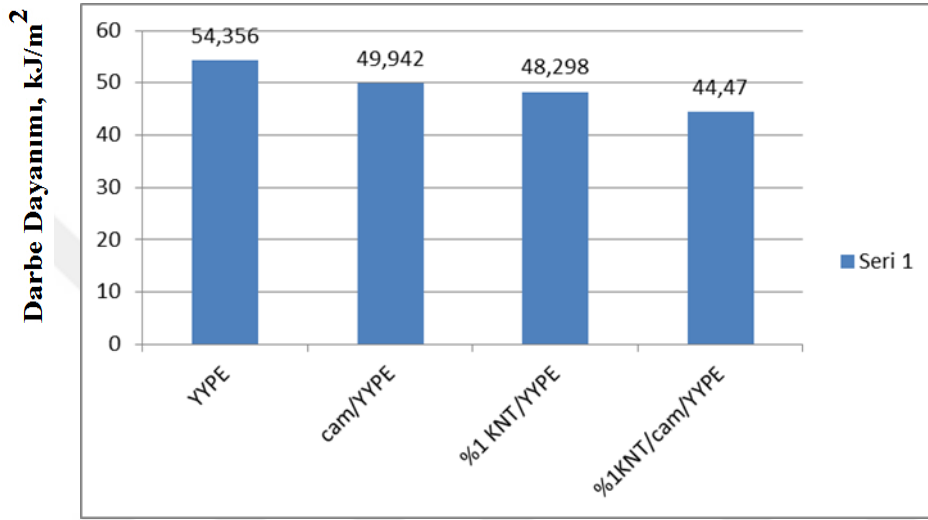


Şekil 31 Çentik açma cihazı



Şekil 32 Numunenin izod deneyi cihazına yerleştirilmesi

YYPE, cam elyaf/YYPE, %KNT/YYPE, %1KNT/cam elyaf/YYPE malzemelerin izod deneyi sonuçları  $\text{kJ/m}^2$  cinsinden karşılaştırmalı olarak şekil 32’de verilmiştir.



Şekil 33 İzod deney sonuçları

Tüm takviye türlerinde darbe dayanımında bir azalma görülmektedir. Saf YYPE ‘nin darbe enerjisi  $53,9562 \text{ kJ/m}^2$  dir. Cam elyaf takviyeli YYPE’nin darbe enerjisi %8,12 düşüş göstererek  $49,942 \text{ kJ/m}^2$  olmuştur. %1 KNT/YYPE’nin darbe enerjisi ise %11,14 düşerek düşerek  $48,298 \text{ kJ/m}^2$  olmuştur. %1 KNT/cam elyaf/YYPE malzeme türünde ise %18,187’lik bir düşüş görülerek  $44,47 \text{ kJ/m}^2$  olmuştur.

YYPE zincirleri arasında KNT’ler girerek, YYPE zincirlerini uzatmışlar ve YYPE molekülleri arasındaki mesafeyi arttırmışlardır. Dolayısıyla zincirlerin birbiri arasındaki etkileşimi azalmıştır. YYPE ve KNT arasındaki yapısal uyumsuzluklar ve darbe kırılma yüzeyinde belirli bölgelerde KNT yığılmaları olmuş ve KNT’ler çatlak başlatıcı rol üstlenmiş olabilir. Bu sebeplerden dolayı bu tür nano kompozitler çentikli darbe deneyinde ve ani darbelere maruz kaldıklarında çatlak oluşumu hızla

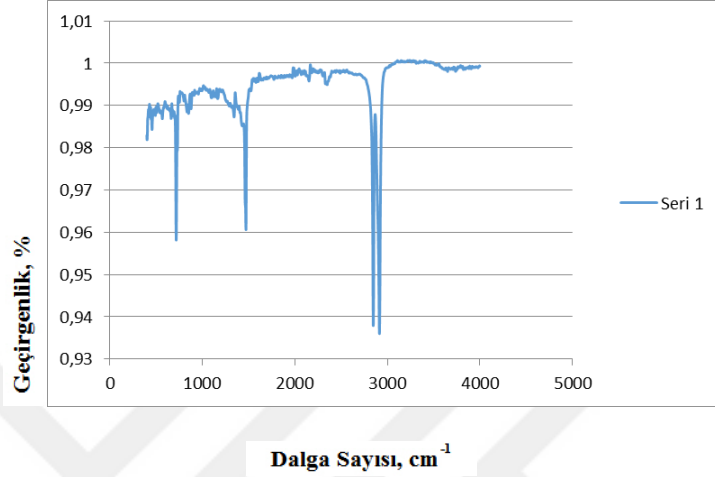


gerçekleŖecektir ve çok az dŖŖk darbe enerjisi absorbe edilecektir. Bu durumda darbe tokluğu azalacaktır (Sepet 2014).



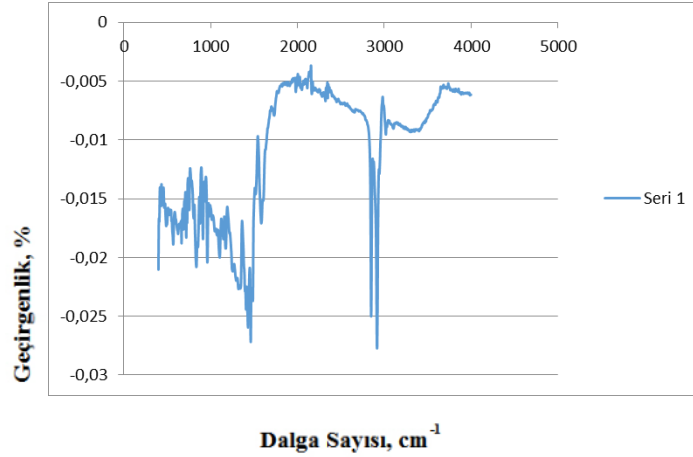
### 4.3. FTIR Analizi

Saf YYPE, cam/YYPE, KNT/YYPE, KNT/cam/YYPE gruplarından hazırlanan numunelere FTIR analizleri yapılmıştır. Sonuçlar şekil 34’de verilmiştir.



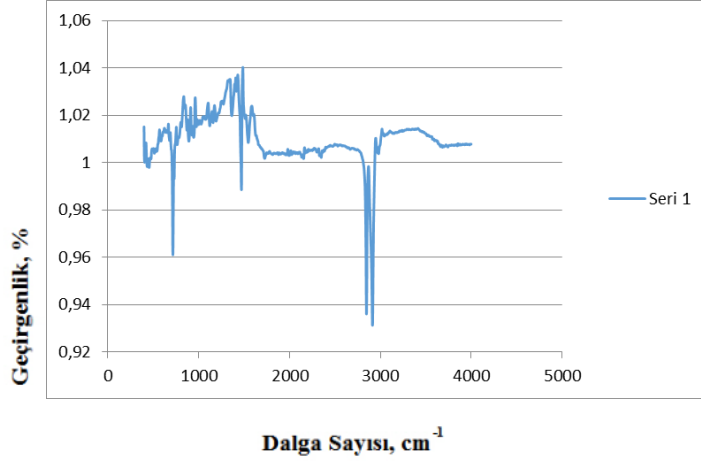
Şekil 34 YYPE FTIR analizi

YYPE’ nin FTIR analizi incelendiğinde, 2912,15 cm<sup>-1</sup>, 2847,72 cm<sup>-1</sup> ve 1461,86 cm<sup>-1</sup> bandındaki absorpsiyon pikleri kuvvetli C-H bağ gerilimini göstererek YYPE olduğunu doğrulamıştır.



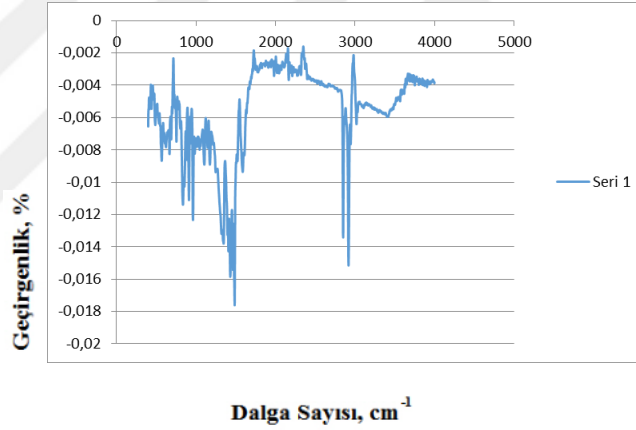
Şekil 35 Cam/YYPE FTIR analizi

Cam elyaf takviyeli YYPE’nin FTIR spektrumunda 401,14 cm<sup>-1</sup>, 829,28 cm<sup>-1</sup>, 1184,14 cm<sup>-1</sup> bandındaki absorpsiyon pikleri kuvvetli oksit (Al, Mg, Si, vb.) bağ gerilimlerini göstermektedir.



Şekil 36 KNT/YYPE kompozit malzemenin FTIR analizi

923,79  $\text{cm}^{-1}$  ve 841,73  $\text{cm}^{-1}$  bandındaki absorpsiyon pikleri kuvvetli C-O ve C-O-H bağ gerilimlerini, 792,77  $\text{cm}^{-1}$  bandındaki absorpsiyon piki yüksek C-C bağ gerilimini, 717,43  $\text{cm}^{-1}$  bağ gerilimini göstermektedir.



Şekil 37 Cam/KNT/YYPE kompozitin FTIR analizi

Üç malzemenin birlikte kullanılmasıyla elde edilen kompozit malzemenin FTIR analizi yukarıdaki sonuçları doğrulamaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 4 farklı tipte kompozit malzeme üretilmiş olup akma değerleri çekme deneyi ile darbe enerjisi izod deneyi ile elde edilmiştir. Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde YYPE'e %1 oranında ÇCKNT katıldığında akma değerlerinde

artış, cam ile takviye edildiğinde de artış görülmektedir. Her ikisi birlikte kullanıldığında da bu artış gözlenmiştir. Takviye malzemelerinin yapısına bakıldığında hem ÇCKNT hem de cam elyafın gevrek bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Bu durumda her iki takviye malzemesi de kompozit malzemenin gevrekliğini arttırarak akma değerlerinde artışa sebep olduğu görülmüştür.

Darbe enerjilerine bakıldığında ise gevreklik artışıyla ters orantılı olarak değerlerde düşme görülmektedir.

Her iki farklı deney sonuçları birlikte değerlendirildiğinde birbirini tamamladığı görülmektedir.

YYPE içerisine farklı oranlarda KNT katılarak polimer üzerindeki etkileri araştırılabilir. Ayrıca takviye malzemesi olarak cam elyaf kumaş yerine karbon elyaf kumaş kullanılarak, aynı şartlar altında deneyler yapıp, değişen bu parametrelerin etkilerinin incelenmesi önerilir.

## KAYNAKLAR

Abhrajit Chatterjee<sup>1</sup>, Khairul Alam<sup>1</sup>, and Peter Klein<sup>2</sup> Electrically Conductive Carbon Nanofiber Composites with High-Density Polyethylene and Glass Fibers

Alexandre, M., Dubois, P., Polymer-Layered Silicate Nanocomposites: Preparation, Properties and Uses of a New Class of Materials, Materials Science and Engineering R:Reports A Review Journal, 28, 1-63, 2000

Anonim 1 <http://tr.wikipedia.org/wiki/HDPE> 2009

Anonim 2 [http://ethw.org/Discovering\\_the\\_Buckyball](http://ethw.org/Discovering_the_Buckyball) 05.05.2016

Anonim 3 <http://www.imatproject.eu/en/technology-111/carbon-nanotubes-124> 05.05.2016

Anonim 4 <http://kurir.blog.hu/> 05.05.2016

Anonim 5 <http://www.gaby-slavcheva.co.uk/contact-us/optical-activity-of-a-carbon-nanotube> 05.05.2016

Anonim 6 <http://teachmen.ru/others/Laboratory/Belenkov/Belenkov.php> 05.05.2016

Bartczak, Z., Effect of Chain Entanglements on Plastic Deformation Behavior of Linear Polyethylene, Macromolecules 38, 7702-7713, 2005

Brian B. Johnson, Michael H. Santare, John E. Novotny, Suresh G. Advani, Wear behavior of Carbon Nanotube/High Density Polyethylene Composites, Mechanics of Materials, Elsevier Science, 41;1108-1115, 2009

Durmuş, A., Poliolenin Nanokompozitlerin Hazırlanması, Doktora tezi, İstanbul, 2006

Düşünceli, N., Çolak, Ö. Ü., İmalat Yöntemlerinin Yüksek Yoğunluklu Polietilen'in (YYPE) Tek Eksenli Çekme Davranışı Üzerindeki Etkisi, 8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2007

F. Tian, C.N. He Processing and mechanical properties of carbon nanotube–alumina hybrid reinforced high density polyethylene composites Materials Research Bulletin 46 (2011) 1143–1147

Jinhong Du, Long Zhao, You Zeng, Lili Zhang, Feng Li, Pengfei Liu, Chang Liu Comparison of electrical properties between multi-walled carbon nanotube and

graphene nanosheet/high density polyethylene composites with a segregated network structure CARBON 49 (2011) 1094 –1100

Juan Hu , Zhong-Wu Wang , Shan-Ming Yan , Xue-Qin Gao , Cong Deng , Jie Zhang & Kai-zhi Shen The Morphology and Tensile Strength of High Density Polyethylene/Nano-Calcium Carbonate Composites Prepared by Dynamic Packing Injection Molding Polymer-Plastics Technology and Engineering 2012 Polymer-Plastics Technology and Engineering, 51:11, 1127-1132, DOI:10.1080/03602559.2012.679722

Joong-Hee Lee, Sung Kwan Kima and Nam Hoon Kim Effects of the addition of multi-walled carbon nanotubes on the positive temperature coefficient characteristics of carbon-black-filled high-density polyethylene nanocomposites Scripta Materialia 55 (2006) 1119–1122

Kara, M., Düşük Hızlı Darbeye Maruz Tabakalı Kompozitlerin Dinamik Cevabı, Yüksek lisans tezi, Konya, 2006

Le Baron, P.C., Wnag, Z., Pinnavaia, T.J., Polymer-Layered Silicate Nanocomposites: An Overview, Applied Clay Science, 15, 11-29, 1999

Manap, D., Yüksek Yoğunluk Polietilen Malzemesinin Çekme ve Çarpma Deneyleleriyle Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Bitirme projesi, İzmir, 2007

Menceloğlu, Y. Z., Kırca, M. B., Uluslararası Rekabet Stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye, TÜSİAD Rekabet Stratejileri Dizisi-11, (Yayın No. TÜSİAD-T/2008-11/474), İstanbul, 2008

Murat MİRİK Karbon Nanotüp Takviyeli Yüksek Yoğunluklu Polietilen (Yype) Nanokompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması - Yüksek Lisans Tezi -Makina Eğitimi Anabilim Dalı otomotiv Eğitim - Konya, 2010

Murray, H.H., Overview-Clay Mineral Applications, Applied Clay Science, 5, 379-395, 1991

Okada, A., Kawasumi, M., Kurauchi, T., Kamigaito, O., O.Poly.Prep., ACS Div. Polym. Chem., 28 (2), 447-450, 1987

Seguela, R., “Critical Review of the Molecular Topology of Semicrystalline Polymers: The Origin and Assessment of Intercrystalline Tie Molecules and Chain Entanglements”, Journal of Polymer Science PartB: Polymer. Physics, 43:1729 1748, 2005

Sharifzadeh, M., Nanotechnology Sector Report, Cronus Capital Markets, 1st Quarter, 2006

Shepherd J. E., McDowell D. L. ve Jacob K. I., Modeling Morphology Evolution and Mechanical Behavior During Thermo-Mechanical Processing of Semi-crystalline Polymers, *Journal of Mechanics and Physics Solids*, 54:467-489, 2006

Wenzhong Tang, Michael H. Santare, Suresh G. Advani M elt processing and mechanical property characterization of multi-walled carbon nanotube/ high density polyethylene (MWNT/HDPE) composite films *Carbon* 41 (2003) 2779–2785

Wright, R. E., Reinforcet Plastics and Compozites Chartes 2, Harper C.A., *Modern Plastic Handbook*, 2000

Zhang, C., Nonlinear Mechanical Response of High Density Polyethylene in Gravity Flow Pipes, Ph.D. Thesis, The University of Western Ontario , Ontario, 1996



## ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimimi İskenderun Kurtuluş İlköğretim okulunda tamamladım. İskenderun İbni Sina Anadolu Lisesinden mezun oldum. Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme mühendisliğinde lisans eğitimimi tamamladım. Bitirme ödevimde kimyasal buhar biriktirmeyle çok duvarlı karbon nanotüp üretimi konusunda deneysel çalışma yaptım. İngilizce eğitimi için İngiltereye dil okuluna gittim. Kahraman Sarsılmaz Makine Sanayi Ltd Şti okulu bitirdiğim ilk yıl çalıştım, Tuv Austria Türk firmasında endüstriyel inspektör olarak görev aldım. 2013 – 2014 eğitim öğretim yılı içerisinde Mustafa Kemal Üniversitesi'ne bağlı Dört Yol Meslek Yüksek Okulunda öğretim elemanı olarak görev yaptım. 2015 Haziran – 2016 Mart dönemi arasında BP tarafından, uluslararası bağımsız denetim firması olan DNV GL adına TEKFEN Ceyhan tesislerinde üretilen Shah Deniz 2 projesinin denetimini gerçekleştirdim. Halen DNV GL' ye bağlı olarak proje bazında bağımsız denetim yapmaktayım.