T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DOLGU MADDELİ PVC KOMPOZİT MALZEMELERİNİN ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Esra BAYDAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2016
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Esra BAYDAR

Tarih: 30.05.2016

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DOLGU MADDELİ PVC KOMPOZİT MALZEMELERİNİN ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Esra BAYDAR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin DEVECİ

2016, 93 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Hüseyin DEVECİ
Prof. Dr. Gülnare AHMETLİ
Doç. Dr. Ahmet Özgür SAF

Yapılan bu çalışmada; farklı dolgu maddelerinin polivinil klorür (PVC) kompozit malzemelerin termal ve fiziko-mekanik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. PVC kompozit malzemeler, endüstriyel ölçekte üretim yapabilen bir ekstrüzyon makinesinde hazırlanmıştır. PVC kompozit malzemelerin üretiminde kütlece farklı oranlarda kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) ve kütlece farklı oranlarda (%6, %9, %12, %15) baryum sülfat ($BaSO_4$), karbon siyahı (KS), kaolin ve yer fıstığı kabuğu (YFK) dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Ayrıca $CaCO_3$ ile diğer dolgu maddeleri %50 oranında karıştırılarak farklı kompozit malzemeler üretilmiştir. Elde edilen numunelerin analiz değerlerinin yorumlanmasında sektörde standart dolgu maddesi olarak $CaCO_3$'ün kullanıldığı numuneler referans alınmış olup sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Hazırlanan kompozitlerin termal ve fiziko-mekanik özelliklerinin karakterizasyonunda yoğunluk tayini, kalıcı termal uzamanın tayini, termal stabilite tayini, vicat yumuşama sıcaklığı (VYS) tayini, soğukta darbe mukavemet tayini, kaynaklı köşe mukavemet deneyi, charpy darbe mukavemet tayini, sertlik (Shore D) analizleri uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre kullanılan dolgu maddeleri, profillerin termal dayanımında artışa neden olurken darbe mukavemeti değerlerinde düşmeye neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Baryum sülfat, kalsiyum karbonat, kaolin, karbon siyahı, PVC, yer fıstığı kabuğu

ABSTRACT

MS THESIS

TEZ BAŞLIĞININ İNGİLİZCE'SİNİ BURAYA YAZINIZ

Esra BAYDAR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CHEMICAL ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin DEVECİ

2016, 93 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin DEVECİ
Prof. Dr. Gülnare AHMETLİ
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Özgür SAF

In this study, the effects of various fillers on thermal and physico-mechanical properties of polyvinyl chloride (PVC) composites were examined. PVC composite materials were produced by an industrial scale extruder. During the production of PVC composite materials, different amounts calcium carbonate ($CaCO_3$) and barium sulphate ($BaSO_4$), carbon black (CB), groundnut hull (GH) (6%, 9%, 12 %, 15 %) were used. Furthermore, different composite materials were produced by the mixture of $CaCO_3$ and other fillers in amounts of 50%, respectively. In the assesment of the analysis, the samples containing $CaCO_3$ were taken as referance samples and the other results were compared with each other.

In the characterization of properties of the composite materials prepared, density, heat reversion, thermal stability, vicat softening temperature, impact resistance at low temperature, weldability, charpy impact resistance, hardness (Shore D) tests were implemented.

According to the results obtained, fillers used have increased the thermal resistance of PVC composite materials, on the other hand partly decreased the physico-mechanical resistance of them.

Keywords: Barium sulphate, calcium carbonate, carbon black, groundnut hull, kaolin, PVC.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım süresince gösterdiği her türlü yardım ve destekten dolayı saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin DEVECİ'ye en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yapılmasındaki yardımlarının yanısıra, gerek eğitim hayatımda gerekse iş hayatımda olmak üzere her konuda benden desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerini paylaşan Kim. Yük. Müh. Sancaktar DURAK' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımın sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Gülcihan GÜZEL ve Elif YILMAZ'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tezimle ilgili deneysel çalışmalarım için gerekli izin ve imkanı sağlayan PAKPEN A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanımız Sayın Mehmet TUZA'ya ve değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak tüm hayatım boyunca yanımda olan, bana gösterdikleri ilgi ve desteklerinden dolayı babam Özkan BAYDAR'a, annem Gülsen BAYDAR'a, kardeşlerim Yusuf Eren BAYDAR ve Berna BAYDAR'a minnettarlığımı ifade etmek isterim.

15201027 proje no'lu proje kapsamında sağladıkları desteklerden dolayı Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Esra BAYDAR
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **x**

ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL KISIMLAR **4**

2.1. Polimerlerin Genel Tanımı 4
2.2. Polimerlerin Tarihçesi 5
2.3. Polimerlerin Termal Davranışlarına Göre Sınıflandırılması 5
2.3. Plastikleri İşleme Yöntemleri 7
2.4. Polimerlerin Termal Özellikleri ve Karakterizasyonu 11
2.5. Kompozit Malzemeler 13
2.5.1. Matris türüne göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması 14
2.5.2. Kompozit malzemelerin dolgu maddesi türüne göre sınıflandırılması 15
2.6. Polivinil Klorür (PVC) 21
2.6.1. PVC üretim yöntemleri 25
2.6.2. PVC'de kullanılan dolgu maddeleri 27
2.7. PVC Profil Üretimi 31
2.7.1. PVC profil üretiminde kullanılan hammaddeler 31
2.7.2. PVC profil üretim aşamaları 33

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI **38**

4. MATERYAL VE YÖNTEM **43**

4.1. Kimyasal Maddeler 43
4.2. Yöntemler ve Cihazlar 47
4.2.1. Profil üretim aşamasında kullanılan cihazlar 47
4.2.2. Analizlerde Kullanılan Cihazlar 48
4.3. Kompozitlerin Hazırlanması 54
4.4. PVC Kompozitlerinin Karakterizasyonu 56
4.4.1. Yoğunluk 56
4.4.2. Kalıcı termal uzamanın tayini 57
4.4.3. Termal stabilite tayini 57
4.4.4. Vicat yumuşama sıcaklığı tayini 58
4.4.5. Soğukta darbe muvemeti tayini (kütle düşürme metodu) 58

4.4.6. Kaynaklı köşelerin mukavemeti deneyi 58
4.4.7. Charpy darbe mukavemeti tayini 59
4.4.8. Sertlik (Shore D) testi 61

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 62

5.1. Yoğunluk Tayini 62
5.2. Kalıcı Termal Uzama Tayini 63
5.3. Termal Stabilite Tayini 64
5.4. Vicat Yumuşama Sıcaklığı Tayini 65
5.5. Soğukta Darbe Mukavemeti Deneyi (Kütle Düşürme Metodu) 66
5.6. Kaynaklı Köşe Mukavemet Deneyi 68
5.7. Charpy Darbe Mukavemet Deneyi 69
5.8. Sertlik (Shore D) Testi 70

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 72

7. KAYNAKLAR 76

ÖZGEÇMİŞ 81

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$CaCO_3$:	Kalsiyum karbonat
TiO_2:	Titanyum dioksit
$BaSO_4$:	Baryum sülfat
g:	gram
°C:	Derece (sıcaklık)
T_g:	Camsı geçiş sıcaklığı (°C)
N:	Newton
kj:	Kilo joule
m^2:	Metre kare
Mpa:	Megapaskal
cm^3:	Santimetreküp
µm:	Mikrometre
mm:	Milimetre
dm^2:	Desimetre kare

Kısaltmalar

Ca-Zn:	Kalsiyum çinko
KS:	Karbon siyahı
PVC:	Polivinil klorür
UV:	Ultraviyole
VYS:	Vicat yumuşama sıcaklığı
YFK:	Yer fıstığı kabuğu
YL:	Yüksek Lisans
FBE:	Fen Bilimleri Enstitüsü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Polimerlerin termal davranışına göre sınıflandırılması 6
Şekil 2.2. Enjeksiyon ünitesinin elemanları..... 8
Şekil 2.3. Termoforming ile şekillendirilmiş kapı..... 9
Şekil 2.4. Kalenderleme yöntemi ile plastiğin işlenmesi..... 10
Şekil 2.5. Döner kalıplama 11
Şekil 2.6. Camsı geçiş sıcaklığı termogramı..... 12
Şekil 2.7. Sentetik ve doğal liflerin sınıflandırılması 16
Şekil 2.8. Kaolinin şematik görünümü 29
Şekil 2.9. PVC profil karışımlarının hazırlanması..... 31
Şekil 2.10. TiO_2 yarı iletkene ait kristal formları 32
Şekil 2.11. PVC profil üretiminin şematik gösterimi 34
Şekil 2.12. Besleme hunisi..... 34
Şekil 2.13. Ekstrüder makinası 35
Şekil 2.14. Ekstrüder vidası..... 36
Şekil 2.15. Ekstrüzyon kalıbı..... 36
Şekil 2.16. Kalibre ünitesi..... 37
Şekil 4.1. Sıcak ve soğuk mikser..... 47
Şekil 4.2. Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı..... 48
Şekil 4.3. Yoğunluk cihazı..... 49
Şekil 4.4. Vicat yumuşama sıcaklığı tayini cihazı..... 49
Şekil 4.5. Charpy darbe mukavemeti tayini cihazı 50
Şekil 4.6. Charpy çentik açma aparatı 50
Şekil 4.7. Kaynaklı köşe mukavemeti tayini cihazı..... 51
Şekil 4.8. Kaynaklı köşe makinası..... 51
Şekil 4.9. Darbe cihazı..... 52
Şekil 4.10. Sertlik ölçüm cihazı..... 53
Şekil 4.11. Termal stabilite cihazı 54
Şekil 4.12. Kaynaklı köşe numunesi..... 59
Şekil 4.13. Charpy darbe mukavemeti numuneleri..... 59
Şekil 4.14. Deney numunesinin cihazda yerleşimi 60

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Yaygın olarak kullanılan polimerler ve kullanım alanları 5
Çizelge 2.2. Bazı termoplastikler ve temel özellikleri 6
Çizelge 2.3. PVC'nin kullanım alanları 23
Çizelge 2.4. Bazı ticari PVC'lerin elek analizleri 24
Çizelge 2.5. YFK'nın kimyasal yapısı 30
Çizelge 2.6. YFK'nın elementel analizi 31
Çizelge 4.1. Kullanılan PVC'nin özellikleri 43
Çizelge 4.2. Kullanılan darbe artırıcının özellikleri 44
Çizelge 4.3. Kullanılan TiO_2'nin özellikleri 44
Çizelge 4.4. Kullanılan KS'nin özellikleri 45
Çizelge 4.5. $BaSO_4$ hammadde kimyasal analizi 46
Çizelge 4.6. $BaSO_4$ özellikleri 46
Çizelge 4.7. YFK boyut analizi 46
Çizelge 4.8. $CaCO_3$ ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri 54
Çizelge 4.9. Kaolin ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri 55
Çizelge 4.10. Baryum sülfat ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri 55
Çizelge 4.11 KS ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri 55
Çizelge 4.12. YFK ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri 56
Çizelge 5.1. Yoğunluk tayini sonuçları 62
Çizelge 5.2. Kalıcı termal uzamanın tayini sonuçları 63
Çizelge 5.3. Termal stabilite tayini sonuçları 64
Çizelge 5.4. Vicat yumuşama sıcaklığı tayini sonuçları 65
Çizelge 5.5. Soğukta darbe mukavemeti deney sonuçları 67
Çizelge 5.6. Kaynaklı köşe mukavemeti deney sonuçları 68
Çizelge 5.7. Charpy darbe mukavemeti deneyi sonuçları 69
Çizelge 5.8. Sertlik tayini sonuçları 71

1. GİRİŞ

PVC malzemelerin günlük hayatta kullanım alanı gün geçtikçe çeşitlenerek artmakta ve neredeyse vazgeçilmez hale gelmektedir. PVC kapı, pencere, pervaz, bahçe ve ev mobilyası, duvar ve yer kaplaması, izolasyon malzemesi, ayakkabı vb. alanlarda bir çok fiyat ve dayanım gibi avantajlar sunması nedeniyle kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Modern teknolojinin her geçen gün ilerlemesiyle polimer malzemelere olan ihtiyaç da katlanarak artmaktadır. Yaşantımızın hemen her safhasında, geniş ölçüde polimere dayalı malzemeler kullanmaktayız. Polimerler hafif, ucuz, mekanik özellikleri çoğu kez yeterli, kolay şekillendirilebilen, değişik amaçlarda kullanıma uygun, dekoratif, kimyasal açıdan inert ve korozyona uğramayan maddelerdir. Bu üstün özelliklerinden dolayı yalnız kimyacıların değil makina, kimya, tekstil, endüstri ve fizik mühendisliği gibi alanlarda çalışanların da ilgisini çeken materyallerdir (Deveci, 2008).

PVC yaygın olarak kullanılan pek çok termoplastiklerden biri olup, işlenebilirliğinin kolay olması ve iyi derecede mekanik özelliklere sahip olmasından dolayı su boruları, zemin ve çatı kaplamaları, ambalaj filmleri ve tabakaları gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilmektedir. PVC'den üretilen malzemeler günlük hayatımızda değişik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Aslankılıç, 2008). PVC malzemelerin üretilmesinde ve işlemesinde yaygın olarak kullanılan yöntemler enjeksiyon, ekstrüzyon, kalenderleme ve termoforming yöntemleridir. Polivinil klorür amorf plastiklerin başında gelir. PVC beyaz veya açık sarı renkli toz polimeridir. Normal PVC %53-55 klor içermektedir. PVC'yi 60° C'ye kadar işlemek mümkündür (Aydın, 2004). Bu nedenle üretildiği haliyle işlenmeye uygun bir polimer değildir. Bu sebepten dolayı, içerisine ısı stabilizatörü, dolgu maddesi, alev geciktirici, renklendirici, plastikleştirici gibi farklı katkı maddeleri katıldıktan sonra şekillendirilirler (Aslankılıç, 2008).

Yapı sektöründe kapı ve pencere gibi doğramalarının üretiminde, müşterilerin talep ve bütçelerine uygun olarak metal, ahşap, plastik ve kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin fiyat, kalite, kullanılabilirlik, kullanım ömrü, bakım, görsellik gibi konularda birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Metal grubunda bulunan malzemelerin boya ve bakım gerektirmesi, zamanla paslanma ve çürümeden dolayı kullanım ömrünün az olması, estetik görüntüsünün zayıf olması ve ağır olması nedeniyle binalarda bu malzemenin kullanımı yok denilecek kadar azaltmıştır. Ahşap malzemelerin ise; sık aralıklarda boya ve bakım gerektirmesi, talep edildiğinde kaliteli ahşabın bulunamaması, işçiliğin iyi olmaması nedeniyle ısı

kayıplarının kayda değer oranlarda fazla olması, ormanların yok olması nedenlerinden dolayı kullanımı azalmıştır.

Dolgu maddeleri ilave edildikleri polimerlere pek çok özellik katabilirler. Dolgu maddeleri karışımda özgül ağırlık, E-modülü, baskıya dayanıklılık, eğme direnci, sertlik, ısı dayanıklılığı gibi değerleri artırırlar. Özel bazı katkılar ise sisteme antistatik ve yanmazlık gibi özelliklerin yanında işlemede kolaylık sağlayan yumuşaklık ve kayganlık gibi özellikler de verirler. Dolgu maddelerinin plastiklere kattığı en önemli özellik malzemenin küçülmesini yani çekmesini önlemesi ve ekonomik uygunluktur. Uygun özellikte ve fiyatta üretilen polimerlerin günlük hayatta kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Dolgu maddelerinin kompozit malzemelere olumlu etkilerinin yanında bazı olumsuz etkileri de olabilmektedir. Olumsuz etkilere örnek olarak çekme dayanımı ve darbe direncinin azalmasıdır. Bu olumsuzlukları düzeltmek için karışıma ayrıca farklı özel katkıların eklenmesi gerekir (Saçak, 2012).

Polimerlerde ve kompozit malzeme hazırlanmasında kalsiyum karbonat, silikatlar, kaolin, karbon siyahı, kağıt hamuru, odun talaşı, cam küreler, meyve kabukları, grafit, baryum sülfat, bentonit, sepiyolit, mısır püsküllleri, arpa, buğday atıkları vb. sık kullanılan dolgu maddelerinden bazılarıdır. Polimerlerde kullanılacak dolgu maddelerinin genellikle sınırı %1 ile %40 arasındadır. Bu nedenle polimere karıştırılan dolgu maddesi miktarı belli bir % değerini aştığı zaman polimerin bazı mekanik özelliklerinde zayıflama görülebilir.

PVC için kullanılan dolgu maddeleri ise genellikle silikatlar, kalsiyum karbonat ve toprak alkali metallerin sülfatları olmak üzere üç ana sınıfta toplanabilir (Titow, 1984). Kalsiyum karbonat; doğada bol miktarda bulunması, işlenmesinin kolay olması, renginin beyaz olması sebebiyle daha az beyaz pigment kullanımını gerektirmesi ve ucuz olması nedeniyle PVC için en yaygın kullanılan dolgu maddesidir. Ahşap dolguların kompozit alanında kullanımı geçmiş yıllara göre artmaktadır. Farklı renkleri nedeniyle küçük miktarlardaki katkılarla malzemeye ahşap görünümü verilebilmektedir. Ahşap malzeme yerine ahşap görünümlü PVC malzemelerin kullanımı sonucu ormanların yok olma hızı azalacaktır. Ahşap dolgu malzemeleriyle üretilen malzemenin mekanik özellikleri diğer dolgu maddelerine göre düşük olmasına rağmen hafiflik, düşük maliyet ve kolay işlenebilirlik gibi avantajları da vardır.

Sonuç olarak, uygun tanecik büyüklüğü, polimer matrisle uyumu ve üretim prosesinde işlenebilirliği de göz önünde bulundurularak kullanılan dolgu maddeleri

sayesinde kullanım amacına göre farklı özellikte polimer kompozit malzemeler üretmek mümkündür.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. Polimerlerin Genel Tanımı

Polimerler en basit tanımıyla, çok sayıda aynı veya farklı atomik grupların kimyasal bağlarla düzenli bir biçimde bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli ve yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir.

Sentetik polimerler genellikle, çok sayıda tekrarlanan "mer" veya "monomer" denilen basit birimlerden oluşur. "Poli", Latincede çok sayıda anlamına gelmekte "mer" sözcüğü ile birleştirilerek, yüksek molekül ağırlıklı moleküllerin adlandırılmasında kullanılır.

Molekül ağırlığı 500–600 civarında olan polimerlere "oligomer" denir. Bir polimerin yeterli fiziksel özelliklerine sahip olabilmesi için molekül ağırlığının belli bir değerin üzerinde olması gerekir. Selüloz, nişasta, doğal kauçuk, vb. gibi doğal polimerler sentetik polimerlerde olduğu gibi, basit birimlerden oluşur Etilen, vinil klorür, izobütilen, stiren, kaprolaktam tipik monomerler; polietilen, polivinil klorür, poliizobütilen, polistiren ve polikaprolaktam bu monomerlerden elde edilen polimerleridir.

En basit ve genel şekliyle bir polimerdeki polimer zincirleri, monomere çok benzeyen atomlardan oluşan tek bir karaktersitik grubun zincir boyunca tekrarlanmasıyla meydana gelir; böyle bir polimere "homopolimer" denir. Karakteristik grup "yapı birimi" veya "tekrar" birimidir ve monomerin polimer zinciri içindeki konstitüsyonunu gösterir. Yapı birimi bir homopolimerin temel niteliğini oluşturur, polimerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirler (Beşergil, 2008). Kopolimer ise kimyasal yapısı farklı birden fazla monomer biriminin bulundupu polimerdir (Saçak, 2012)

Yaygın olarak kullanılan polimerlerden bazıları ve kullanım alanları Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Yaygın olarak kullanılan polimerler ve kullanım alanları

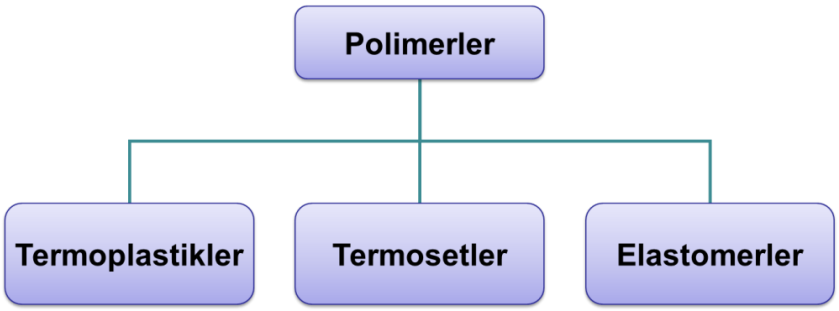
Kısaltma	Polimer ismi	Kullanım alanı
PET	Polietilen teraftalat	Polyester fiberler, film, elyaf, köpük, şişe, katı cisim
YYPE	Yüksek yoğunluklu polietilen	Taşınmaya elverişli kapların yapımı, çeşitli şişeler, çantalar, oyun alanı malzemeleri
PVC	Polivinil klorür	Çit ve parmaklık malzemeleri, yiyecek dışı şişeler
DYPE	Düşük yoğunluklu polietilen	Sera örtüsü, film, ambalaj, elektrik sanayi
PP	Polipropilen	Plastik şişe, elektrik sanayi, mutfak eşyası
PS	Polistiren	Oyuncak, video kasetler, tepsiler, yalıtım malzemeleri
Diğer	Akrilik, polikarbonat, naylon dahil diğer plastikler	

2.2. Polimerlerin Tarihçesi

1826 yılında Faraday'ın yaptığı çalışmada, etilen gazına basınç altında ışın enerjisi verilmiş ve gazın bir kısmının sıvılaştığı saptanmıştır. Ayrılan sıvı fazın çok uçucu, elementel etilen bileşiminde, fakat etilenin iki katı molekül ağırlığında bir bileşik olduğu görülmüştür. Berzelius, elde edilen yeni maddeye, etilenin bir izomeri olan "büten" adını vermiştir. Daha sonra da, elementel bileşimi bir diğer madde ile aynı, fakat molekül ağırlığı o maddenin molekül ağırlığının katları olan bir maddenin polimer terimiyle tanımlanabileceği belirtilmiştir. Daha sonrasında polimer kavramı çeşitli çalışmalarla geliştirilmiş ve bugünkü haline gelmiştir (Beşergil, 2008).

2.3. Polimerlerin Termal Davranışlarına Göre Sınıflandırılması

Polimerler termal davranışlarına göre; termoplastikler, termosetler ve elastomerler olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Termal davranışına göre polimerler Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Polimerlerin termal davranışına göre sınıflandırılması

Termoplastikler

Termoplastikler ısıtıldıklarında yumuşayıp akıcı hale geçebilen, soğutulduklarında katılaşan, tekrar ısıtıldıklarında yine akışkanlaşabilen plastiklerdir. Termosetlerin aksine ısıtılıp soğutulduklarında sadece fiziksel değişime uğrarlar ve bu yapıları sayesinde geri dönüştürülebilir üretim özelliğine sahiptirler (Paksoy, 2008). Bazı termoplastikler ve temel özellikleri Çizelge 2.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Bazı termoplastikler ve temel özellikleri (Uluşen, 2008)

Malzeme Adı	Özgül Ağırlık (g/cm^3)	Çekme Muk. (Mpa)	Elastik Modülü (Mpa)	Kullanma Sıcaklığı Sınırı (°C)
Polietilen (PE)	0.92-0.93	7-17	105-280	80
Polivinil klorür (PVC)	0.95- 0.96	20-37	420-1260	100
Polipropilen (PP)	1.50- 1.58	40-60	2,800-4,200	110
Polistiren (PS)	0.90- 0.91	50-70	1,120-1,500	105
ABS	1.08- 1.10	35-68	2,660-3,150	85
Polimetilmetakirilat	1.05-1.07	42-50	-	75
Teflon	1.11-1.20	50-90	2,450-3,150	125
Naylon 6,6	2.1-2.3	17-28	420-560	120
Sellülozikler	1.06-1.15	60-100	2,000-3,500	82

Termosetler

Termosetler ise çarpraz bağlı, çözünmez ve erimez polimerlerdir. Bir kere şekillendirildikten sonra tekrar çözmek ve eritmekle şekillendirilemezler (Saçak, 2012)

Isıtılıp soğutulduklarında termoplastiklerin aksine kalıcı olarak katılaşırlar ve ısıtılıp soğutulma prosesi esnasında kimyasal yapılarında değişiklikler oluşur. Yapılarında bulunan çapraz bağlar sayesinde gevrek, yüksek sıcaklığa dayanıklı bir yapı ortaya koyarlar. Termosetleri, termoplastiklerden ayıran en büyük fark, geri dönüşümü olmayacak şekilde üretilmeleridir. Başka bir değişile ilk ısıl şekillendirme sonucunda kimyasal yapılarıda kalıcı olarak değişikliğe uğrar (Paksoy, 2008). Termosetlere örnek olarak epoksi reçineleri, poliüretan, fenol-formaldehit reçineler verilebilir.

Elastomerler

Oda sıcaklığında orijinal boyunun en az iki misline uzatılabilen ve bu uzamayı temin eden kuvvet ortadan kaldırıldığında hemen hemen orijinal haline dönebilen polimerik malzemeler elastomer olarak tanımlanır. Elastomerleri daha kapsamlı bir şekilde ‘Çok düşük sıcaklıklarda cam gibi sert olan, çok yüksek sıcaklıklarda dahi koyu sıvımsı akışkan özellikler göstermeyen, oda sıcaklığından parçalanma sıcaklığına kadar geniş bir alan içerisinde elastik özellikler gösteren seyrek çapraz bağlanmış (vulkanize olmuş) polimerik malzemeler olarak tarif edebiliriz (Erkek, 2007).

2.3. Plastikleri İşleme Yöntemleri

Ekstrüzyon

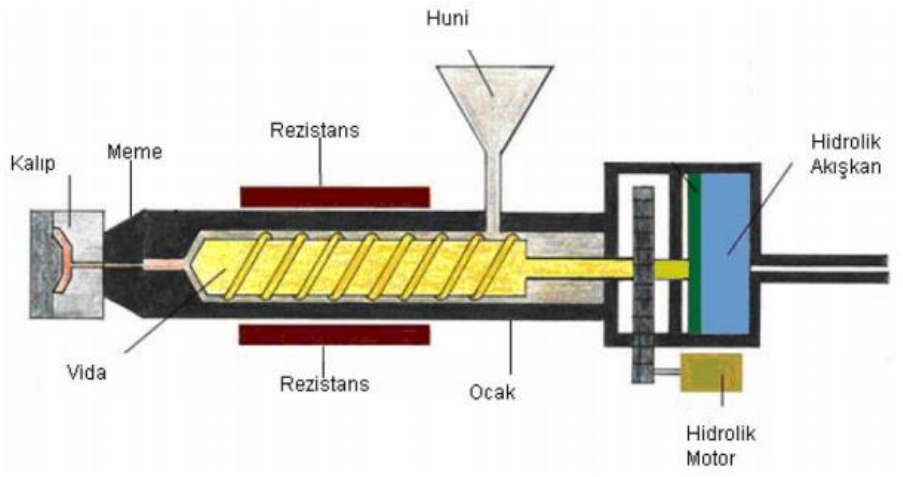
Ekstrüzyon prosesi ile plastik ürünlerin devamlı (kesintisiz) olarak sabit bir kesitte üretimi sağlanır. Enjeksiyon prosesinde bitmiş ve sabit formda bir ürün elde edilirken, ekstrüzyonda kesitleri sabit formda fakat uzunlukları tercihe bağlı olarak değişken ürünler üretilir. Boru, profil, çubuk, yassı veya yuvarlak film, levha, çeşitli laminatlar temel olmak üzere gerdirilmiş filmler, oluklu ve delikli levhalar ekstrüzyon yöntemiyle üretilirler. Temel olarak ekstrüzyon; plastik ve katkı maddelerin karıştırılarak homojen ve akıcı bir hale getirilmesi, belirli bir şekil vermek üzere dar ve

şekilli bir kalıptan basınç yardımıyla geçirilmesi olarak tanımlanabilir. Ekstrüzyon prosesi, ekstrüder adı verilen makinelerle yapılır (Demirci, 2010).

Genel olarak bir ekstrüzyon ünitesi ekstrüder, kalıp, kalibre, soğutma havuzu, çekici, kesici ve depolama ünitelerinden meydana gelir. Ekstrüder kalıba gönderilecek malzemeleri istenilen basınç ve sıcaklıkta kalıba pompalar. Kalıpta üretilmek istenen geometrinin şekli verilir. Kalıp çıkışında kalibreye giden malzemeye hem son şekli verilir hem de bir miktar soğutulur. Daha sonra malzemenin istenilen sıcaklığa düşmesini sağlayan soğutma bölgesine geçilir. Bir sonraki kısım olan çekicinin hızı ile istenirse oynama yapılarak malzemenin boyutları değiştirilebilir. Son olarak ürün istenilen uzunluklarda kesilerek depolanır.

Enjeksiyon

Enjeksiyon prosesi genellikle termoplastiklere uygulanan bir üretim tekniğidir. Günümüzde polietilen (PE), polistren (PS), polipropilen (PP), akrilonitrilbitadienstren (ABS) ve naylon başta olmak üzere birçok polimer bu yöntemle işlenmekte ve çok çeşitli ürünler elde edilmektedir (Gülpak, 2013). Enjeksiyon ünitesinin elemanları Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Enjeksiyon ünitesinin elemanları (Ceritbinmez, 2014)

Enjeksiyon prosesi, plastik malzemenin eriyik hale getirilerek, kalıp yardımıyla istenilen şekle getirilmesi esasına dayanan bir üretim tekniğidir (Gülpak, 2013). Toz veya küçük taneler (granül) halindeki termoplastikler; huni yardımıyla silindir içerisine gönderilir. Isıtıcılar tarafından ısıtılan silindirin sıcaklığı, plastik malzemenin cinsine

göre ayarlanır. Silindirin içerisinde ısıtılan plastik madde, hidrolik pistonla veya helezon vidalı mil yardımıyla silindir sonuna doğru taşınır. Yayıcı aracılığıyla hız kazanan erimiş plastik, kalıp boşluğunu doldurur. Kalıp iç boşluğunun şeklini alan plastik, soğutulur. Kalıp açılarak plastik parça çıkarılır (Köse, 2006)

Isıl şekillendirme (termoforming)

Bu yöntem, termoplastik levhaların sekillendirilmesinde uygulanır. Kalıp üzerine tutturulan ve yumuşama noktasına kadar ısıtılan plastik levhaya; vakum, basınçlı hava ya da mekanik yöntemler ile istenilen şekil verilir. Isı ile yumuşatılmış durumda kalıba sıkıca bağlanan termoplastik levhanın, kalıp ara boşluklarından hava emilerek olusturulan vakum, ya da üzerine hava basılarak oluşturulan basınç yardımı ile kalıba yapıştırılarak kalıbın şeklini alması sağlanır. Isıl şekillendirme ile hemen hemen her tür termoplastik malzeme işlenebilmektedir (Demirci, 2010). Termoforming yöntemi ile şekillendirilen PVC kompozit malzemesine örnek Şekil 2.3'te verilmektedir.



Şekil 2.3. Termoforming ile şekillendirilmiş PVC kapı

Kalenderleme

Kalenderleme bir basınç uygulama prosesidir. Malzeme; ısıtmalı ve soğutmalı çok sayıdaki silindirler arasından sıkıştırılarak geçirilir ve istenilen kalınlıkta temiz ve parlak levhaya dönüştürülür. Genellikle kauçuk malzemelerden, PVC ve diğer bazı plastiklerden film veya levha üretiminde kullanılan bir işleme yöntemidir.

Kalenderlemeden alınan levhalar şekillendirilmek üzere termoforming işlemeye verilir (Beşergil, 2016). Kalenderleme yöntemiyle plastiğin işlenmesi Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Kalenderleme yöntemi ile plastiğin işlenmesi

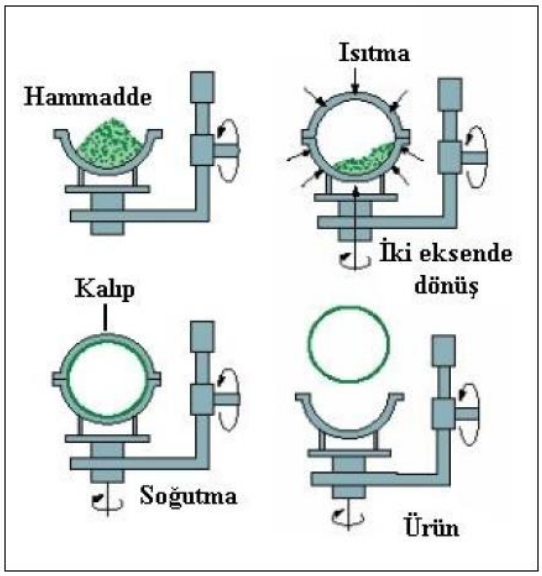
Şişirerek Kalıplama

Şişirerek kalıplama, içi boş kapların (plastik şişe, bidon vb) ve parçaların üretilmesinde kullanılan en önemli bir polimer işleme tekniğidir. Uygulamada, önceden şekillendirilmiş yumuşak bir polimer parçası kalıp boşluğuna alınır ve hava (veya azot) basılarak polimerin kalıp iç yüzeyine doğru genişlemesi ve kalıp iç yüzeyinin şeklini alması sağlanır. Polimer kalıp içerisine ekstrüzyon makinesinden (ekstrüzyon şişirerek kalıplama) veya enjeksiyon makinesinden (enjeksiyon şişirerek kalıplama) beslenir. Enjeksiyon şişirerek kalıplama daha çok küçük şişelerin, ekstrüzyon şişirerek kalıplama ise büyük şişelerin üretiminde kullanılır (Saçak, 2012).

Döner kalıplama

Döner kalıplama yönteminde toz ya da eriyik haldeki polimer reçine, kalıp içerisine konulur. Kalıp iki parçalıdır ve kapatıldıktan sonra birbirine dik eksenler etrafında sürekli olarak döndürülebilir. Döndürme esnasında kalıp belli sıcaklıga ısıtılır.

Isı yardımıyla eriyen plastik, oluşan merkezkaç kuvvetinin de etkisiyle kalıptaki boşluklara düzgün olarak yerleşir ve kalıbın şeklini aldıktan sonra su ya da hava ile soğutulur. Soğutulan kalıp açılır ve ürün elde edilir. Döner kalıplama şematik olarak Şekil 2.5'te gösterilmektedir (Demirci, 2010).

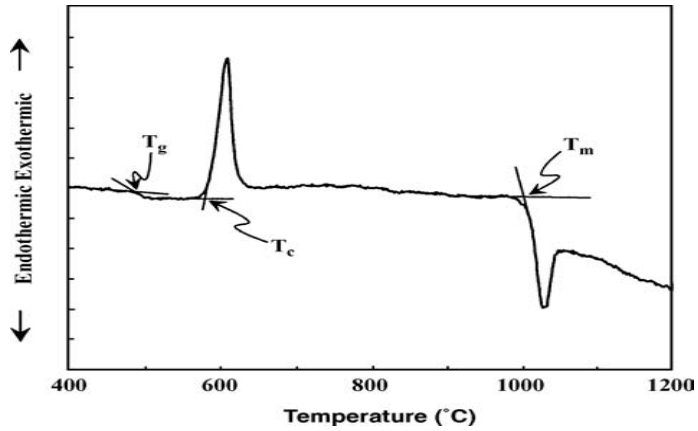


Şekil 2.5. Döner kalıplama (Demirci, 2010)

2.4. Polimerlerin Termal Özellikleri ve Karakterizasyonu

Camsı geçiş sıcaklığı (Tg)

Bütün polimer maddeler için; daha aşağısına inildiğinde, polimer zincirlerinde hareketliliğin hemen hemen durduğu ve polimer zincirinin hareketsiz hale geldiği bir sıcaklık bulunmaktadır. Bu sıcaklığa camsı geçiş sıcaklığı (Tg) denilmektedir. Tg'nin altında, polimer zincirinin bütününü kapsayan hareketler durduğundan, aynı malzeme, esnemez, sert ve genellikle kırılgan hale gelmektedir (Savaşçı ve ark., 2002). Camsı geçiş sıcaklığı termogramı Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Camsı geçiş sıcaklığı termogramı (Saçak, 2012)

Isıl bozunma sıcaklığı

Polimerler yeterince yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında, öncelikle polimer yapısındaki en zayıf kovalent bağlar kırılır ve polimer bozunmaya başlar. Polimerin bozunmaya başladığı sıcaklığa, ısıl bozunma sıcaklığı denir. Bozunmaya uğrayan polimerin mekanik dayanım, uzama türü özellikleri zayıflar, bağ kırılmaları sonucu sistemden gaz çıkışı görülebilir, dış görünüşü ve rengi değişir (Saçak, 2012).

Maksimum kullanma sıcaklığı

Polimerlerin pek çoğunun kullanılabilir sıcaklık aralığı 100–200 °C'a kadardır (Zeren, 2013). Polimerlerin sert yapılarını, genelde camsı geçiş sıcaklıklarının yaklaşık 3/4 katı kadar sıcaklıklara kadar korudukları gözlenmiştir. Herhangi bir polimerin maksimum kullanım sıcaklığı camsı geçiş sıcaklıklarının 3/4 katı alınarak önceden kestirilebilir. Örneğin, camsı geçiş sıcaklığı 100 ºC olan bir polimer en fazla 75 ºC dolayında kullanılacak sert ürünlerin yapımına uygundur (Saçak, 2012).

Isıl iletkenlik

Plastiklerin diğer malzemelerden farklı olan termal özelliği ısıl iletkenliğidir. Plastiklerin ısı iletim katsayısı çok düşüktür. Isı iletim katsayıları metallerin yaklaşık %1'i civarındadır. Bu özellikleri nedeniyle plastikler ısı yalıtım işlerinde kullanılırlar. Plastiklerin ısı iletiminin düşük oluşu, kullanım sırasında içerisinde ısı birikmesine neden olur. Bu olay termal yorulmaya yol açar. Termal yorulmayı azaltmak için, plastik

malzemelere ısı iletimini artırıcı katkı maddeleri ilave edilir. Bu amaçla en çok kullanılan katkı maddeleri metal tozları (alüminyum, bakır, vb.) veya çeşitli elyaflar (karbon elyafı, cam elyafı vb.) dır. Katkı maddeleri ile plastiklerin termal iletkenlikleri en az 10 kat artırılabilir (Gürü ve Yalçın, 2006).

Termal genleşme

Plastikleri metallerden farklı yapan bir başka termal özellik de, termal genleşmedir. Plastik malzemelerin işlenmesinde ve kullanılmasında önemli bir problem olan termal genleşme katsayısı, metallere göre çok daha büyüktür ve değer olarak 2-20x10^{-5} (cm/cm.°C) arasında değişir. Kuvvetli elyafların ilavesi plastiklerin termal genleşmelerini önemli derecede azaltır. Örneğin polistiren'e %60 oranda cam elyaf takviyesiyle termal genleşme katsayısı yarıya indirilebilir (Gürü ve Yalçın, 2006).

2.5. Kompozit Malzemeler

Genel olarak kompozitler; matris, takviye edici dolgu ve katkı maddeleri olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Matris bileşenin üç ana görevi vardır. Bunlar uygulanan yükü takviye edici dolgu bileşene aktarmak, takviye edici bileşeni birarada tutmak ve çevresel etkilerden korumaktır. Takviye edici dolgu bileşen, kompozit yapıya mekanik dayanıklılık vermek amacıyla kullanılır ve görevi, uygulanan yükü taşımak, yapıya sertlik ve dayanıklılık kazandırmaktır. Katkı maddeleri ise son ürüne istenilen özellikleri vermek veya performans özelliklerini arttırmak amacıyla kullanılır (Baş, 2015).

Kompozit malzeme; kimyasal bileşenleri farklı birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla malzemenin kullanım yerindeki aranan özellikleri verebilecek daha uygun malzeme oluşumu için makro seviyede birleştirilmesi sonucu meydana gelen malzemelerdir. Kompozit malzemelerin kullanılmasındaki bir diğer önemli nokta da ekonomik olmalarıdır. Kimya endüstrisinde çeşitli reaktif veya çözeltilerin depolanmasında, taşınmasında çözeltilere karşı inert davranan, reaksiyon vermeyen malzemelerin seçilmesi gerekir. Bu iş için en uygun malzemeler paslanmaz çelikler ve plastiklerdir. Tamamen plastik bir malzeme mukavemetsiz, tamamen paslanmaz çelikten yapı ise çok pahalıdır. Paslanmaz çeliğe göre çok daha ucuz olan

düşük karbonlu çeliğin kimyasal maddeyle temas yüzeyinin plastik malzeme ile kaplanması hem yüksek mukavemetli hem de ucuz bir çözüm olacaktır (Taylan, 2009).

Kompozit malzemelerin avantajları ve dezavantajları kısaca aşağıda belirtilmiştir.

Kompozit malzemelerin avantajları

1. Farklı mekanik özellikler elde etmek için farklı katmanlardan yararlanılabilir ve farklı kombinasyonlarla kompozit malzeme inşa edilebilir.
2. Kompozit malzemeler kimyasallara, korozyona ve hava şartlarına dayanıklılık gösterir.
3. Karmaşık parçaların tek olarak üretilebilmesinden dolayı parça sayısının azalmasını sağlarlar. Böylece ara birleştirme detay ve parçalarının azalmasıyla üretim süresi kısalmaktadır.
4. Yüksek dayanıklılık/ yoğunluk oranı.
5. Yüksek elastiklik modülü/ ağırlık oranı (Keskingöz, 2010).

Kompozit malzemelerin dezavantajları

1. Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır, standartlaşmış bir kalite yoktur.
2. Lamine edilmiş kompozitlerin özellikleri her zaman ideal değildir, kalınlık yönünde düşük dayanıklılık ve katlar arası düşük kesime dayanıklılık özelliği bulunmaktadır.
3. Kompozitler kırılgan (gevrek) malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler, onarılmaları yeni problemler yaratabilir (Demircan, 2009).

2.5.1. Matris türüne göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Kompozit malzemeleri, matris sistemine göre; metal matrisli kompozitler, seramik matrisli kompozitler ve plastik matrisli kompozitler olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz (Zeren, 2013).

- Metal matrisli kompozitler (MMK)
- Seramik matrisli kompozitler (SMK)

- Polimer matrisli kompozitler (PMK)

Metal matrisli kompozitler

Metalik kompozitler; bir metalik matris içerisinde dolgu maddesinin eritme, sıcak presleme gibi teknikler kullanılarak dağıtılmasıyla hazırlanmaktadır. Metalik kompozitler en çok uzay ve havacılık sektörlerinde, platform taşıyıcı parçalar, uzay haberleşme cihazlarının reflektör ve destek parçaları vb. yerlerde kullanılır (Arı, 2009).

Seramik matrisli kompozitler

Seramik kompozitler; metal veya metal olmayan, Al_2O_3, SiC, B_4C, CbN, TiC, Si_3N_4 vb. bileşiklerin bir kaçının beraber kullanılması ile elde edilirler. Askeri amaçlı parçaların ve uzay aracı parçalarının üretimi ile elektrik ve sağlık malzemelerinin üretiminde kullanım alanı bulmaktadırlar (Arı, 2009).

Polimer matrisli kompozitler

Polimer kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan matris malzeme tipleri termal davranışına göre termoplastikler, termoset ve elastomerler olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar. Yüksek mukavemet gerekmeyen durumlarda en sık kullanılan matris malzemesine örnek polyester reçinesidir. Gelişmiş kompozitlerin üretiminde ise yaygın olarak epoksi reçinesi kullanılmaktadır. Matris malzemelerinin iyileştirilmesi çalısmaları özellikle yüksek sıcaklıkta kullanıma uygun ve düşük nem duyarlılıgına sahip yapıların üretilmesi doğrultusundadır (Çoban, 2007).

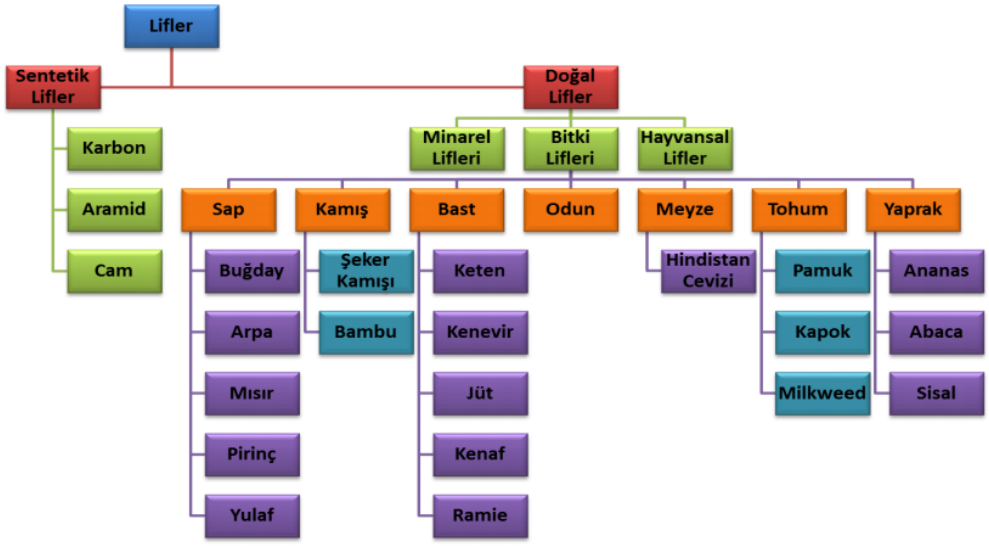
2.5.2. Kompozit malzemelerin dolgu maddesi türüne göre sınıflandırılması

Dolgu maddelerinin katılma nedenlerinin bazıları ürünün maliyetini düşürmek, ürüne sağlamlık ve sertlik vermek, ürünün ısıya karşı dayanıklılığını geliştirmek, direncini arttırmak, ürünün görünüşünü ve yoğunluğunu değiştirmektir. Dolgu maddeleri tanecikli ve lifli yapıda olabilirler.

Lif yapılı dolgu maddeleri

Genellikle yeterli basınç dayanımına oranla çekme, eğilme, çarpma dayanımları çok düşük düzeyde kalan veya zayıf yapılı, kırılgan malzemenin zayıf olan yönlerininin iyileştirilmesi, kırılganlığın giderilmesi, malzemenin sünekleştirilmesi gibi amaçlarla bu özellikleri iyileştirecek nitelikte liflerle donatılmasıyla üretilen kompozitlerdir (Demirel, 2007).

Elyafların mukavemeti kompozit yapının mukavemeti açısından çok önemlidir. Ayrıca, elyafların uzunluk/çap oranı arttıkça matris tarafından elyaflara iletilen yük miktarı artmaktadır. Elyaf yapının hatasız olması da mukavemet açısından çok önemlidir (Demirel, 2007). Lifler, yapısına bağlı olarak Şekil 2.7'de gösterildiği gibi sentetik ve doğal olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Güzel, 2016).



Şekil 2.7. Sentetik ve doğal liflerin sınıflandırılması (Avcı, 2012)

Doğal lifler

Yaygın olarak üretilen, ucuz ve çevreye zararsız malzemelerdir. Bu lifler, doğada indirgenemeyen cam ve karbon gibi liflerin aksine, kullanım ömrünün sonunda doğada rahatlıkla parçalanabilirler. Ayrıca doğal lifler büyürken atmosferdeki karbondioksit (CO_2) gazını kullanırlar (Karaduman, 2009).

Çok bilinen bazı doğal lifler şunlardır (Karaduman, 2009)

- **Yaprak lifleri:** Sisal, ananas.

- **Gövde lifleri:** Keten, kenevir, kenaf, rami, jüt.
- **Çekirdek lifleri:** Pamuk.
- **Meyve lifleri:** Hindistan cevizi kabuğu ve hindistan cevizi.

Bu dolgular ucuzluğu, kolay bulunabilirliği, makinede düşük aşınma ve proses ekipmanlarına daha az zarar vermesi nedeniyle cam lifi, talk ve kalsiyum karbonat gibi diğer dolgu malzemeleri ile kıyaslandığında daha uygundur. Odunun termal stabilitesi nedeniyle ağaç plastik kompozitler çoğunlukla 200°C altındaki sıcaklıklarda işlenmesinden dolayı sadece termoplastiklerde kullanılır (Yıldırım, 2007).

Sentetik lifler

Kompozit malzemelerde kullanılan başlıca sentetik lifler; karbon lifi, cam lifi, aramid lifi, bor lifi, alümina lifi ve silisyum karbür lifidir.

Karbon fiber, yoğunluğu 2.268 gr/cm^3 olan kristal yapıda bir malzemedir. Karbon fiberler cam fiberlerden daha sonra gelişen ve çok yaygın olarak kullanılan fiber grubudur. Hem karbon hem de grafit fiberler aynı orijinli malzemeden üretilirler. Karbon liflerinin en önemli özellikleri düşük yoğunluğun yanısıra yüksek dayanım ve tokluk değerleridir. Karbon lifler, nemden etkilenmezler ve sürünme mukavemetleri çok yüksektir. Aşınma ve yorulma dayanımları oldukça iyidir. Bu nedenle askeri ve sivil uçak yapılarında yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Karbon lifler çeşitli polimer matrislerle ve çok yaygın olarak epoksi reçinelerle kullanılırlar. Ayrıca karbon fiberler aluminyum, magnezyum gibi metal matrislerle de kullanılırlar (Çoban, 2007).

Cam fiberler, sentetik fiber üretiminin yaklaşık % 90'ını oluşturur. Camın temel girdileri, silika kumu (% 50'den fazla SiO_2 içeren kum), kireç taşı ($CaCO_3$), alüminyum hidroksit, borik asit, sodyum sülfat ve susuz borakstır. Cam fiber üretiminin ilk aşamasında, sözü edilen maddeler birlikte 1500-1700 ºC'a kadar ısıtılarak eritilir. Erimiş haldeki cam, daha sonra ince nozullara basılır ve buralardan alınan filamanlar soğutularak çapları 5-24 μm arasında filamanlar elde edilir. Kompozit malzemelerde yaygın olarak kullanılan en ucuz takviye türüdür. Uzay ve havacılıkta, askeri alanda, endüstride ve günlük eşyaların yapımında kullanılan kompozitleri çoğu cam fiberlerle takviye edilmişlerdir (Bayraktar, 2011).

Aramid lifleri takviye lifler arasında en yüksek dayanım/ağırlık oranına sahip liflerdir. Çok iyi darbe dayanımına sahiptirler. Karbon fiberler gibi termal genleşme katsayıları negatiftir. Bu liflerin en büyük dezavantajı kesilmesinin ve işlenmesinin zor

olmasıdır. Aramid fiberler terephthaloyol chloride ve p-phenylenediamine maddelerinin yoğunlaştırılmış asit solüsyonlarının bir enjektörden ekstürüzyonu ile üretilirler. Bu filamanlar tekrar tekrar çekilerek aramid moleküllerinin çekme doğrultusunda iyice düzenlenmesi sağlanır. Bu liflerin ilk tedarikçisi DuPont'tur ancak diğer firmalar da aramid benzeri lifler yapmaya çalışmaktadırlar (İnançer, 2015).

Bor lifi, tungsten veya karbon lifi üzerine kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi ile cam reaktif tüplerde üretilir. Hava araçları ve yüksek performans gerektiren uygulamalar için üretilen bor lifleri genellikle epoksi reçine uygulanarak prepreg formda satışa sunulmaktadır. Bu lif yüzey özelliklerinden dolayı uyumlaştırıcı kullanılmaksızın polimer matrisli kompozitlerde kullanılabilir (Mıstık, 2009).

Silisyum karbür lifler, bor gibi, silisyum karbürün tungsten çekirdek üzerine kaplanması ile elde edilirler. 0.1 mm ile 0.14 mm çaplarında üretilirler. Yüksek sıcaklıklardaki özellikleri bor elyaflardan daha iyidir. Silisyum karbür elyaf 1370 C°'de mukavemetinin sadece %30'nu kaybeder. Bor elyaf için bu sıcaklık 640 C°'dir. Bu elyaflar genellikle titanyum matrisle kullanılırlar. Jet motor parçalarında titanyum, alüminyum ve vanadyum alaşımlı matris ile kullanılırlar. Ancak silisyum karbür elyaflar, bor elyaflara göre daha yüksek yoğunluğa sahiptirler. Silisyum karbürün karbon çekirdek üzerine kaplanması ile üretilen elyafların yoğunluğu düşüktür (Bayraktar, 2011).

Tanecik yapılı dolgu maddeleri

Plastik hammaddelerin farklı yöntemlerle ürünlere dönüştürülmesi esnasında son ürünün gerek maliyetini azaltmak gerekse de mekanik özellikler, görünüm vb. özelliklerini iyileştirmek için şekillendirme esnasında ana plastiğe bir takım mikro tane boylu katkı ve dolgu maddeleri ilave edilmektedir. Bu bağlamda partikül dolgulu plastik malzemeler yıllardan beri uygulamalarda birçok alanda büyük oranlarda kullanılmaktadır (Fındık, 2009). Polimer matrisli kompozitlerde kullanılan başlıca tanecik yapılı dolgu maddeleri; kalsiyum karbonat, kalsiyum silikat, killer, metal tozları, metal parçaları ve tarımsal atıklardır (Güzel, 2016).

Killer

Killer genellikle alüminyum ve magnezyum silikatlardan meydana gelmektedir. Killer kimyasal özelliklerine göre kaolin ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$), montmorillonit ($(Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2.nH2O$) ve illit ($(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}((OH)_2$.(H2O)) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Azeez ve ark., 2013).

Karbon nanotüpler

Karbon nanotüpler, kristal grafitlerden oluşan hekzagonal örgüdeki karbon atomlarının oluşturduğu silindirik yapı olarak tanımlanmaktadır. Yüksek elastik modül değerine sahip olan karbon nanotüpler mükemmel mekanik özellikler göstermektedir (Paluvai ve ark., 2014). Yüksek elektriksel ve termal iletkenlik karbon nanotüplerin üstün özellikleri arasındadır (Ulus ve ark., 2014)

Mineral dolgu maddeleri

Mineral dolgu maddeleri içerisinde talk, mika, wollastonit, kaolin, $CaCO_3$ termoplastik malzemeler ile beraber kullanılanlar arasında sayılabilir. Bunlar içerisinde talk (magnezyum silikat) ve $CaCO_3$ en çok kullanılanlardır.

Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$)

Kalsiyum karbonat; plastik mobilya, boru, otomotiv vb. birçok plastikten ürün üretiminde gerek doğal gerekse kaplanmış halde kullanılmaktadır. Kaplama çoğunlukla stearik asitle bazen de kalsiyum stearatla yapılmaktadır. Kalsiyum karbonatın bu tür kimyasallarla kaplanmasının nedeni yüzey enerjisini azaltmak ve polimer içerisinde daha iyi dağılmasını sağlamaktır (Taşkıran, 2014). Kalsiyum karbonat; camsı parlaklıkta ve renksizdir. Kolay öğütülür ve öğütüldüğünde beyaz renkli bir toz elde edilir.

Talk

Talk, $3MgO.4SiO_2.H_2O$ formülüne sahip hidratlı magnezyum silikattır. Beyaz renkte, kaygan ve yumuşaktır (Taşkıran, 2014).

Talk en yumuşak dolgu maddelerinden bir tanesidir (Mohs sertlik değeri, 1) ve kaygan özelliğe sahiptir. Seramik, boya, plastik, kağıt, kozmetik gibi sektörlerde pazardaki yerini almıştır. Talkın lifli, laminar, iğne şeklinde veya modüler şekillerde olmasına rağmen ticari olarak laminar yapısına sahip olanlar genel olarak polimerlerde kuvvetlendirici olarak kullanılmaktadır (Fındık, 2009).

Anorganik atıklar

Cüruf, çelikhane endüstrisi atıkları, uçucu kül vb. maddeler başlıca anorganik atıklardandır. Son zamanlarda üretim potansiyelinin artmasıyla birlikte ortaya çıkan atık miktarı da artmaktadır. Birçok endüstriyel işlemin sonunda elde edilen anorganik katı atıklar çeşitli yöntemlerle tekrar kullanılmaktadır. Bu atıkların değerlendirilmesi ile öncelikli olarak atık birikimi önlenip, atık depolama sorunu ortadan kaldırılmaktadır. Ayrıca ucuz ve değersiz atıkların kullanımı ile ürün maliyeti azaltılmaktadır (Güzel, 2016).

Tarımsal atıklar

Fındık kabuğu, mısır püsküllleri, pirinç kabuğu, meyve kabuğu, odun talaşı vb. kompozit malzemelerde kullanılan tarımsal atıklardan bazılarıdır. Tarımsal atıkların dolgu maddesi olarak kullanıldığı kompozit malzemelerin farklı amaçlarla farklı uygulamalarda kullanımı son zamanların dikkat çeken konularından birisi olmuştur. Mısır püskülü, buğday unu, çay atıkları, ceviz kabuğu, sebze atıkları, arpa, pirinç atıkları ve odun talaşı kompozit malzemelerde kullanılan tarımsal atıklardandır (Güzel, 2016).

Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

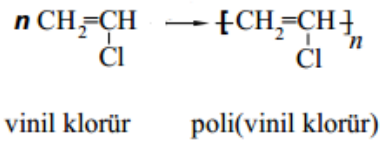
Teknolojinin her geçen gün ilerlemesi ile birlikte kompozit malzemelerin kullanım alanı her geçen gün artmaktadır. Masa, sandalye, televizyon, dikiş makinesi

parçaları, saç kurutma makinesi gibi çok kullanılan ev aletlerinde ve dekoratif ev eşyalarında, havacılıkta metal malzemeler yerine, savaş uçaklarının gövde panellerinde, yatay ve dikey dengeleyicileri ve hız frenleri, ön gövde ve kontrol yüzeylerinde, kurşun geçirmez yelekler ve zırh levhalarında, otomotiv sanayisinde, rüzgar türbin kanatlarında, yakıt tasarrufu sağlaması, daha hızlı hareket olanağı sağlaması ve daha konforlu olmasından dolayı deniz endüstrisi uygulamalarında, inşaatlarda çatı ve cephe kaplamalarında, köprülerde, yollarda, soğuk hava depolarında, basketbol potalarında, stadyum koltuklarında, kabin sistemlerinde ve levha gibi yapı malzemelerinde, hafif ve insan bedenine göre kolayca tasarlanması sebebiyle sağlık sektöründe, bir çok elektrik ve elektronik malzemenin yapımında, seralar, tahıl toplama siloları, su boruları ve sulama kanalları yapımında vb. kompozit malzemelerden yararlanılmaktadır.

2.6. Polivinil Klorür (PVC)

PVC günümüzde en çok kullanılan polimerlerden biridir. Özellikle inşaat yapı malzemeleri (atıksu boruları, pencereler vs.), ambalajlama, tıbbi aletler, elektrik kablolarının üretimi, otomotiv endüstrisi gibi alanlarda PVC vazgeçilmez malzemelerden biri haline gelmiştir. Düşük maliyetli olması, üretim sürecinin zaman içinde oldukça geliştirilmiş olması, bazı özelliklerinin (mekanik özellikler, çevre direnci vs.) değiştirilebilme olanağı PVC'nin en önemli avantajlardan bazılarıdır (Sterzyński, 2010).

PVC, vinilklorür monomerinden çeşitli katkı maddelerinin yardımıyla polimerize olması neticesinde elde edilen bir polimerdir. PVC beyaz toz ve renksiz granül şeklindedir. PVC yalıtkandır, asitlere, yağlara, hidrokarbonlara karşı dayanıklıdır. Plastikleştiriciler, stabilizanlar, dolgu maddeleri ve diğer bazı katkı maddelerin yardımıyla elastik ve sert bir yapıda olabilirler. PVC üretimi şematik olarak Şekil 2.9'da gösterilmektedir. Denklem 2.1'de aşağıda belirtilen n, tekrarlanan birimi gösterir ve günümüzde üretilen PVC türleri için 700-1500 arasında değişir.



(2.1.)

PVC, molekül yapısı ve morfolojisi ile her alanda kullanılabilirliği açısından oldukça önemli bir polimerdir. PVC doğal olarak tanecikli (partiküllü) yapıdadır ve üretim yöntemlerine göre iki ana partikül boyutunda üretilir. Süspansiyon ve kütle 100-180 mikron çaplı, emülsiyon polimerizasyonu ise 0.1-3.0 mikron partikül çaplı lateks tanecikleri verir. Emülsiyon polimerizasyonu ile üretilen PVC lateksi kurutulduğunda 5-50 mikron çaplı tanecik yapısına ulaşır (Ezdeşir ve ark.,1999).

Plastikleşticiler, PVC'nin adlandırılması ve özelliklerinin tanımlanması bakımından katkı maddelerinin en önemli grubunu oluştururlar. Plastikleştirici içeren PVC bileşimleri yumuşak PVC olarak tanımlanır. Bu ürünler istenilen madde özelliklerine sahip olabilmesi için gerekli plastikleştirici katkı maddesini yeteri kadar yüksek oranda içerirler. Plastikleştirici kullanılmayan PVC bileşimleri ve ürünleri genellikle sert PVC olarak adlandırılır (Aslankılıç, 2008).

PVC 'nin şekillendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemler ekstrüzyon, enjeksiyon, vakumla şekillendirme ve dönerek kalıplama yöntemleridir (Saçak, 2012).

PVC'nin kullanım alanları

PVC oldukça ucuz olduğundan çok geniş uygulama alanlarında kullanılır. PVC yaygın olarak teknik boru işlerinde ve kimyasal ekipmanlarda, genel hizmetlerde, pencere çerçevelerinde, şeffaf profil ve panellerde, ofis ekipmanlarında ve ambalajlarda (yağ, şarap, zayıf karbondioksit içeren içecek şişeleri gibi) kullanılır. Düşük molekül ağırlıklı enjeksiyonlu türler ise sağlık ve bilgisayar sektörü gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ezdeşir ve ark., 1999)

Sert PVC'nin kullanım sıcaklığı -5ºC ile 60 ºC arasındadır. Bu polimerden; atık su boruları, ızgara, oluk, su tesisatı parçaları, pencere çerçeveleri ve kasaları, basınç boruları, havalandırma boruları, vantilatör, yağ ve içecek kapları gibi malzemeler yapılır.

Yumuşak PVC'nin kullanım sıcaklığı, içerisine katılan plastikleştirici miktarına bağlı olarak -50 ºC ile 60 ºC arasında değişir. Yumuşak PVC; priz, oyuncak, fiş, boru,

yapışkan film, top, büro gereçleri, kırtasiye malzemesi, hortum yapımında ayrıca ısı ve ses izolasyonu, kablo kılıflaması ve kaplama amacıyla kullanılır (Saçak, 2012). PVC'nin kullanım alanları Çizelge 2.3'te verilmektedir.

Çizelge 2.3. PVC'nin kullanım alanları

Uygulama	**Rijit PVC**	**Esnek PVC**
İnşaat	Pencere çerçevesi, oluklar, borular, ev panelleri, tavan kaplaması	Su geçirmez membranlar, kablo izolasyonu, tavan kaplaması, seralar
Ev içi	Korniş, laminatlar, ses ve video teyp kasetleri, plaklar	Döşeme, duvar kağıdı, duş perdesi, suni deri, hortum
Ambalaj	Şişeler, kabarcıklı filmler, şeffaf paketler	Yapışkan film
Nakliye	Otomobil koltuk takımları	Sızdırmazlık, tavan kaplamaları, tel izolasyonu, pencere sızdırmazlık malzemeleri, dekoratif süsler
Tıbbi	-	Oksijen çadırları, kan ve diyaliz torbaları ve serum hortumları
Giysi	Güvenlik malzemeleri	Balıkçılar ve acil servisler için su geçirmez yağmurluk, can yelekleri, ayakkabı ve botlar, önlük ve bebek giysileri
Diğerleri	Bilgisayar disket kabı ve kredi kartları	Konveytör kayışları, suda yüzer malzemeler, spor malzemeleri, oyuncaklar

PVC'nin morfolojisi

Her bir PVC tanesinin morfolojisinin kontrolü PVC reçinesinin kalite kontrolünde ana parametredir. Bu konu, ortalama tane büyüklüğü, tane çapı dağılımı ve hepsinin önemlisi gözeneklilik ve birbiri ile yakın alakalı olan kütle yoğunluğunu kapsar (Ezdeşir ve ark.,1999)

a) Molekül ağırlığı (K-sayısı)

PVC, polimerleşme sıcaklığı ve K-sayısı arasında doğrudan ilişki olan nadir polimerlerdendir. Ticari PVC reçineleri için K-sayısı genelde 55-75 arasında değişmektedir. Çok az üretici bu aralığın dışında K50, K80 ve K90-100 olan polimerler üretmektedir. Ürünün mekanik özellikleri artan K-sayısı ile çok az değişmektedir. K-sayısı yüksek PVC tercih edilmelidir, ancak, işletme ekipmanlarının güç ve mekanik

sağlamlığı ve kalıptaki karmaşık eriyik akışı nedeni ile K-sayısı sıklıkla kısıtlanmaktadır.

b) Partikül boyutu

Polimer partikül boyutunu ölçmek için kullanılacak tekniğin seçimi, polimerlerin partikül boyutuna bağlıdır. Kütle ve süspansiyon polimerizasyonu yolu ile elde edilen PVC reçinelerin partikül boyutları elekler kullanılarak belirlenir. Elek tekniği ince ve kaba partiküllerin ölçümünde daha doğru sonuç verir. Partikül boyutunun belirlenmesinde klasik elek tekniğini yanı sıra lazer difraksiyon, Coulter Sayma ve resistive ve pulse teknikleri de kullanılmaktadır (Bayındır, 2009). Bazı ticari PVC'lerin elek analizleri Çizelge 2.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Bazı ticari PVC'lerin elek analizleri

Elek Analizi (gr/kg)	S27/R/63	S-23/R/59	S-29/R/64	S-65/R/68
0,177 *mm* elek arasında kalan	30	10	15	30
0,177-0,088 *mm* elek arasında kalan	60	60	60	60
0,063 *mm* elek arasında kalan	15	10	10	15

c) Görünür yoğunluk

Polimer görünür yoğunluğu; polimerin gözenekliliğine, boyutuna ve tanecik şekline bağlıdır. PVC reçinelerine ait görünür yoğunluk tayini iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan ilki sıkıştırılmamış (gerçek) yığınlarda görünür yoğunluk tayinidir. Bu standartta toz halindeki süspansiyon veya kütle polimer ağırlığı ve hacmi belli olan bir kaba alınır. Kabın üzerindeki fazla toz polimer atılır ve kap tekrar tartılır. Elde edilen polimer ağırlığının kabın hacmine bölünmesiyle polimerin sıkıştırılmamış (gerçek) görünür yoğunluğu elde edilir. Diğer yöntemde ise, süspansiyon ve kütle polimerlerine ait paketleme (ambalaj) yoğunluğu bulunur. Belli miktardaki PVC reçinesinin bölüntülü bir cam silindire konulup belli koşullar altında çalkalanıp sıkıştırılması ile elde edilen hacimleri hesaplanır. Her iki yöntemde de sonuç gram/cm^3 cinsinden ifade edilir (Bayındır, 2009)

2.6.1. PVC üretim yöntemleri

PVC üretiminde, ticari olarak dört polimerizasyon prosesi kullanılmaktadır. Bu prosesler;

1. Süspansiyon polimerizasyonu
2. Emülsiyon polimerizasyonu
3. Kütle polimerizasyonu
4. Çözelti polimerizasyonu

Süspansiyon polimerizasyonu

Süspansiyon polimerizasyonu, polivinil klorür üretimi için en uygun ve en yaygın yöntemdir. Suda monomer karıştırılarak dağıtılır. Stabilizatör olarak jelatin, polivinil alkol veya etil selüloz katılır. Başlatıcı olarak suda çözünmeyen, monomerde çözünen benzoil peroksit veya lauril peroksit katılır. 12-24 saat sürer ve 45-55˚C arasında gerçekleştirilir (Bayındır, 2009).

Polimerizasyon %90 dönüşüme kadar devam ettirilir, daha sonra reaksiyona girmemiş vinil klorür monomeri (VCM) uzaklaştırılıp geri kazanılır. PVC tanecikleri sudan filtre edilerek ayrılır, kurutulur ve toz halinde pazarlanır. Molekül ağırlığı polimerizasyon sıcaklığı ile ayarlanır. Süspansiyon prosesi ile elde edilen PVC'de yıkanmasına rağmen bir miktar süspansiyon yapıcı kalıntısı bulunduğundan ürünün termik stabilitesi kütle prosesi ile elde edilen PVC'den daha kötüdür (Bayındır, 2009).

Emülsiyon polimerizasyonu

Emülsiyon polimerizasyonunda sistem, monomerden, su içeren emülsiyonlaştırıcılardan ve suda çözünebilen başlatıcıdan oluşur. Kesikli işlemlerde polimerizasyon, tepkimer sıcaklığında (tipik olarak 540-60 ˚C) oluşan VCM buhar basıncına (1 MPa'ya kadar) dayanacak şekilde tasarlanmış bir otoklavda gerçekleştirilir. Emülsiyonlaştırıcıların ortamda bulunması nedeniyle, reaktör içeriğinin karıştırılması monomeri çok küçük damlacıklar halinde dağıtır (0,1 mikrona kadar). Başlatıcı (genelde, tek başına veya bir redükleyici maddeyle beraber potasyum veya amonyum persülfat veya daha karmaşık bir redoks sistemi, örnek olarak H_2O_2/$FeSO_4$/askorbik

asit) sıvı fazında serbest radikal üretimine yol açar ve monomer fazıyla sınır oluşturan bölge civarında tetikleme gerçekleşir. Dönüşüm normalde %90'dır. Tepkime diğer tekniklerde de uygulandığı gibi, fazla monomeri dışarı çekilerek sonlandırılır. VCM'nin polimerden sıyrılması sırasındaki işlemler süspansiyon polimeri üretimi aşamasında yapılanlara benzer fakat pratikte biraz daha zorlu olabilir (Aslankılıç, 2008).

Kütle polimerizasyonu

Kütle polimerizasyonu sistemi yalnızca monomer ve bir serbest radikal başlatıcıdan (genelde açil peroksit ve peroksikarbonat) ibarettir. Polimerizasyon, basınç altında (VCM'yi sıvı halde tutmak için) ve 40-70˚C sıcaklık aralığında gerçekleştirilir. İşlemin iki belirgin aşaması vardır; ilk olarak polimer tanecikleri oluşur ve sıvı VCM fazından ayrılır (bazı diğer polimerlerin aksine, polivinil klorür kendi monomerinden çözünemez) bu da heterojen bir yapı oluşturur. Bu aşamada, benzerliği ve taneciklerin doğru yapıda olmalarını sağlamak için yüksek hızda karıştırma yapılır. Nispeten düşük bir dönüşümle (%8-12), sıvı VCM'nin çoğunluğu geçirgen polimer tanecikleri tarafından emilir. Başta sıvı sistemde düşük olan viskozite, karıştırmanın verimini düşürecek biçimde artar. Bu arada tanecikler ikinci bir reaktöre aktarıma dayanacak kadar güçlü hale gelirler. Bu aşamada polimerizasyon derecesi ve taneciklerin büyüme hızları artarken katı (toz) bir faz ortaya çıkmaya başlar. İkinci aşamada gerekli olacak monomer ve başlatıcı aktarım sırasında eklenir. Yaklaşık %20 dönüşüme uğradığında malzeme nemli toz, %40 dönüşüme ulaşıldığında ise kuru toz görünümlü özelliği kazanır. İkinci aşamada büyük önem kazanan karıştırma, özel olarak tasarlanmış karıştırıcı bıçaklarla yapılır. Polimerizasyon, önceden belirlenmiş bir dönüşüm düzeyine erişildiğinde (genellikle %80), tepkimeye girmemiş VCM'nin ortamdan çekilmesi suretiyle sonlandırılır. Dibe çöken monomer, (reaktörde ya da ayrı bir kapta) taşıyıcı gaz görevi gören buhar veya soygaz verilerek polimerden ayrılır (Aslankılıç, 2008).

Çözelti polimerizasyonu

Monomerler çözücülerde çözülür, uygun reaksiyon şartlarında uygun katalizör yardımıyla polimerize edilir. Erimeyen polimer tortulaşır ve çözücüden arındırılır. Proses erime kabiliyeti ve film haline gelme özelliğine sahip polimer ve kopolimerlerin üretiminde kullanılmaktadır (Bayındır, 2009).

2.6.2. PVC'de kullanılan dolgu maddeleri

Dolgu maddeleri, yapı ve bileşimleri ile polimerlerden farklı olan ve plastiklere katı halde karıştırılan malzemelerdir. Polimerlerde kullanılan dolgu maddeleri, polimerlerin içinde çözünmeyen partiküllerden oluşan uçucu olmayan ve işleme derecesinde genelde polimerle etkileşmeye girmeyen maddelerdir. Bu tür katkılar başlangıçta sadece maliyeti düşürmek amacıyla kullanılmışlarsa da giderek takviye edici özelliklere sahip olanları da geliştirilmiştir (Keskingöz, 2010).

Ekstrüzyon, enjeksiyon kalıplama ve kalenderleme için 10 μm maksimum parçacık büyüklüğü normal olarak kabul edilebilir. Rijit PVC compoundlarında iyi fiziksel özellikler ve yüzey görünüşü için tanecik büyüklüğünün 1μm'den küçük olması gerekir. Ancak daha iyi ekipmanla ve gelişmiş formülasyon bilgisi sonucu maliyeti düşürmek amacıyla 5 μm'ye kadar tanecik büyüklüğünde de kullanılmaktadır (Titow, 1984). Dolgu maddeleri, PVC uygulamalarında maliyeti düşürmek amacıyla ilave edilmektedir fakat bir çoğu, aynı zamanda performans ve özelliklerini artırmak için de kullanılmaktadır. Maliyetteki iyileşme ile fiziksel özelliklerde kabul edilebilir düşüş arasından bir denge bulunmaktadır (Patrick, 2005).

Bazı mineraller, özellikle bazı doğal olarak meydana gelen silikatlar ve doğal karbonatlar PVC için en yaygın olarak kullanılan dolgu maddeleridir.

PVC'de kullanılan dolgu maddeleri genel olarak üç genel başlık altında düşünülebilir (Titow, 1984);

- Silikatlar
- Alkali metal sülfatlar
- Kalsiyum karbonatlar

Kalsiyum Karbonat ($CaCO_3$)

$CaCO_3$ formülüne sahip olan kimyasalı, doğada yüzde yüz saflıkta bulmak mümkün değildir. İçerisinde eser miktarda $MgCO_3$ safsızlığı içermektedir. Doğada en bol bulunan minerallerin başında gelen $CaCO_3$ farklı kristal formlarda bulunabilir.

En önemli özelliklerinden biri kolay bir şekilde öğütülebilmesidir. Bu özelliği sayesinde dolgu maddesi olarak kullanımı daha pratik olmaktadır. Yüksek kalitede bir

$CaCO_3$'ten beklenen özellikleri, yüksek saflık, aglomeran oluşturmaması, çok büyük bir yüzeye sahip olmaması, abrasif olmaması, kolay karıştırılabilir olması, sertliği ve E-modülünü arttırması, işleme hızını arttırması, malzeme yaşlanmasını azaltması ve maliyetinin düşük olması şeklinde sıralamak mümkündür. Ucuz bir mineral olması bakımından, maalesef yalnızca fiyata bakılarak kullanılsa da, sayılan özelliklerin nihai kaliteyi önemli derecede etkilediği bilinmektedir. $CaCO_3$ kullanılan plastiklerin darbe dayanımı artar, nihai üründe yüzey parlaklığı yükselir, esneklik artışı sonucu kırılma, yırtılma problemleri azalır ve E-modülü yükselir (Şenbil, 2014).

$CaCO_3$, çoğunlukla tortulu kayaçlardan klasik maden yöntemleri ile işlenir, öğütme ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulur. Bu şekilde elde edilen ürün doğal $CaCO_3$ olarak adlandırılır. Bunun yanı sıra kimyasal olarak üretilen çöktürülmüş $CaCO_3$ de bulunmaktadır. Plastik sektöründe kullanılan $CaCO_3$'ün %90'ında fazlası geleneksel öğütme yöntemleri ile hazırlanmaktadır (Yurdakul, 2011).

Baryum sülfat ($BaSO_4$)

Alkali toprak metal sülfatları arasında (Be, Mg, Ca, Sr, Ba ve Ra) PVC için yalnızca $BaSO_4$ pratikte uygulanabilir dolgu malzemesi olmuştur. Yüksek yoğunluklu olmasından dolayı (yaklaşık 4.5 g/cm^3) maliyet açısından dezavantaj getirmektedir. Parlaklığı ve düşük yağ absorpsiyonu avantajları arasındadır (Titow, 1984).

Baryum elementinin en yaygın minerali, $BaSO_4$'tür. Yüksek yoğunluğu, az aşındırıcı olması (Moh's 3-3.25), yüksek basınç ve ısı altında kimyasal sabitliğini koruması ve su ve asitlerde düşük çözünürlüğü, manyetik özelliğinin olmaması ve uygun maliyetlerle temini onun çeşitli endüstrilerde giderek yaygın kullanımını sağlamıştır (Aras, 2011).

Karbon siyahı (KS)

KS renk verici madde olmasının yanında, plastiğe sürtünmeye karşı direnç, termal dayanımı sağlar ve polimerin sertliğini artırır. Işığı emme özelliği ve düşük yüzey enerjisine sahip olmasından dolayı karbon siyahı polietilenin oksidasyonu önlemektedir. KS katkısıyla PVC' nin elektriksel direnci artırılmaktadır (Kaya, 2005).

Dünyada üretilen KS'nin %95'i kauçuk sanayinde tüketilmektedir. Kauçuk sanayi dışında plastik, boya maddesi, matbaa mürekkebi ve adsorban madde olarak kullanılmaktadır. Metan gazı, ağır ve hafif petrol yağları ve aromatik hidrokarbonların

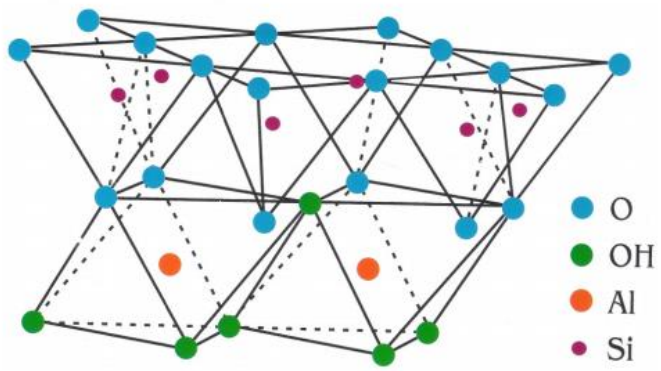
kısmi yanması (az ve kontrollü oksijen ortamında) veya ısıl bozunması sonucu elde edilir.

Kaolin

Kaolin $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ formülüne sahip %39,50 Al_2O_3, %46,55 SiO_2, %13,95 H_2O içeren bir mineraldir ve doğada Fe_2O_3, $CaCO_3$, mika gibi safsızlıkları da yapısında bulundurabilir (Yılmaz, 2013).

Mat ve gevşek toprağımsı görünümde nadiren kristal halde bulunan kaolinin sertliği 2-3, özgül ağırlığı 2.6'dır. Erime derecesi 1760 ^oC olup, refrakter malzeme olarak kullanılmaktadırlar. Saf olduğunda beyaz, safsızlıklara bağlı olarak yeşilimsi ve sarımsı renklerde olabilir (Yılmaz, 2013).

Kaolin, tabakalı bir yapı göstermekte olup kristal yapısı bir dört yüzlü ve bir de sekiz yüzlülerden oluşan birbirine bağlı iki tabakadan meydana gelmiştir. Kaolinin şematik görünümü Şekil 2.8'de verilmektedir.



Şekil 2.8. Kaolinin şematik görünümü (Yılmaz, 2013)

Kaolin, polimer içerisinde iyi dağılmamasına rağmen üstün elektrik özellik sağladığından plastiklere katılmaktadır. Partikülleri büyük olan kaolin, plastiğin çekme dayanımını, çok ince olan kaolin plastiğin eğilme gücünü ve yüzeyinin düzgün olmasını sağlamaktadır. Kaolinin kullanılmasıyla yüksek voltaja dayanıklı kablo ve tellerin elektriksel izolasyonu artırılmaktadır. Ancak yüksek seviyede yağ emmesi bazı plastiklerde kullanılmasını sınırlamaktadır. Polipropilene %50 düzeyi işlenmiş kaolin katıldığında opak kağıt gibi bir film elde edilmektedir (Kaya, 2005).

Odun tozu

Ağaç tozu olarak değişik ağaçların talaşlarının yanında şeker kamışı, mısır koçanı, saman gibi değişik bitki artıkları odun talaşları ile aynı dolgu materyali olarak kullanılır. Bu dolgular ucuzluğu, kolay bulunabilirliği, makinede düşük aşınma ve proses ekipmanlarına daha az zarar vermesi nedeniyle cam lifi, talk ve kalsiyum karbonat gibi diğer dolgu malzemeleri ile kıyaslandığında daha uygundur (Baş, 2015)

Lifli yapısının güçlü olması nedeniyle tercih edilmektedir. Buna ek olarak, reçineyle kolay ıslanması nedeniyle kolay compound hazırlanabilir. Düşük elektriksel özellikleri ve düşük boyutla stabilitesi nedeniyle üretim problemleri yaşanmaktadır (Titow, 1984).

Yer fıstığı kabuğu (YFK)

Yer fıstığı dünyada ve Türkiye'de önemli bir konuma sahiptir. YFK'nın son zamanlarda yapılan araştırmalarda kullanım alanları genişlemiştir. Bu kullanım alanları; aktif karbon, sunta, kontraplak, kompozit materyal plastik levha üretimi, yem dolgu maddesi, gübre katkı maddesi, çimento şeklinde sıralanabilir. YFK'nın kimyasal yapısı Çizelge 2.5 ve elementel analiz sonuçları Çizelge 2.6'da verilmiştir (Akkoç, 2011).

Çizelge 2.5. YFK'nın kimyasal yapısı (Akkoç, 2011)

Tanımlanan Madde	Miktar (%)
Lignin	32.8
Selüloz	45.3
Hemiselüloz	8.1
Protein	4.9
Kül	2.3

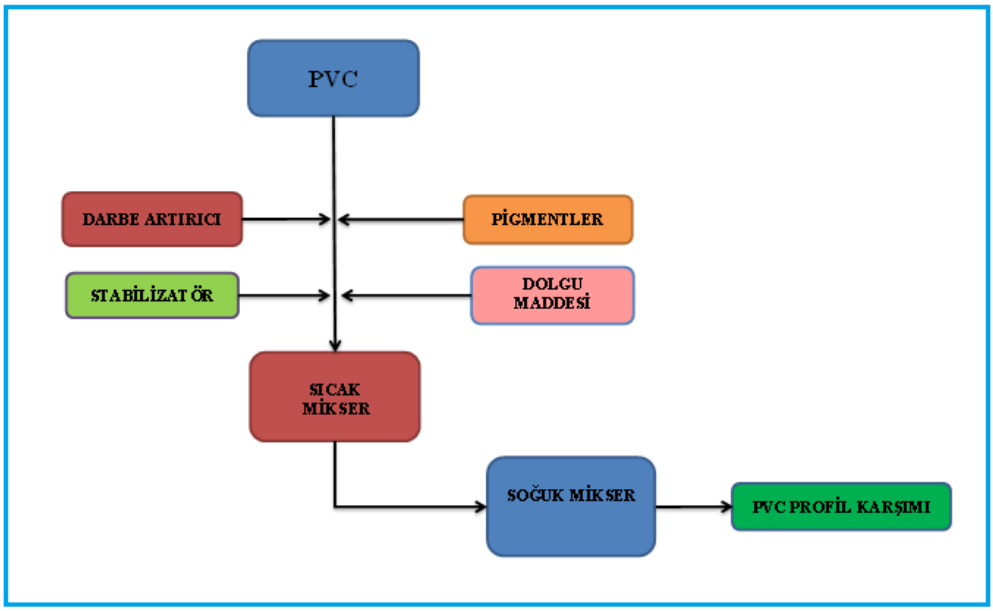
Çizelge 2.6. YFK'nın elementel analizi (Akkoç, 2011)

Element	Miktar (%)
C	41.53
H	5.55
N	2.13
S	0.24

2.7. PVC Profil Üretimi

2.7.1. PVC profil üretiminde kullanılan hammaddeler

Profil üretiminde kullanılan ana hammadde PVC'dir. Ancak PVC tek başına ekstrüde edilemez. Hem makine plastikleşmesinin, hem de profilde istenilen özelliklerin sağlanabilmesi için bir takım ilave katkı maddeleri ile desteklenmesi gerekir (Varol, 2010). Standart profil üretimi için gerekli olan karışım formülünü içeren malzemeler Şekil 2.9'da gösterilmektedir.



Şekil 2.9. PVC profil karışımlarının hazırlanması

Polivinil klorür (PVC)

Beyaz renkli toz şeklinde bir polimer olan PVC ısıl dayanımı düşük olduğu için tek başına kullanılmamaktadır. Pencere profil üretiminde süspansiyon polimerizasyon yöntemiyle üretilen sert PVC kullanılmaktadır.

$CaCO_3$ (Kalsiyum karbonat)

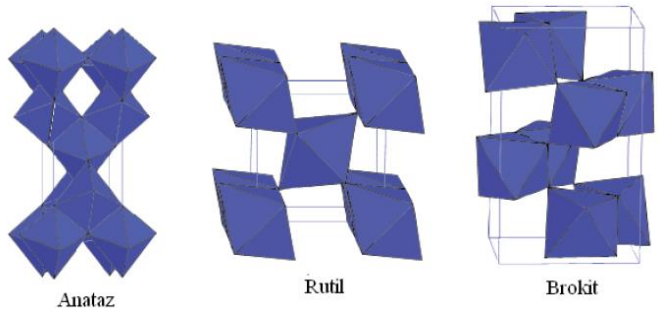
Profilde pürüzsüz bir yüzey elde etmek, mekanik ve termal özelliklerini artırmanın yanında maliyeti düşürmek amacıyla kullanılmaktadır.

Renklendiriciler

Polimerlerden yapılan ürünlerin rengini, polimerin kendisinin veya içerisindeki katkı maddelerinin absorpladığı veya yansıttığı ışınların dalga boyları belirler. Renklendiriciler, genelde organik veya anorganik boya ya da pigmentlerdir. Toz, sıvı ya da pellet halinde olabilirler ve çoğunlukla şekillendirilmeden önce polimerlere karıştırılırlar (Saçak, 2012).

TiO_2 (Titanyum dioksit)

Titanyum dioksit en yaygın kullanılan beyaz pigment olup, boya, kaplama, plastik, kağıt, mürekkep, fiber, gıda ve kozmetik ürünlerinde beyazlık ve donukluk sağlaması amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 2.10'da sırayla, anataz, rutil ve kristallerinin birim hücrelerini gösterilmektedir.



Şekil 2.10. TiO_2 yarı iletkene ait kristal formları (Kütükçü, 2011)

Darbe mukavemet artırıcı

Bazı plastik maddeler şoklara ve darbelere karşı dayanıklı değildir. Kauçuk ve graft polimerleri gibi elastomerlerin, plastikleştirici plastiğe ilave edilmesiyle, plastiklerin darbeye olan dayanıklılığı artırılmaktadır. Plastiklerin düşük sıcaklıklarda kırılgan olmaları nedeniyle, darbe direncini artırmak maksadıyla kullanılan katkı maddelerinin camsı geçiş sıcaklıklarının düşük olması gerekmektedir. Plastiğe katılan yumuşak maddeler, sert ve kırılgan olan plastiğe uygulanan darbeyi absorplamaktadır (Kaya, 2005).

Isı stabilizatörleri

Polimerler işlenmeleri sırasında veya kullanım yerlerinde ısı enerjisi ile karşılaşabilirler ve ısı etkisiyle bozunabilirler. Polimerlerin ısıl bozunmasını azaltmak amacıyla içlerine ısı stabilizatörleri adı verilen maddeler karıştırılır. Isı stabilizatörleri polimere verilen ısı enerjisini seçimli olarak absorplarlar ve polimer zincirine yüklenecek enerjiyi azaltırlar (Saçak, 2012).

İçerdiği bileşenler sayesinde hem formülün termik stabilitesini artırarak, PVC profil karışımın üretim esnasında ekstrüderde yanmasını engeller, hem de ışık stabilitesini artırarak ürünün güneş ışınlarından meydana gelecek zararlardan korunmasını sağlar. Son yıllara kadar kullanılan kurşun stabilizatörü içerdiği kurşunun insan sağlığına zarar vermemesine karşın doğada yok olmadığından kullanımından vazgeçilmiştir. Yerine kalsiyum/çinko stabilizatörü kullanılmaktadır.

2.7.2. PVC profil üretim aşamaları

PVC profilleri, mikserleme ve ekstrüzyon olmak üzere iki aşamada üretilmektedir. Şekil 2.12, Şekil 2.13, Şekil 2.15 ve Şekil 2.16'daki resimler Pakpen A.Ş.'de çekilmiştir.

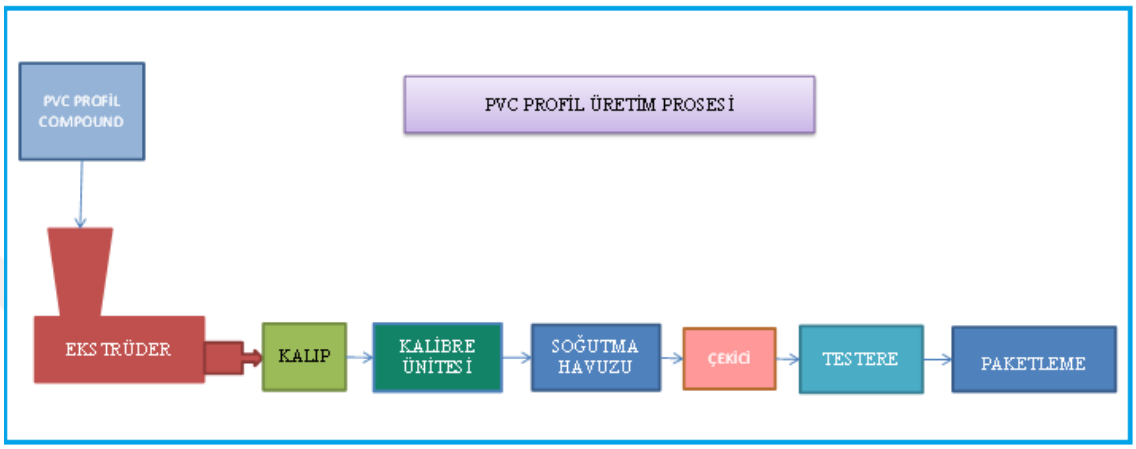
Mikserleme

Ekstrüderde işlenecek olan PVC ve diğer katkı maddelerinin, homojen karışım elde edilmesini sağlayan makineye mikser denir. Katkı maddelerinin polimer içinde homojen dağılım göstermesi gerektiği için mikserleme işlemi oldukça önemlidir.

Ekstrüzyon

Bir profil üretim hattını sırasıyla; besleme hunisi, ekstrüder makinası (kovan ve burgu), ekstrüzyon kalıbı, kalibre ünitesi, soğutma havuzu, çekici, testere ve paketleme bölümleri oluşturmaktadır.

Ekstrüzyonla profil üretiminin şematik gösterimi Şekil 2.11'de verilmektedir.



Şekil 2.11. PVC profil üretiminin şematik gösterimi

Besleme Hunisi

Huni eksrüderde işlenecek malzemenin düzenli bir şekilde beslenmesi sağlamaktadır. Besleme hunisi Şekil 2.12'de gösterilmektedir.



Şekil 2.12. Besleme hunisi

Ekstrüder

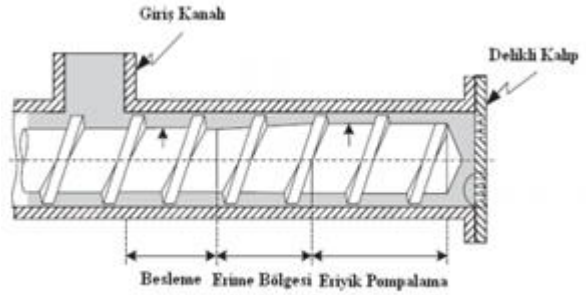
Profil üretim hattının ilk makinası ekstrüderdir. Elektrik donanımdan verilen komutla motor çalışır ve motor da şanzıman yardımıyla milleri çevirmektedir. Kovan içine giren hammaddede ısı etkisiyle plastifikasyon gerçekleşir. Bu işlem sırasında ısıtma, soğutma ve vakum sistemleri de kullanılmaktadır (Varol, 2010). Ekstrüder resmi Şekil 2.13'te gösterilmektedir.



Şekil 2.13. Ekstrüder makinası

Ekstrüder vidası

Ekstrüzyon vidası 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Giriş kanalından giren granüller erime başlamadan önce bir miktar karıştırılarak ilerler ve erime bölgesinde eriyik hale geçer. Bu aşamada ekstrüzyon vidası içindeki eriyik sıkıştırılır ve kalıba doğru pompalanır. Son kısımdaki delikli kalıp ile de vida içerisindeki eriyik basıncı arttırılarak malzemenin iyice kaynaşması sağlanır (Nart, 2011). Ekstrüder vidası Şekil 2.14'te gösterilmektedir.



Şekil 2.14. Ekstrüder vidası (Nart, 2011)

Kovan-burgu

PVC profil karışımının ergitilmesi, taşınması ve homojenleştirilmesini sağlarlar. Kovan çevresinde ısıtıcılar bulunmaktadır. Fazla ısınmayı önlemek için de fan yardımıyla hava üflenmektedir.

Ekstrüzyon kalıbı

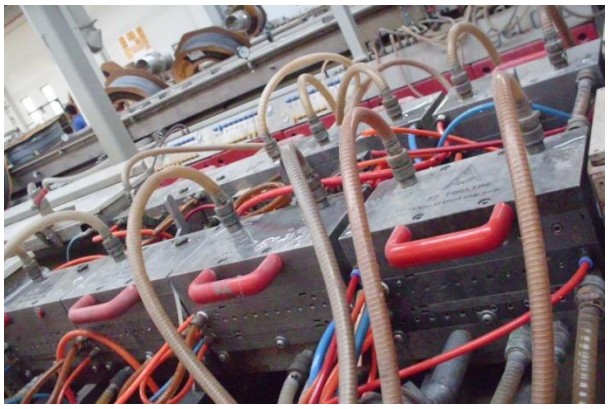
İstenilen şekil ve özellikte ürün yapabilmek için kullanılan kalıplardır. Kalıpta ısı kaybı olmaması ve eriyik plastiğin sıcaklığının sabit tutulması için üzerinde ısıtıcı sistem bulunmaktadır. Ekstrüzyon kalıbı Şekil 2.15'de gösterilmektedir.



Şekil 2.15. Ekstrüzyon kalıbı

Kalibre ünitesi

Kalibre ünitesi, kalıptan çıkan profilin soğutularak ve vakumlanarak son şeklinin verildiği kısımdır. Kalibre ünitesi Şekil 2.16'da gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Kalibre ünitesi

Soğutma ve Vakumlama Ünitesi

Vakum pompası ve soğutma pompası yardımıyla çıkan ürünün soğutma ve vakumlanmasının yapıldığı kısımdır.

Çekici

Eksrüder makinesinde işlenerek kalıp ve kalibreden geçen ürünü çekerek kesim bölümüne paletli bir sistem yardımıyla taşıyan sistemdir. Sürekli üretim açısından oldukça önemli bir sistemdir. Çekici aynı zamanda, üretilen profillerin üzerine koruyucu bantların takıldığı kısımdır.

Testere

Üretilen profilin boyutlandırma işlemi testere yardımıyla yapılmaktadır. Testere kendisine gelen komutu alarak kesme işlemini gerçekleştirir.

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Wang ve ark. (2003) çalışmalarında polipropilen (PP)/ baryum sülfat ($BaSO_4$) kompozitlerinin ara yüzey etkileşimlerinin mekanik performas üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. PP'nin özel işlem görmüş $BaSO_4$ tanecikleri ile sertleştirilebildiği (toklaştırılabildiği) görülmüştür. Ara yüzey modifikasyonu iki açıdan sertleştirmeye katkıda bulunmaktadır. Bunlarda ilki iyi zamanlanmış aşamalarda ara yüzey bağ ayrılması gerçekleşirken düzgün bir ara yüzey yapışması sağlamakta ve kontrol etmektedir. Bu deformasyonun başlangıç aşamasında inorganik taneciklerin stres aktarımını ve çatlakları dengeler ve bağ ayrılması yoluyla matris kirişlerinin plastik deformasyonu sırasında stres koşullarını tamamlar. İkinci ise, PP matris ve dolgu parçacıkları arasındaki modifiye arayüz dolguların nükleasyon yeteneğini artırması ve PP zincirlerinin hareketini geciktirici olmasıdır. Bu matris içinde daha mükemmel ve daha küçük boyutta PP kristallerinin oluşumuna yol açar ve bağ ayrılmasından sonra matrisin plastik deformasyonunu destekler.

Mallik ve ark. (2015) çalışmalarında tek vidalı extrüder ve 190-200°C arasında çalışan mikserleme makinesi kullanmışlardır. Düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) temel alınarak ham kaolin ve 800°C'da kalsine edilmiş kaolin ile aynı kütlece yüzde oranlarında kompozit malzemeler üretmişlerdir. Farklı ağırlık oranlarındaki dolguların (kütlece % 0, 2, 7, 10 ve 15) young modülü, kopmada uzama, shore sertliği ve su absorpsiyonu gibi bazı mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Dolgu maddesi ilavesinin mekanik özelliklerini artırdığı bulunmuştur. Su içinde absorpsiyon testi, farklı kompozitler için farklı daldırma zamanlarında yapılmıştır. Fick yasasına göre ağırlıkça %0 – 15 dolgu madde miktarı arttıkça kompozit malzemelerin su emme derecesi azaldığı tespit edilmiştir. Kalsine kaolin ham kaolinden daha iyi mekanik özellikler göstermiştir.

Alghamdi ve ark. (2013) polietilen/ karbon siyahı nanokompozitlerinin, yüksek gerilme hızlarındaki plastik deformasyonu sırasında meydana gelen iç ısı oluşumunu yüksek çözünürlüklü termal kamera kullanarak incelemişlerdir. Malzeme morfolojisi, gerilme oranı ve karbon siyahı (KS) içeriğinin çekme testi sırasındaki ısı oluşumu ve dolayısıyla mekanik davranışını etkilemesi nedeniyle kritik faktörler olduğu görülmüştür. Ağırlıkça %0.5, %1 ve %3 karbon siyahı içeren malzemelerin hazırlanması için iki farklı proses kullanılmıştır. Sıcaklık artışının proses yöntemine, karbon siyahı içeriği ve çekme hızına bağlı olduğu görülmüştür. Yüksek çekme

oranlarında plastik ısı oluşumuna bağlı sıcaklık artışı plastik sertik azalmasını ve çekme dayanımını azaltarak malzemenin özelliklerini etkilemiştir. Bu nedenle darbe koruması gibi yüksek gerilme oranları içeren uygulamalarda bu malzemelerin kullanımını büyük önem taşımakta olduğu belirtilmiştir.

Wang ve ark. (2008) çalışmalarında işlenmemiş PVC ile dolgu olarak atık bambu tozları kullanarak hazırlanan kompozitlerin stabilite ve mekanik özellikler üzerinde nem içeriği, bambu tanecik boyutu ve polivinil klorür (PVC) ile bambu tozu oranının etkilerini araştırmışlardır. Yüksek nem içeriğine sahip bambu tozu ile ile sıcak pres kalıplama yoluyla hazırlanan kompozit paneller mükemmel boyutsal kararlılık sergilemiştir.

Zhao ve ark. (2011) çalışmalarında kaolin/polipropilen (PP) kompozitlerinin mekanik ve termal özelliklerini geliştirmek amacıyla, bağlayıcı ajan olarak 3-(trimethoxysiyl) propil metakrilat (YDH-570) kullanılarak polimerleştirilebilir parçacık elde edilmiştir. Stiren benzoil peroksit (BPO) başlatıcısı kullanılarak radikal olarak polimerize edilmiştir. FTIR, parçacık boyut dağılımı, XRD ve TGA analizleri ile kaolin-polistiren parçacıklarının karakterizasyonu yapılmıştır. Geliştirilmiş kaolin ve sıradan kaolin polipropilen matrise katıldığında, geliştirilmiş kaolin/PP kompozitlerine göre daha iyi mekanik ve termal özelliklere sahip olmuştur.

Xie ve ark. (2004), PVC/$CaCO_3$ nanokompozitlerini $CaCO_3$ nano parçacıkları mevcudiyetindeki vinil klorürün in situ polimerizasyonu ile sentezlemiştir. Bu kompozitlerin termal, reolojik ve mekanik özellikleri dinamik mekanik analiz (DMA), termogravimetrik analiz (TGA), kapiler reolojisi, çekme ve darbe testleriyle değerlendirilmiştir. Sonuçlar $CaCO_3$ nanoparçacıklarının PVC matrislerinde %5'lik veya daha az vinil klorür (VC) in situ polimerizasyon süresinde düzenli dağıldığını göstermiştir. PVC fazındaki PVC/$CaCO_3$ nanokompozitlerinin camsı geçiş ve termal bozunma sıcaklıkları, PVC fazının segmantal ve uzun menzilli zincir hareketlerindeki $CaCO_3$ nanoparçacıklarının kısıtlanmasıyla daha yüksek sıcaklıklara kaydırılmıştır. Nanokompozitler kayma gerilimi incelmesi ve güç yasası davranışları göstermiştir. Küresel nano parçacıkların bilye etkisi (ball bearing) erimiş PVC/$CaCO_3$ nanoparçacıklarının viskozitesini azaltmıştır ve PVC/$CaCO_3$ nano kompozitlerinin kayma gerilimi arasındaki viskozite hassasiyeti saf PVC'de olduğundan daha yüksek gelmiştir. Üstelik PVC'ye oranla daha katı, tok ve %5'lik $CaCO_3$ nanoparçacıkları ile Young modülü, maximum gerilim kuvveti, kırılmadaki esneme ve çentikli charpy darbe enerjisinde ideal özelliklere ulaşılmıştır. Darbe ve gerilme testi örneklerinin

mikroskobik hata mekanizmaları, $CaCO_3$ nanoparçacıklarının stres artırıcı olarak nanoparçacıklar etrafındaki matris malzemesinin bozulmasına ve deforme olmasına yol açtığını göstermiştir.

Chen ve ark. (2015) aminopropitrimetilhoxilane (APS $(CH_3O)_3$–Si– CH_2– CH_2-CH_2–NH_2) ve $CaSO_4$/PVC kompozitinin fabrikasyonunun etkilerini incelemişlerdir. Deneysel veriler, $CaSO_4$ yüzeyinde APS aşınması ile elde edilen NaOH işlenmesi öncesi $CaSO_4$ parçacıklarının yüzeyler arası ($CaSO_4$ ve PVC matrisi arasındaki) adhezyonu geliştirdiğini göstermiştir. Yalnız APS modifikasyonu $CaSO_4$ kullanımı ile karşılaştırıldığında, NaOH ve APS modifikasyonlu $CaSO_4$ kullanımının $CaSO_4$/PVC kompozitinin darbe dayanımını 36.5 kj/m^2'den 50.2 kj/m^2'ye ve eğilme dayanımını 48.7 MPa'dan 62.1 MPa'ya artmasına yol açmıştır.

Zhang ve ark. (2004) çalışmalarında, çift vidalı bir ekstrüderde eriyik ekstrüzyon yöntemiyle izotaktik propilen (PP) ve $CaCO_3$ nanokompozitleri hazırlamıştır. Ticari $CaCO_3$ nanopartikülleri PP matris içerisinde zayıf bir dağılıma sahip olmuştur. Eriyik ekstrüzyonu sırasında küçük bir miktar noniyonik modifier, $CaCO_3$ partiküllerinin dağılımını geliştirmiştir. $CaCO_3$ nanopartiküllerinin PP'nin kristalizasyonu üzerindeki etkileri geniş açılı X-ray ışınımı ve polarize optik mikroskopta incelenmiştir. $CaCO_3$ partiküllerinin girişinin küresel kristallerin oluşum hızını düşürmesi ve β-formunda PP'nin oluşumunu başlatması nedeniyle küçük ve kusurlu PP kristalleri oluşumuyla sonuçlanmıştır. PP/$CaCO_3$ (85/15)'lik nanokompozite kütlece %1.5'lik nanoiyonik modifier eklendiğinde çekme dayanımı fazla değişmemiştir fakat kompozitlerin Izod darbe dayanımı önemli ölçüde artmaktadır.

Petchwattana ve ark. (2013) çalışmalarında poli(vinil klorür) ve pirinç kabuğundan ahşap plastik kompozitleri (APK) geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Pirinç kabuğunun partikül boyutu ve içeriğinin ahşap plastik kompoziti havuz kenarı döşemelerinin mekanik özellikleri ve görünüşü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar artan pirinç kabuğu içeriğinin darbe dayanımının düşmesine neden olduğunu göstermiştir. Büyük partikül boyutuyla üretilen kompozitler daha yüksek darbe dayanımı sergilemiştir. 60 PHR'den daha düşük pirinç kabuğu içeriklerinde çekme ve basma yüklemesinde; yüksek pirinç kabuğu içeriğinin daha iyi modül ve yüksek dayanıma neden olmuştur.

Kodal (2009) çalışmasında polipropilen ve dolgu maddeleri ile hazırlanan karışımların fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmada dolgu maddesi olarak talk, kalsit, kaolin, baryum sülfat, zeolit ve silan kullanılmıştır. Kaolin ve baritin

artan miktarlarda kullanılması akış özelliklerini daha da iyileştirirken, kalsit, talk ve zeolitin artan miktarlarda kullanılması akış özelliklerinde azalmalara neden olmuştur. Talkın tabakalı yapıda olmasının, zeolitin ve kalsitin yüksek oranlarda polipropilen içerisine katıldığında ekstrüderin vidalarının dönmesini iyice zorlaştırmasının bu duruma neden olduğu düşünülmüştür. Talkın tabakalı yapıda olmasından dolayı diğer katkı maddelerine göre daha iyi yüzde uzama ve akma dayanımı değerleri vermesi düşünülmesine rağmen, talk içeren kompozitlerin, artan talk miktarı ile akma dayanımı değerleri %10.81 azalırken, bu durum kaolinde %13.79, kalsitte %19.69 ve baritte ise %21,03 olmuştur. Deneylerde kullanılan katkı maddeleri içinde en iyi sonuçlar sırasıyla kalsit, barit, talk, kaolin ve zeolitte elde edilmiştir.

Oral (2006), çalışmasında kalsit dolgulu polipropilen kompozitlerde ara yüzey etkileşimindeki gelişimin mekanik ve fiziksel özelliklere etkilerini incelemiştir. Elde edilen test sonuçlarında yapıya uyumlaştırıcı ajan olarak ilave edilen maleik anhidrit aşılanmış polipropilen (MA-g-PP) ile kompozitin uzama değerindeki azalmanın yanında çekme ve eğilme mukavemetinde artış gözlenmiştir. SEM incelemesinde kalsit partiküllerinin yüzeyi ile polipropilen arasında bir ara yüzey oluştuğu gözlenmiştir. Bu ara yüzey etkileşiminden dolayı kompozitin kristallenme sıcaklığında bir artış gözlemlenmiştir.

Chodak ve ark. (1999), çalışmalarında, karbon siyahı katkılı polipropilen kompozitlerinin elektriksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Karbon siyahı katkısı ile kompozitin çekme modülünde, darbe dayanımında ve kırılganlığında artış gözlenmiştir. Karbon siyahı oranı arttıkça, kompozitin işlenebilme özelliği azalmıştır. Karakterizasyon testleri için gerekli numuneler, enjeksiyonlu ve basınçla kalıplama yöntemleri ile hazırlanmıştır. Basınçla kalıplama yöntemi ile hazırlanan kompozitlerin iletkenlik değerleri, enjeksiyonla kalıplama yöntemi ile hazırlanan kompozitlere göre daha yüksektir. Enjeksiyonlu kalıplama işlemi sırasında kompozitlere ekstra kayma kuvveti uygulanmış ve daha önceden oluşan iletken zincirleri bozduğu düşünülmüştür.

Rocha ve ark., (2009) çalışmalarında polivinil klorür (PVC) ile iki çeşit ağaç tozu kullanarak elde ettikleri kompozit malzemelerin mekanik özellikleri araştırmışlardır. Ağaç tozları olarak bubinga ve ceviz ağacı tozları kullanılmıştır. Araştırmada stabilizör ve yağlayıcı olarak Stabilox CZ 2973 GN, yine yağlayıcı olarak Wax PE 520 ve sodyum stearat malzemeleri kullanılmıştır. SEM analizlerinin sonuçları incelendiğinde ahşap tozlarının varlığı ana matrisin bozulma sıcaklığının artmasını ve malzemelerin daha iyi termal dayanımına sahip olmasını

sağlamıştır. Ahşap tozlarının düşük miktarda bulunması daha kırılgan bir malzeme olmasına sebep olmuş ve malzemeler akma noktasından hemen sonra kırılmışlardır. Ceviz tozu ile üretilen malzemelerin bubinga ile üretilenlere göre daha iyi çekme dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

Güzel (2016) çalışmasında, epoksi kompozit malzemelerde değerlendirilip hem çevresel kirliliğin önlenmesi hem de malzeme maliyetinin azaltılması amacıyla anorganik yapılı çelikhane cürufu ve organik yapılı yer fıstığı kabuğunu (YFK) dolgu maddesi olarak kullanmıştır. Çalışmada iki farklı epoksi reçinesi kullanılmıştır. Ayrıca modifiye çelikhane cürufu (MC) da kompozit malzemelerde dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Dolgu maddesi miktarının, sertleştirici türünün ve polietilen glikol (PEG) ilavesinin kompozit malzemelerin fiziko-mekanik ve termal özellikleri üzerine etkisini incelenmiştir. Çalışma sonucunda MC dolgulu kompozit malzemelerin fiziko-mekanik özelliklerinin saf cüruf içeren malzemelerden daha iyi olduğu görülmüştür. PEG ilavesi ile kompozit malzemelerin çekme dayanımı, TGA ve VYS değerlerinde kısmi bir azalma gözlenirken su sorpsiyon değerlerinde artış gözlenmiştir. Saf YFK'nin dolgu maddesi olarak kullanılması ile hazırlanan kompozit malzemelerin korozyon dayanımı, adhezyon özellikleri ve soğuk ortam direnci oldukça iyi olmasına rağmen artan YFK miktarı ile malzemeleri çekme dayanımı, Young modülü, TGA ve VYS değerler azalmıştır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Kimyasal Maddeler

PVC

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında matris olarak kullanılan PVC, PETKİM (Aliağa/İzmir) firmasından temin edilen Petvinil S65/68 ticari kodlu ürün olup, bazı fiziksel özellikleri Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Kullanılan PVC'nin özellikleri

Deney adı	Birimi	Değeri	Metodu
Viskozite sayısı	g/cm^3	109.0-122.0	TS EN ISO 1628-2
K sayısı	-	66-70	TS EN ISO 1628-2
Dökme yoğunluğu	g/cm^3	0.52- 0.60	TS 448 EN ISO 60
Tane Boyut Dağılımı >0.250 >0.063 mm	 Kütlece % Kütlece %	 Max 6 Max 92	ISO 13320
Uçucu madde	Kütlece %	Max 0.3	TS EN ISO 1269
Kirlilik	$Adet/dm^2$	Max 60	TS EN ISO 1265

Darbe artırıcı

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında, ROHM and HAAS (Gebze, Kocaeli) firmasına ait KM-1 kodlu, akrilik darbe mukavemet artırıcısı kullanılmıştır. Kullanılan darbe artırıcının akrilik bazlı olması, ürünlerin daha yüksek parlaklığa ve daha güzel bir yüzeye sahip olmasını sağlamaktadır. Kullanılan darbe artırıcının özellikleri Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Kullanılan darbe artırıcının özellikleri

Deney adı	Birimi	Değeri
Yığın Yoğunluğu	g/cm^3	0.414
Tane Boyut Dağılımı >0.250 mm >0.060 mm >0.045 mm	 Kütlece % Kütlece %	 13.3 0.18 5.6

Isı stabilizatörü

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında, Baerlocher (Almanya) firmasının Baeropan R91292 FP/3 kalsiyum/ çinko esaslı stabilizatörü kullanılmıştır.

TiO_2

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında, Kronos firmasına ait Rutil tipli Kronos 2220 kodlu TiO_2 kullanılmıştır. Profile beyaz rengini vermesi ve profilin ultraviyole ışık altında renk değiştirmesini önlemek amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan TiO_2 özellikleri Çizelge 4.3'te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Kullanılan TiO_2'nin özellikleri

Deney adı	Birimi	Değeri
Yoğunluk (ISO 787)	g/cm^3	4.0
TiO_2 içeriği (ISO 591)	%	≥ %92.5
Standart sınıflandırma (ISO 591)	R	R2

Dolgu maddeleri

Çalışmada dolgu maddesi olarak $CaCO_3$, KS, kaolin, $BaSO_4$ ve YFK kullanılmıştır.

$CaCO_3$

Hisar madencilik firmasının HisarCal ST-99 kodlu stearik asitle kaplanmış (10 lt stearik asit/1000 kg) $CaCO_3$'ü kullanılmıştır.

KS

Yaroslavskiy Teknicheskiy Uglerod firmasına ait N330 kodlu ürünü kullanılmıştır. Kullanılan KS'nin özellikleri Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Kullanılan KS'nin özellikleri

Özellikler	Limitler	Ölçüm sonucu
Elek üstü 500 µm (No. 35), Max %	0,001	0
Elek üstü 45 µm (No. 325), Max %	0,1	0,008
Dökme yoğunluğu, kg/m^3	380±25	395
Yağ absopsiyon sayısı cm^3/100 g	102 ± 5	101,5
İyot absorpsiyon sayısı, g/kg	82 ± 5	82,7

Kaolin

BASF firmasına ait ortalama partikül boyutu 1.4 µm, dökme yoğunluğu 0.537 g/cm^3 olan, TRANSLINK 37 kodlu kalsine kaolini kullanılmıştır.

$BaSO_4$

Başer Madencilik firmasının ürünü BB 5 EX kodlu mikronize $BaSO_4$ kullanılmıştır. $BaSO_4$ hammadde kimyasal analizi Çizelge 4.5'te, ürün özellikleri Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.5. $BaSO_4$ hammadde kimyasal analizi

Hammadde içeriği	**%**
$BaSO_4$	90.0 - 97.0
SiO_2	0.10 – 3.00
Fe_2O_3	0.05 – 0.50
CaO	1.00 – 4.00
Al_2O_3	0.01 – 1.00

Çizelge 4.6. $BaSO_4$ özellikleri

Ortalama tane büyüklüğü (d50)µm	**3.0 max**
En büyük tane (d98) µm	15.0 max.
Dökme yoğunluğu (ISO 787 / 11) gr/ml	1.60 - 1.75
Moh sertliği	3.25

YFK

Osmaniye Yalçınay Fıstıkçılık Ltd. Şirketinden alınmıştır. Ülkemizde fıstığın büyük bir kısmı ayıklanmış olarak satılmakta ve kabuk kısmı genellikle yakacak olarak kullanılmaktadır. YFK tanecik boyut analizi Çizelge 4.7'te verilmektedir.

Çizelge 4.7. YFK boyut analizi

Elek boyutu	**Elek üstü (%)**
0.250 mm	46.42
0.180 mm	11.11
0.125 mm	9.55
0.090 mm	9.87
0.063 mm	15.11
0.045	7.50
<0.045 mm	0.43

4.2. Yöntemler ve Cihazlar

4.2.1. Profil üretim aşamasında kullanılan cihazlar

Mikser

Profil üretimini gerçekleştirebilmek için PVC ve diğer hammaddelerin homojen bir şekilde karıştırılması (compound) için PAKPEN A.Ş.'de bulunan WEGOMA 50 Hz (1999) cihazı kullanılmıştır. Mikser iki bölümden oluşmakta olup, üst kısımda 120 ºC'ta sıcak karıştırma, alt kısımda ise soğuk karıştırma (çıkış sıcaklığı 45 ºC) yapılmaktadır. Sıcak ve soğuk mikser Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Sıcak ve soğuk mikser

Ekstrüder

Pencere profillerinin üretimi PAKPEN A.Ş. firmasında, endüstriyel çapta PVC pencere profil üreten bir ekstrüder hattında çift vidalı Krauss Maffei marka KMD 2-110 (1996) model ekstrüderde gerçekleştirilmiştir. Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.2. Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı

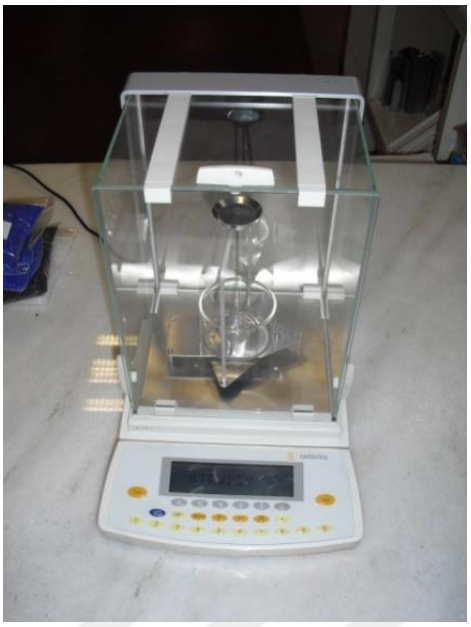
Dijital terazi

Dijital terazi, mikserleme öncesi karışımların hazırlanması sırasında gerekli tartımların yapılmasında kullanılmıştır.

4.2.2. Analizlerde Kullanılan Cihazlar

Yoğunluk tayini cihazı

PAKPEN A.Ş'de bulunan Sartorius marka yoğunluk tayini cihazı, malzemelerin yoğunluğunun TS EN ISO 1183–1 Standardında Metot A'ya uygun olarak ölçülmesinde Sartorius marka, LA 230 S model yoğunluk terazisi kullanılmıştır. Kullanılan yoğunluk cihazı Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Yoğunluk cihazı

Vicat yumuşama sıcaklığı tayini cihazı

Vicat yumuşama sıcaklığının tayininde PAKPEN A.Ş.'de bulunan CEAST marka 17212 model HDT-VICAT cihazı kullanılmıştır. Vicat yumuşama sıcaklığı cihazı Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Vicat yumuşama sıcaklığı tayini cihazı

Charpy darbe mukavemeti cihazı

Charpy darbe mukaveti tayini deneyinde Zwick marka 135113 E Model darbe cihazı kullanıldı. Charpy Darbe Cihazı, numuneye 2J kadar enerji uygulayan bir cihazdır. Charpy darbe mukavemeti cihazı Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Charpy darbe mukavemeti tayini cihazı

Çentik açma cihazı

Çentik açma cihazı, deney numunelerinin charpy darbe mukavemeti tayininde kullanılmak üzere, numunelerin her iki yüzeyinde V şeklinde iki çentik açılmasında kullanılmıştır. Cihaz Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Charpy çentik açma aparatı

Kaynaklı köşe mukavemeti tayini cihazı

Kaynaklı köşe mukavemeti deneyi için Wegoma marka, PR1 model cihazı kullanılmıştır. Kaynaklı köşe mukavemeti tayininde kullanılmış olan cihaz Şekil 4.7' de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Kaynaklı köşe mukavemeti tayini cihazı

Köşe kaynak makinası

Kaynaklı köşelerin mukavemeti tayini için 90 derecelik kaynak numunelerinin hazırlanmasında Wegoma marka WSA-L-200 model köşe kaynak makinası kullanılmıştır. Kaynaklı köşe makinası Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Kaynaklı köşe makinası

Soğutucu

Soğukta darbe mukavemeti deneyi için, numunelerin -10 ºC' de bekletilmesinde Uğur marka derin dondurucu kullanılmıştır.

Soğukta darbe cihazı

Soğukta darbe mukavemeti deneyinde, gerekli kuvvetin uygulanmasını sağlayan bir cihazdır. Darbe kütlesi, deney parçası sabitleyici ve serbest bırakma mekanizması olmak üzere üç kısımı vardır. Darbe kütlesi, 1000 gram ağırlığında ve 25 mm yarıçaplı bir yarım küre şeklindedir. Deney parçası destekleri, arasında 200 mm mesafe bulunan desteklerdir. Serbest bırakma mekanizması; deney numunelerinin üst yüzeyinden 1000 mm yükseklikten bulunan ve darbe kütlesinin serbest bırakılmasını sağlayan bir mekanizmadır. Deneyde kullanılan darbe cihazı Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Darbe cihazı

.

Sertlik tayini cihazı

Numunelerin sertlik testleri ISO 868 (Shore D) test standardına göre gerçekleştiriliştir. Kompozit malzemelerin sertliklerinin ölçülmesinde Nishi Tokyo Semitsu marka, Westop (Type D) cihazı kullanılmıştır. Kullanılan sertlik ölçüm cihazının resmi Şekil 4.10'da verilmektedir.



Şekil 4.10. Sertlik ölçüm cihazı

Etüv

Kalıcı termal uzamanın tayini için hava sirkülasyonu olan Carbolite marka, PF 200 model etüv kullanılmıştır.

Kumpas

Kalıcı termal uzama tayini testi ölçümleri Mitutoyo marka CD-30PPX model ile, charpy darbe mukavemeti ve vicat yumuşama sıcaklığı tayini için kompozit numunelerinin ölçümleri ise Mitutoyo marka, CD-15CPX model dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Termal stabilite tayini cihazı

Termal Tayini, Kimflor Kimya 763 PVC Thermomat cihazında yapılmıştır. Termal stabilite cihazı Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Termal stabilite cihazı

4.3. Kompozitlerin Hazırlanması

Üretimde standart olarak kullanılan $CaCO_3$ dolgu maddesine ek olarak; $BaSO_4$, KS, kaolin ve YFK dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Standart kompozit malzeme PVC, $CaCO_3$, TiO_2, ısı stabilizatörü ve darbe arttırıcı ilave edilerek hazırlanmıştır. Diğer katkı maddeleri sabit tutularak, referans malzemede kullanılan dolgu maddesi $CaCO_3$ yerine (kütlece %6, %9, %12, %15) kadar diğer dolgular katılarak % karışım oranlarına uygun bir şekilde terazide tartılmıştır ve kompozit malzemeler üretilmiştir. Ayrıca $CaCO_3$ ile diğer dolgu maddeleri % 50 oranında karıştırılarak farklı kompozit malzemeler de elde edilmiştir.

Denemelerin ağırlıkça bileşimleri Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmektedir.

Çizelge 4.8. $CaCO_3$ ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Hammadde	**Standart**	**Kaolin**	**$BaSO_4$**	**KS**	**YFK**
PVC	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Darbe artırıcı	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Dolgu ($CaCO_3$)	6.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Dolgu (diğer)	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Stabilizatör	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
TiO_2	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Toplam	63.25	63.25	63.25	63.25	63.25

Çizelge 4.9. Kaolin ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Hammadde	**%6 Kaolin**	**%9 Kaolin**	**%12 Kaolin**	**%15 Kaolin**
PVC	50.00	50.00	50.00	50.00
Darbe artırıcı	3.00	3.00	3.00	3.00
Dolgu (kaolin)	3.65	5.66	7.81	10.11
Stabilizatör	1.75	1,75	1.75	1.75
TiO_2	2.50	2.50	2.50	2.50
Toplam	60.90	62.91	65.06	67.36

Çizelge: 4.10. $BaSO_4$ ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Hammadde	**%6 $BaSO_4$**	**%9 $BaSO_4$**	**%12 $BaSO_4$**	**%15 $BaSO_4$**
PVC	50.00	50.00	50.00	50.00
Darbe artırıcı	3.00	3.00	3.00	3.00
Dolgu ($BaSO_{4)}$	3.65	5.66	7.81	10.11
Stabilizatör	1.75	1.75	1.75	1.75
TiO_2	2.50	2.50	2.50	2.50
Toplam	60.90	62.91	65.06	67.36

Çizelge: 4.11. KS ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Hammadde	**%6 KS**	**%9 KS**	**%12 KS**	**%15 KS**
PVC	50.00	50.0	50.00	50.00
Darbe artırıcı	3.00	3.00	3.00	3.00
Dolgu (K.S)	3.65	5.66	7.81	10.11
Stabilizatör	1.75	1.75	1.75	1.75
TiO_2	2.50	2.50	2.50	2.50
Toplam	60.90	62.91	65.06	67.36

Çizelge: 4.12 YFK ile hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Hammadde	**%6 YFK**	**%9 YFK**	**%12 YFK**	**%15 YFK**
PVC	50.00	50.00	50.00	50.00
Darbe artırıcı	3.00	3.00	3.00	3.00
Dolgu (YFK)	3.65	5.66	7.81	10.11
Stabilizatör	1.75	1.75	1075	1.75
TiO_2	2.50	2.50	2.50	2.50
Toplam	60.90	62.91	65.06	67.36

Mikserde önceden karıştırılarak elde edilen karışımlar, ekstrüdere manuel şekilde besleme yapılmıştır.

Kovan sıcaklıkları sırasıyla; 172 º C, 174 º C, 170 º C, 162 º C, 150 º C, 172 º C'dir. Kalıp sıcaklıkları sırasıyla; 180 º C, 180 º C, 195 º C, 180 º C'dir.

Kalıp ve kovan sıcaklıkları sabit tutularak, tüm formülasyonlardan 6'şar metre uzunluğunda 2 adet pencere profili üretilmiştir. Üretilen profiller daha sonra testere yardımıyla kesilerek deney için hazırlanmıştır.

4.4. PVC Kompozitlerinin Karakterizasyonu

Üretilen profil numuneleri aşağıdaki deneylere tabi tutulmuştur.

4.4.1. Yoğunluk

PVC kompozitlerinin yoğunluk tayini, TS EN ISO 1183-1 Standardında Metot A'ya uygun olarak yapılmıştır. 0,1 mg hassasiyetindeki malzemenin önce havada tartımı alınmış, sonra alkol içinde tartımı yapılarak otomatik olarak yoğunluk değerinin terazi üzerindeki göstergesinden (g/cm^3) şeklinde okunması yapılmıştır. Cihaz otomatik olarak aşağıdaki eşitliği (4.1) kullanarak hesaplama yapmaktadır.

$$\rho = \frac{m_{S,A} \times \rho_{IL}}{m_{S,A} - m_{S,IL}} \quad (4.1)$$

$m_{S,A}$: Numunenin havada görünür kütlesi (g)

$m_{S,IL}$: Numunenin daldırma sıvısında görünür kütlesi (g)

ρ_{IL} : Tedarikçi tarafından beyan edilmiş daldırma sıvısının yoğunluğu (g/cm^3)

4.4.2. Kalıcı termal uzamanın tayini

Kalıcı termal uzamanın tayini TS EN 479 standardına göre yapılmıştır. Kalıcı termal uzamanın tayini için hava sirkülasyonu olan Carbolite marka etüv ve dijital göstergeli kumpas kullanılmıştır.

Üretilmiş olan pencere profillerinden 250 mm uzunluğunda üç adet hazırlanmıştır. Her bir deney numunesinin karşılıklı her iki yüzeyinde, bir işaretleyici yardımıyla 200 mm mesafe uzunluğunda iki işaret yapılmış ve bu mesafe elektronik kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Etüv 100 ºC'a ulaştığında talk serpilmiş cam üzerine profiller yerleştirilmiştir. 60 dakika sonunda numuneler etüv'den alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. İki işaret arasındaki mesafe kumpasla tekrar ölçülmüştür.

4.4.3. Termal stabilite tayini

Termal stabilite tayini, TS 1006-3 EN ISO 182-3 standardına uygun olarak, PVC kompozitlerinin sıcaklığa dayanıklılık özellikleri yönünden karakterize edilmesi amacıyla yapılmıştır. PVC kompozit malzemesinden elde edilen deney parçası azot atmosferinde önceden belirlenen bir sıcaklığa (200 °C) kadar ısıtılmış ve açığa çıkan hidrojen klorür belli bir miktardaki deiyonize suda absorbe edilerek, açığa çıkan hidrojen klorür miktarı suyun iletkenliği ölçülerek tayin edimiştir. İletkenlik 50 µs/cm değişinceye kadar geçen zaman dakika cinsinden dayanıklılık süresi, t_s olarak otomatik sonuç alınmıştır. En uzun stabilizasyon süresi en iyi termal stabiliteyi, en kısa stabilizasyon süresi de en kötü termal stabiliteyi ifade etmektedir.

4.4.4. Vicat yumuşama sıcaklığı tayini

Vicat yumuşama sıcaklığının tayini, TS EN ISO 306 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Her numuneden kenarları 10 mm olan kare şeklinde 3 adet deney parçası alınarak deneye hazırlanmıştır. Deney numuneleri TS EN ISO 291'e göre hazırlanmıştır. Numune yerleştirilen hazneler yağ banyosu içine yerleştirilmiştir. Deneye başlama sıcaklığı 27°C olup, numunelerin cihaza yerleştirilmesinde 5 dakika sonra, numunelere metot B50'ye göre 50 N yük ve saatte 50°C ısıtma uygulanmıştır. Deney sonunda hazne iğnelerinin 1 mm derinliğe battığı andaki sıcaklık değeri ºC olarak deney sonuçları alınmış ve 3 numunenin ortalaması hesaplanarak elden edilen değer vicat yumuşama sıcaklığı değeri olarak kabul edilmiştir.

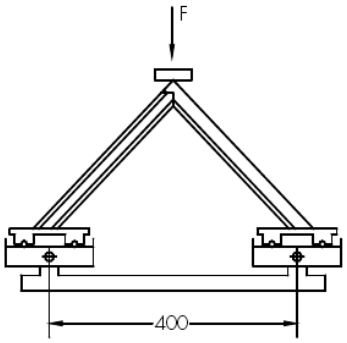
4.4.5. Soğukta darbe muvemeti tayini (kütle düşürme metodu)

Soğukta darbe mukavemeti tayini, EN 477 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Deney yapılacak profillerden her bir ürün için 30 cm boyunda 10 adet numune kesilmiş, kesilen deney parçaları -10 ºC'deki derin dondurucuda 1 saat bekletilmiştir. Soğutucudan çıkarılan profillerin dışta kalan yüzeyine, darbe cihazı ile profil yüzeyine darbe uygulanmıştır. Darbe tüm deney numunelerine aynı şekilde uygulanmış ve kırılan numune sayısına göre kırılma %'si hesabı yapılmıştır.

4.4.6. Kaynaklı köşelerin mukavemeti deneyi

Kaynalık köşelerin mukavemeti deneyi TS EN 514 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numunelerin deney için hazırlanması aşamasında, deney parçalarının her birinin, her bir köşesi 45º'lik açıyla iki parçaya kesilmiş ve bu parçalara ağırlık merkezleri arasındaki uzunluk 400 mm ve aralarındaki açı 90º olacak şekilde 230 °C sıcaklıkta, 11 saniye köşe kaynak makinasında termal yöntemle kaynak yapılmıştır. Her profil için tamamı aynı tip kaynakla kaynatılmış üç adet köşe kaynaklı numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler şematik olarak Şekil 4.12 'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Kaynaklı köşe numunesi

Deney parçaları deneye tabi tutulmadan en az iki 2 saat oda sıcaklığında 23 ºC' de bekletilmiş ve köşe kaynak test cihazında kaynaklı köşeye yukarıdan 50 mm/dakika hareket hızı ile kuvvet uygulama yöntemi ile profiller teste tabi tutulmuştur.

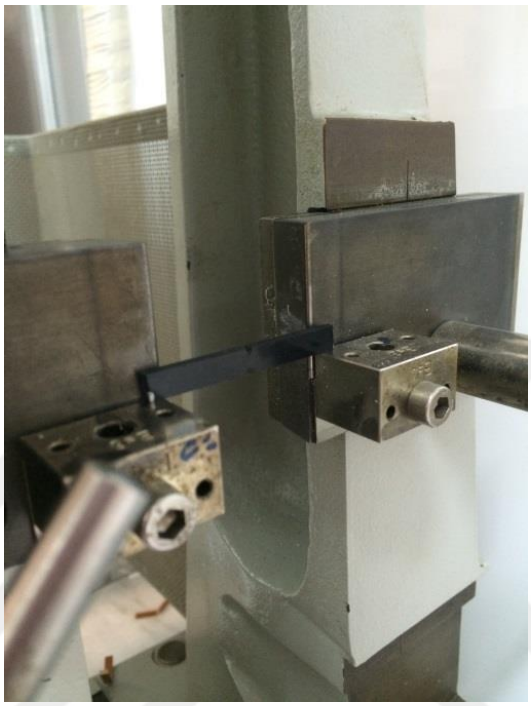
4.4.7. Charpy darbe mukavemeti tayini

Deney yapılacak profil numunelerinin üst yüzeylerinden boyu 50 ± 1mm, eni 6 ± 0.2 mm olmak üzere 10 tane numune kesilmiştir. Kesilen numunelere çentik açma aparatında, TS EN ISO 179-2 standardına göre çentik taban yarıçapı 0.10 mm ± 0.02 mm ve çentikler arası 3±0.1 mm olacak şekilde karşılıklı çift "V" çentik açılarak numuneler deney için hazırlanmıştır. Charpy darbe mukavemeti numuneleri Şekil 4.13'te gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Charpy darbe mukavemeti numuneleri

Deney yapılacak numunenin ölçüleri cihaza kaydedilmiş ve TS EN ISO 179-1 standardında belirtilen, yassı taraftan darbe alacak şekilde charpy darbe mukavemeti cihazına darbe tam çentiğe gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Deney numunesinin cihazda yerleşimi Şekil 4.14'te gösterilmektedir.



Şekil 4.14. Deney numunesinin cihazda yerleşimi

Charpy cihazının üzerindeki iki siyah pim çekilerek çekicin serbest kalması ve serbest kalan çekicin numune çentiğinin ortasına vurması sağlanmıştır. Deney, her bir ürün için 10 kere tekrar edilmiş ve ortalaması hesaplanmıştır.

Cihaz kj/m^2 biriminde sonuç vermekte olup, kullanmış olduğu formülasyon eşitlik 4.2.'de aşağıda verilmiştir.

$$a_{CN} = \frac{E_C}{h * b_N} * 10^3 \qquad (4.2)$$

a_{CN} : Charpy çentikli darbe mukavemeti (kj/m^2)

E_C : Deney esnasında absorbe edilen enerjinin düzeltilmiş değeri (j)

b_N : Çentik tabanından itibaren genişlik (mm)

h : Deney parçasının kalınlığı (mm)

4.4.8. Sertlik (Shore D) testi

Sertlik tayini TS EN ISO 868 standardına göre yapılmıştır. Deney cihazın batma ucunun deney parçası üzerine değdirilmesi ile yapılmaktadır. Dalma çubuğu ve batıcı uç, üzerindeki kuvvet temas kuvvetine eşit olacak şekilde deney parçası üzerine 15 s süreyle batma kuvveti uygulanmış ve sertlik ölçümleri 3 kez yapılarak ortalaması hesaplanmıştır.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Yoğunluk Tayini

TS EN ISO 1183–1 Standardında metot A yöntemine göre test edilen kompozit örneklerinin yoğunluk tayini değerleri Çizelge 5.1'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Yoğunluk tayini sonuçları

Numune	Yoğunluk (g/cm^3)
Standart ($CaCO_3$)	1.478
%6 Kaolin	1.451
%9 Kaolin	1.470
%12 Kaolin	1.493
%15 Kaolin	1.512
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	1.478
%6 $BaSO_4$	1.475
%9 $BaSO_4$	1.501
%12 $BaSO_4$	1.527
%15 $BaSO_4$	1.542
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	1.497
%6 KS	1.427
%9 KS	1.436
%12 KS	1.446
%15 KS	1.455
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	1.461
%6 YFK	1.403
%9 YFK	1.396
%12 YFK	1.390
%15 YFK	1.384
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	1.395

Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi kaolin, $BaSO_4$ ve KS dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerde dolgu maddesi miktarı arttıkça yoğunluk değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Örneğin; %6 oranında kaolin içeren numunenin yoğunluğu 1.451 g/cm^3 iken, %15 oranında kaolin içeren numunenin yoğunluğu 1.512 g/cm^3 olarak bulunmuştur. YFK kullanılan kompozit malzemelerin yoğunluğu diğer dolgu maddelerini içeren numunelere göre daha düşük olup kullanılan dolgu maddesi arttıkça yoğunluğun düştüğü görülmüştür. Örneğin % 9 oranında YFK

içeren numunenin yoğunluğu 1.396 g/cm^3 iken, %15 oranında YFK içeren numunenin yoğunluğu 1.384 g/cm^3 olarak bulunuştur.

Eşit oranda $CaCO_3$ ve dolgu malzemeleriyle hazırlanan kompozit malzemelerde genel olarak; $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ dolgu maddelerinin kullanıldığı profillerin yoğunluk değerlerinde standart numuneye göre artış olmaktadır. Kaolin içeren kompozit malzemenin yoğunluk değerinin, standart üretilen kompozit malzemenin yoğunluk değeriyle aynı olduğu görülmüştür. KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerin yoğunluk değerlerinde standart numuneye göre azalma görülmektedir.

5.2. Kalıcı Termal Uzama Tayini

TS EN 479 standardına göre test edilen kompozit malzemelerin, kalıcı termal uzama tayini sonuçları Çizelge 5.2'de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Kalıcı termal uzama tayini sonuçları (% uzama miktarı)

Numune	Üst yüzey (%)	Alt yüzey (%)
Standart ($CaCO_3$)	1.730	1.720
%6 Kaolin	1.490	1.460
%9 Kaolin	1.440	1.430
%12 Kaolin	1.430	1.400
%15 Kaolin	1.400	1.390
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	1.590	1.530
%6 $BaSO_4$	1.590	1.590
%9 $BaSO_4$	1.570	1.560
%12 $BaSO_4$	1.560	1.550
%15 $BaSO_4$	1.540	1.530
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	1.650	1.630
%6 KS	1.380	1.360
%9 KS	1.360	1.350
%12 KS	1.290	1.260
%15 KS	1.250	1.240
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	1.490	1.440
%6 YFK	1.680	1.660
%9 YFK	1.670	1.640
%12 YFK	1.650	1.630
%15 YFK	1.620	1.610
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	1.660	1.590

Çizelge 5.2'den de görülebileceği gibi kaolin, $BaSO_4$, KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerin kalıcı termal uzama değerlerinin

standart olarak üretilen kompozit malzemeye göre düşük olduğu görülmektedir. Benzer şekilde kompozit malzeme içerisindeki dolgu maddesi oranı arttıkça kalıcı kalıcı termal uzama değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Örneğin %6 YFK dolgu maddesi içeren kompozit malzemenin üst yüzeyinde % 1.680 oranında fark oluşurken, %12 YFK dolgu maddesi içeren kompozit malzemenin üst yüzeyinde %1.620 oranında fark meydana gelmiştir.

$CaCO_3$ ile eşit miktarda diğer dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerin kalıcı termal uzama değerlerinin standart üretilen kompozit malzemeye göre daha düşük olduğu görülmüştür. $CaCO_3$ ve KS içeren kompozit malzemelerde en düşük değerler alınmış olup en iyi termal davranış bu kompozit malzemelerde görülmüştür.

.

5.3. Termal Stabilite Tayini

TS 1006-3 EN ISO 182-3 standardına göre test edilen kompozit malzemelerin termal stabilite tayin sonuçları Çizelge 5.3'te verilmektedir.

Çizelge 5.3. Termal stabilite tayini sonuçları

Numune	Stabilizasyon süresi 50µS/cm (sa)
Standart ($CaCO_3$)	0.670
%6 Kaolin	0.750
%9 Kaolin	0.680
%12 Kaolin	0.610
%15 Kaolin	0.550
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	0.600
%6 $BaSO_4$	0.670
%9 $BaSO_4$	0.550
%12 $BaSO_4$	0.440
%15 $BaSO_4$	0.360
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	0.500
%6 KS	0.570
%9 KS	0.360
%12 KS	0.250
%15 KS	0.200
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	0.400
%6 YFK	0.440
%9 YFK	0.420
%12 YFK	0.400
%15 YFK	0.380
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	0.500

Çizelge 5.3'teki verilere göre kaolin, $BaSO_4$, KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerde genel olarak, stabilizasyon süresinin standart kompozit malzemeye daha düşük olduğu görülmektedir. Dolgu maddesi miktarı arttıkça stabilizasyon süresinde azalma meydana gelmiştir. Örneğin %6 YFK dolgu maddesi içeren kompozit malzemenin stabilizasyon süresi 0.440 saat iken, %15 YFK dolgu maddesi içeren kompozit malzemenin stabilizasyon süresi 0.380 saat olarak tespit edilmiştir.

$CaCO_3$ ile eşit oranda karıştırılarak hazırlanan profillerin stabilizasyon süresinin yalnızca diğer dolgu maddeleri kullanılarak hazırlanan profillerin stabilizasyon süresinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre en iyi termal stabilite sırasıyla; kaolin, $BaSO_4$, KS ve YFK dolgu maddeleri ile hazırlanan profillerde görülmüştür.

5.4. Vicat Yumuşama Sıcaklığı Tayini

TS EN ISO 306 standardının Metot B50 metoduna göre test edilen kompozit Vicat yumuşama sıcaklığı tayini sonuçları Çizelge 5.4.'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Vicat yumuşama sıcaklığı tayini sonuçları

Numune	VYS (ºC)
Standart ($CaCO_3$)	80.300
%6 Kaolin	80.900
%9 Kaolin	81.200
%12 Kaolin	81.500
%15 Kaolin	81.900
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	81.600
%6 $BaSO_4$	81.100
%9 $BaSO_4$	81.300
%12 $BaSO_4$	81.100
%15 $BaSO_4$	81.300
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	81.400
%6 KS	81.400
%9 KS	83.300
%12 KS	83.900
%15 KS	84.000
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	82.500
%6 YFK	78.900
%9 YFK	80.200
%12 YFK	81.300
%15 YFK	81.600
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	81.400

Çizelge 5.4'ten de görüldüğü gibi kaolin, $BaSO_4$, KS dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerde genel olarak vicat yumuşama sıcaklığı (VYS) değerlerinde ise standart numuneye göre artış olduğu görülmüştür. Kaolin, KS, YFK dolgu maddelerini içeren kompozit malzelerde dolgu maddesi miktarı arttıkça VYS değerlerinde yükselme olduğu görülmüştür. Örneğin; %9 kaolin dolgu maddesi içeren kompozit malzemenin VYS değeri 81.200 ºC iken, %15 kaolin dolgu maddesi içeren kompozit malzemenin VYS değeri 81.900 ºC olarak bulunmuştur. $BaSO_4$ içeren numunelerin VYS değeri, standart kompozit malzemeye göre daha yüksek olmasına rağmen, artan dolgu maddesine göre belirgin bir artış ya da azama olmamıştır. Ağırlıkça %6 ve %9 oranında YFK içeren kompozit malzemelerde VYS standart kompozit malzemeye göre daha düşük olduğu görülmüş olup, %12 ve %15 oranında YFK içeren kompozit malzemelerin VYS sonucunun standart kompozit malzemeye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. %6 oranında YFK içeren kompozit malzemenin VYS değeri 78.900 ºC iken, %9 oranında YFK içeren kompozit malzemenin VYS değeri 80.200 ºC olarak bulunmuştur.

$CaCO_3$ ile eşit oranda karıştırılarak hazırlanan kompozit malzemelerin VYS değerlerinin standart kompozit malzemeye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yalnızca $CaCO_3$ ile hazırlanan kompozit malzemenin VYS değeri 80.300 ºC iken, $BaSO_4$ ve $CaCO_3$ ile hazırlanan prof 81.4 C°, KS ve $CaCO_3$ ile hazırlanan kompozit malzemenin 82.500 ºC, YFK ve $CaCO_3$ ile hazırlanan kompozit malzemenin 81.4 ºC olarak ölçülmüştür. Bu değerlere göre en yüksek VYS değerinin KS ve $CaCO_3$ içeren kompozit malzemelerde olduğu tespit edilmiştir.

5.5. Soğukta Darbe Mukavemeti Deneyi (Kütle Düşürme Metodu)

EN 477 standardına göre hazırlanan test edilen kompozit malzemelerin soğukta darbe mukavemeti analiz sonuçları Çizelge 5.5'te verilmektedir. Her bir kompozit malzeme için yapılan 10 numuneye soğukta darbe testi uygulanmıştır, sonuçlar kırılma var/yok şeklinde değerlendirilmiştir. Kırılan numune sayısı belirlenerek, 10 deney numunesi içerisinde kırılma %'si hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. Soğuktadarbe mukavemeti deney sonuçları

Numune	Kırılma (%)
Standart ($CaCO_3$)	0.000
%6 Kaolin	0.000
%9 Kaolin	10.000
%12 Kaolin	20.000
%15 Kaolin	40.000
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	20.000
%6 $BaSO_4$	0.000
%9 $BaSO_4$	0.000
%12 $BaSO_4$	0.000
%15 $BaSO_4$	0.000
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	0.000
%6 KS	100.000
%9 KS	100.000
%12 KS	100.000
%15 KS	100.000
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	100.000
%6 YFK	50.000
%9 YFK	60.000
%12 YFK	80.000
%15 YFK	100.000
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	100.000

Çizelge 5.5'teki kırılma %'si verilerine göre kaolin, KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerin soğukta darbe dayanımının, standart kompozit malzemenin soğukta darbe dayanımına göre daha düşük olduğu görülmüştür. KS içeren kompozit malzemelerin tamamında kırılma meydana gelmiş olup, soğukta darbe dayanımının standart kompozit malzemeye ve diğer dolgu maddelerini içeren kompozit malzemelere göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Kaolin ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerde dolgu miktarına bağlı olarak kırılma yüzdesi artmıştır. Örneğin %6 YFK içeren kompozit malzemede kırılma miktarı % 50 iken, %12 oranında YFK içeren kompozit malzemenin kırılma miktarının %80.000 olduğu görülmüştür. $BaSO_4$ kullanılan numunelerde herhangi bir kırılma meydana gelmemiş olup, artan dolgu miktarının kompozit malzemelerin soğukta darbe dayanımını düşürmediği görülmüştür.

Ayrıca eşit oranda $CaCO_3$ ile eşit oranda diğer dolgu maddeleri ile karıştırılarak hazırlanan kompozit malzemelerde ise; kaolin ve $CaCO_3$ içeren kompozit malzemede %20 oranında kırılma meydana gelmiş olup, $CaCO_3$ ve KS, $CaCO_3$ ve YFK ile hazırlanan kompozit malzemelerin tamamında kırılma meydana gelmiştir. $BaSO_4$ ve

$CaCO_3$ içeren kompozit malzemelerde ise kırılma meydana gelmemiş olup, soğukta darbe dayanımının yüksek olduğu görülmüştür.

5.6. Kaynaklı Köşe Mukavemet Deneyi

TS EN 514 standardının göre test edilen kompozit malzemelerin kaynaklı köşe mukavemeti deney sonuçları Çizelge 5.6'da verilmektedir.

Çizelge 5.6. Kaynaklı köşe mukavemeti deney sonuçları

Numune	Mukavemet (N)
Standart ($CaCO_3$)	3160.000
%6 Kaolin	3290.000
%9 Kaolin	2840.000
%12 Kaolin	2470.000
%15 Kaolin	2070.000
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	2933.000
%6 $BaSO_4$	3307.000
%9 $BaSO_4$	3100.000
%12 $BaSO_4$	3200.000
%15 $BaSO_4$	3250.000
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	2960.000
%6 KS	1913.000
%9 KS	1810.000
%12 KS	1670.000
%15 KS	1560.000
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	2073.000
%6 YFK	2247.000
%9 YFK	2035.000
%12 YFK	1823.000
%15 YFK	1725.000
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	2257.000

Çizelge 5.6'dan da görüldüğü gibi kaolin, KS ve YFK içeren kompozit malzemelerde dolgu miktarı arttıkça, kaynaklı köşe mukavemeti tayini değerlerinde düşüş olduğu görülmüştür. Örneğin; %6 Kaolin içeren kompozit malzemenin kaynaklı köşe mukavemeti değeri 3307 N iken, %15 kaolin içeren kompozit malzemenin kaynaklı köşe mukavemeti değerinin 2070 N olduğu görülmüştür.

Kütlece %6, %12, %15 olacak şekilde $BaSO_4$ içeren kompozit malzemelerin kaynaklı köşe mukavemeti değerlerinin standart kompozit malzemeye göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Standart kompozit malzeme için bu değer 3160 N iken, belirtilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. $BaSO_4$ içeren kompozit

malzemelerde dolgu maddesi miktarına bağlı olarak belirgin bir artma veya azalma meydana gelmemiştir.

Eşit oranda $CaCO_3$ ve diğer dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerin kaynaklı köşe mukavemeti değerinin standart kompozit malzemenin kaynaklı köşe mukavemeti değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kaynaklı köşe mukavemet değeri $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ ile hazırlanan kompozit malzemede görülmüş olup, bu değer 2960 N olarak tespit edilmiştir. $CaCO_3$ ve YFK ile eşit oranda hazırlanan kompozit malzemelerin köşe kaynak mukavemeti değerinin yalnızca YFK dolgu maddesi ile hazırlanan kompozit malzemelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. $CaCO_3$ ve KS dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerin köşe kaynak mukavemeti değerinin en düşük olduğu tespit edilmiştir.

5.7. Charpy Darbe Mukavemet Deneyi

TS EN ISO 179-2 standardına göre test edilen kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti deney sonuçları Çizelge 5.7' de verilmektedir.

Çizelge 5.7. Charpy darbe mukavemeti deneyi sonuçları

Numune	(kj/m^2)
Standart ($CaCO_3$)	66.700
%6 Kaolin	59.300
%9 Kaolin	53.500
%12 Kaolin	50.800
%15 Kaolin	56.700
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	59.100
%6 $BaSO_4$	49.800
%9 $BaSO_4$	49.500
%12 $BaSO_4$	49.300
%15 $BaSO_4$	48.600
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	61.800
%6 KS	14.800
%9 KS	11.600
%12 KS	14.200
%15 KS	13.300
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	19.800
%6 YFK	21.000
%9 YFK	19.400
%12 YFK	15.100
%15 YFK	14.700
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	13.500

Çizelge 5.7'deki verilere göre %6, %9, %12 ve %15 oranında kaolin, KS ve YFK içeren kompozit malzemelerde dolgu maddesi miktarı arttıkça genel olarak charpy darbe mukavemeti azalmış olup, standart kompozit malzemenin charpy darbe mukavemeti değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; %9 $BaSO_4$ içeren kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti 49.500 kj/m^2 iken, %15 $BaSO_4$ içeren kompozit malzemenin charpy darbe mukavemetinin 48.600 kj/m^2 olduğu görülmektedir.

Kaolin dolgu maddesini içeren kompozit malzemelerde artan dolgu miktarına bağlı olarak darbe dayanımında önemli bir artma veya azalma olmamıştır.

YFK ve KS içeren numunelerin charpy darbe mukavemeti tayinini sonuçlarının standart kompozit malzemeye göre çok düşük olduğu görülmüştür, dolgu madde miktarındaki artışa bağlı olarak önemli bir artma ya da azalma gözlenmemiştir.

Eşit oranda $CaCO_3$ ile hazırlanan kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti değelerinin standart kompozit malzemeye göre daha düşük olduğu görülmüştür. $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ ile aynı oranda karıştırılarak hazırlanan kompozit malzemenin charpy darbe mukavemetinin, aynı oranda $CaCO_3$ ile hazırlanan diğer kompozit malzemelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu verilere göre $BaSO_4$ ve $CaCO_3$ içeren kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti 61.800 kj/m^2 iken, $CaCO_3$ ve YFK ile hazırlanan kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti 13.300 kj/m^2 olarak bulunmuştur. KS ve $CaCO_3$ dolgu maddelerini içeren kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti değerinin, yalnızca KS dolgu maddesiyle hazırlanan kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti değerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

5.8. Sertlik (Shore D) Testi

Sertlik testi TS EN ISO 868 standardına göre yapılmıştır. Kompozit malzemelerin sertlik değerlerinin belirlenmesinde kompozit malzemelerin görünür yüzeylerinden 3 adet ölçüm alınarak, bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Sertlik ölçüm sonuçları Çizelge 5.8'de verilmektedir.

Çizelge 5.8. Sertlik tayini sonuçları

Numune	Shore D
Standart ($CaCO_3$)	77.500
%6 Kaolin	76.000
%9 Kaolin	76.800
%12 Kaolin	78.000
%15 Kaolin	79.000
%50 $CaCO_3$ + %50 Kaolin	78.000
%6 $BaSO_4$	77.000
%9 $BaSO_4$	77.500
%12 $BaSO_4$	78.500
%15 $BaSO_4$	78.800
%50 $CaCO_3$ + %50 $BaSO_4$	78.000
%6 KS	79.000
%9 KS	79.500
%12 KS	79.800
%15 KS	80.000
%50 $CaCO_3$ + %50 KS	79.500
%6 YFK	75.500
%9 YFK	75.000
%12 YFK	74.300
%15 YFK	77.000
%50 $CaCO_3$ + %50 YFK	78.000

Çizelge 5.8'deki verilere göre; kaolin, $BaSO_4$ ve KS dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerde dolgu miktarı arttıkça sertlik değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Örneğin %6 kaolin içeren kompozit malzemenin sertlik değeri 76.000 iken, % 15 kaolin içeren numunenin sertlik değeri 79.000 olarak ölçülmüştür. YFK içeren kompozit malzemelerin sertlik değerlerinde artan dolgu maddesi miktarına göre düzenli bir artma veya azalmadığı görülmektedir. Diğer kompozit malzemelerin sertlik değerlerinde önemli ölçüde bir azalma ya da artma gözlenmemiştir.

Eşit oranda $CaCO_3$ ile diğer dolgularla hazırlanan kompozit malzemelerde sertlik değerlerinin standart kompozit malzemenin sertlik değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı dolgu maddeleriyle hazırlanan PVC kompozit malzemelerin mekanik ve termal özellikleri araştırılmıştır. Üretilen kompozit malzemelerin özelliklerini belirlemek amacıyla; yoğunluk tayini, kalıcı termal uzama tayini, termal stabilite tayini, vicat yumuşama sıcaklığı tayini, soğukta darbe mukavemeti tayini, kaynaklı köşe mukavemeti tayini, charpy darbe mukavemeti tayini ve sertlik tayini yapılmıştır.

Yoğunluk tayini sonuçları incelendiğinde; kaolin, $BaSO_4$ ve KS dolgu maddelerinin kullanıldığı PVC kompozit malzemelerde dolgu maddesi miktarı arttıkça yoğunluk değerlerinde artış olduğu görülmüştür. YFK ile hazırlanan kompozit malzemelerin yoğunluk değerinin, diğer dolgu maddelerini içeren kompozit malzemelerin yoğunluk değerlerinden düşük olup, kullanılan dolgu maddesi miktarı arttıkça yoğunluk değerinin düştüğü görülmüştür. Eşit oranda $CaCO_3$ ve diğer dolgu maddeleri ile hazırlanan PVC kompozit malzemelerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde; $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ dolgu maddelerinin kullanıldığı PVC kompozit malzemelerinin yoğunluk değerlerinde standart numuneye göre artış olmuştur. $CaCO_3$ ve kaolin içeren kompozit malzemenin yoğunluk değerinin, standart numunenin yoğunluk değeri ile aynı olduğu görülmüştür. KS/$CaCO_3$ ve YFK/$CaCO_3$ dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerin yoğunluk değerleri, standart numuneye göre azalmıştır. $CaCO_3$-KS ve yoğunluk değerleri standart numuneye göre azalma tespit edilmiştir.

$BaSO_4$, KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı PVC kompozit malzemelerinin kalıcı termal uzama değerlerinin standart numuneye göre düşük olduğu görülmüştür. Benzer şekilde kompozit malzemelerde içerisindeki dolgu maddesi oranı arttıkça kalıcı termal uzama değerlerinde azalmada artış olduğu görülmüştür. Eşit oranda $CaCO_3$ ve diğer dolgu malzemeleri kullanılarak hazırlanan PVC kompozit malzemelerinin kalıcı termal uzama tayini değerleri incelendiğinde; standart numunenin kalıcı termal uzamanın diğer PVC kompozit malzemelerinden düşük olduğu görülmüştür. Kalıcı termal uzama, $CaCO_3$/KS ile hazırlanan kompozit malzemelerde en düşük olup, en iyi termal davranış bu kompozit malzemelerde görülmüştür.

Termal stabilite tayini değerlerine göre; kaolin, $BaSO_4$, KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı PVC kompozit malzemerde genel olarak, stabilizasyon süresinin standart PVC kompozit malzemesine göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Dolgu maddesi miktarı arttıkça stabilizasyon süresinde azalma meydana gelmiştir. Eşit oranda $CaCO_3$ ve diğer dolgu malzemeleri kullanılarak hazırlanan PVC kompozit malzemelerinin termal stabilite tayini sonuçları incelendiğinde; $CaCO_3$ ile eşit oranda karıştırılarak hazırlanan kompozit malzemelerinin stabilizasyon sürelerinin standart PVC kompozit malzemesine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. $CaCO_3$ ile eşit oranda karıştırılarak hazırlanan kompozit malzemelerin stabilizasyon süresinin yalnızca diğer dolgu maddeleri kullanılarak hazırlanan kompozit malzemelerinin stabilizasyon süresinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre en iyi termal stabilite sırasıyla; kaolin, $BaSO_4$, KS ve YFK dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemerinde görülmüştür.

VYS sonuçlarına göre; kaolin, $BaSO_4$, KS dolgu maddelerinin kullanıldığı PVC kompozit malzemelerinde genel olarak; VYS değerinde standart PVC kompozit malzemesine göre artış olduğu görülmüştür. Kaolin, KS, YFK dolgu maddelerini içeren kompozit malzemelerde dolgu maddesi miktarı arttıkça VYS değerlerinde yükselme olduğu görülmüştür. $BaSO_4$ içeren kompozit malzemelerinin VYS değeri, standart PVC kompozit malzemenin VYS değerine göre daha yüksek olmasına rağmen, malzemerin artan dolgu maddesine göre belirgin bir artış ya da azama olmamıştır. $CaCO_3$ ile eşit oranda karıştırılarak hazırlanan kompozit malzemelerinin VYS değerinin, standart PVC kompozit malzemesinin VYS değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; en yüksek VYS değeri KS ve $CaCO_3$ içeren kompozit malzemelerde görülmüştür.

Soğukta darbe mukavemeti deneyine sonuçları incelendiğinde; kaolin, KS ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerinin darbe dayanımının standart PVC kompozit malzemesin soğukta darbe dayanımına göre daha düşük olduğu görülmüştür. KS içeren PVC kompozit malzemelerin tamamında kırılma meydana gelmiş olup, soğukta darbe dayanımının standart kompozit malzemeye ve diğer dolgu maddelerini içeren kompozit malzemelere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Kaolin ve YFK dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit malzemelerde artan dolgu miktarına bağlı olarak kırılma oranı artmıştır. $BaSO_4$ kullanılan numunelerinde herhangi bir kırılma meydana gelmemiş olup, artan dolgu miktarının kompozit malzemelerin soğukta darbe dayanımını düşürmediği görülmüştür. Ayrıca eşit oranda $CaCO_3$ ile eşit oranda diğer dolgu maddeleri ile karıştırılarak hazırlanan PVC kompozit malzelerinde ise; $CaCO_3$ ve KS, $CaCO_3$ ve YFK ile hazırlanan kompozit malzemelerin tamamında

kırılma meydana gelmiştir. $BaSO_4$ ve $CaCO_3$ içeren kompozit malzemelerde ise kırılma meydana gelmemiş olup, soğukta darbe dayanımının yüksek olduğu görülmüştür.

Kaynaklı köşe mukavemeti tayini sonuçlarına göre; kaolin, KS ve YFK içeren kompozit malzemelerde dolgu miktarı arttıkça, kaynaklı köşe mukavemeti değerlerinde düşüş olduğu görülmüştür. Kütlece %6, %12, %15 içeren $BaSO_4$ içeren PVC kompozitlerinin kaynaklı köşe kaynak mukavemeti değerlerinin standart PVC kompozit malzemesine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. $BaSO_4$ içeren kompozit malzemelerde artan dolgu maddesi miktarına bağlı olarak belirgin bir artma veya azalma olmamıştır. Eşit oranda $CaCO_3$ ve diğer dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerinin kaynaklı köşe mukavemeti değerlerinin, standart PVC kompozit malzemesine göre daha düşük olduğu görülmüştür. En yüksek kaynaklı köşe mukavemet değeri $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ ile hazırlanan PVC kompozit malzemelerinde alınmıştır. $CaCO_3$ ve YFK ile eşit oranda hazırlanan PVC kompozit malzemelerinin, kaynaklı köşe mukavemeti değerinin yalnızca YFK dolgu maddesi ile hazırlanan kompozit malzemelerin kaynaklı köşe mukaveti değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. $CaCO_3$ ve KS dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerin kaynaklı köşe mukavemeti değerinin en düşük olduğu görülmüştür.

Charpy darbe mukavemeti sonuçlarına göre; kaolin, KS ve YFK içeren PVC kompozit malzemelerinde, dolgu maddesi miktarı arttıkça genel olarak charpy darbe mukavemeti azaldığı görülmüş olup, standart PVC kompozit malzemesinin charpy darbe mukavemeti değerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Kaolin dolgu maddesini içeren kompozit malzemelerinin charpy darbe mukavemeti sonuçlarında, standart PVC kompozit malzemesinin sonuçlarına daha yakın alınmış olup, artan dolgu miktarına bağlı olarak kompozit malzemelerin darbe dayanımında önemli bir artma veya azalma olmamıştır. YFK ve KS içeren kompozit malzemelerin charpy darbe mukavemeti tayinini sonuçlarının standart kompozit malzemeye göre çok düşük olduğu görülmüştür, madde miktarı artışıyla önemli bir artma ya da azalma gözlenmemiştir. Eşit oranda $CaCO_3$ ile hazırlanan kompozit malzemelerinin, charpy darbe mukavemeti değerlerinin standart PVC kompozit malzemenin charpy darbe mukavemeti değerlerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ ile aynı oranda karıştırılarak hazırlanan PVC kompozit malzemelerinin charpy darbe mukavemeti değerlerinin, aynı oranda $CaCO_3$ ile hazırlanan diğer kompozit malzemelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. KS ve $CaCO_3$ dolgu maddelerini içeren kompozit malzemelerinin charpy

darbe mukavemetinin, yalnızca KS dolgu maddesiyle hazırlanan kompozit malzemelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Sertlik tayini sonuçlarına göre; kaolin, $BaSO_4$ ve KS dolgu maddeleri ile hazırlanan PVC kompozit malzemelerinde, dolgu miktarı arttıkça sertlik değerlerinde artış olduğu görülmüştür. YFK içeren kompozit malzemelerin, sertlik değerlerinde artan dolgu maddesi miktarına göre düzenli bir artma veya azalmadığı görülmüştür.Eşit oranda $CaCO_3$ ile diğer dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerin sertlik tayini sonuçları incelendiğinde; standart PVC kompozit malzemenin sertlik değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Farklı dolgu maddeleri ile hazırlanan kompozit malzemelerin termal ve fiziko-mekanik analiz sonuçlarına göre; kullanılan dolgu maddeleri kompozit malzemelerin termal dayanımında genel bir artışa neden olurken darbe mukavemetinde kısmen azalmaya neden olmuştur. Bu sonuçlara göre; $BaSO_4$, KS, kaolin ve YFK dolgu maddeleri kullanılarak üretilen PVC kompozit malzemelerin yüksek darbeye mukavemeti gerektirmeyen durumlarda rahatlıkla kullanılabileceğini göstermiştir.

Genel olarak sonuçlara bakıldığında bu tür dolgu maddeleri ile PVC kompozit üretiminin endüstriyel boyutta gerçekleştirilebileceği tespit edilmiş olup, fazla mekanik ve termal dayanım gerektirmeyen yerlerde, iç cephelerde ses yalıtımı, kapı, pervaz vb. amaçlarla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

Akkoç, Y., 2011, Yer fıstığı kabuğu, yer fıstığı kabuğu kömürü ve köpüğü üzerine cibacron red C-2G'nin adsorpsiyonu, YL Tezi, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi FBE*, Kilis, 1-2.

Akyüz, Ö., F., 2006, Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, *PAGEV Yayınları*, 5-50.

Alghamdi, A., S., Ashcroft, I., A., Song, M., Cai, D., , 2013, Morphology and strain rate effects on heat generation during plastic deformation of polyethylene/carbon black nanocomposites, *Polymer Testing*, 32, 1105-1113.

Arı, G., A., 2009, Polimer nanokompozitlerin özelliklerine değişik nanopartiküllerin etkisinin incelenmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi FBE*, İstanbul, 3.

Aras, Ö., 2011, Baryum sülfat kristalizasyonuna polielektrolitlerin etkisi, YL Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul, 24-25.

Aslankılıç, Z., 2008, Alev geciktirici katkı maddelerinin PVC üzerindeki etkilerinin incelenmesi, YL Tezi, *İstanbul Üniversitesi FBE*, İstanbul, 7-8.

Avcı, E., 2012, Ahşap Plastik Kompozitlerin Kullanım Performansları Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi FBE*, İstanbul, 28.

Azeez, A. A., Rhee, K.Y., Park, S.J., Hui, D.,, 2013, Epoxy clay nanocomposites processing, properties and applications: a review, 308-320.

Bayındır, F., 2009, Alternatif panel mobilya malzemesi olarak polivinil klorür (PVC) levhaların bazı mekanik özellikler açısından geleneksel malzemelerle karşılaştırılması, YL Tezi, *Muğla Üniversitesi FBE*, Muğla, 14-19.

Bayraktar, Ş., 2011, Karbon elyaf takviyeli polimer kompozit malzemelerin frezeleme işleminde işlenebilirliğinindeneysel araştırılması, YL Tezi, *Gazi Üniversitesi FBE*, Ankara, 23-27.

Beşergil, B., 2016, Ticari polimerler işleme teknikleri [online], Manisa, Celal Bayar Üniversitesi, http://www.bayar.edu.tr/besergil/isleme_teknikleri.pdf [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2016].

Beşergil, B., 2008, Polimer Kimyası, *Ankara, Gazi Kitabevi*, 15-35.

Ceritbinmez, F., 2014, Plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve üretilen parçalarda çapaklanmaya etki eden parametrelerin incelenmesi, YL Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi FBE*, Hatay, 22.

Chen, H., Y., Wang, J., Ma, P.,Y., Liang,j., Xiang, L., 2015, Influence of hydroxylation of PVC/$CaSO_4$ composite, *Applied Surface Science*, 357, 2320-2326.

Chodak, I., Omastova, M., Pionteck, J., , 1999, Relation between electrical and mechanical properties of conductive polymer composites, *Journal of applied polymer science*, 82, 1903-1906.

Çoban, O., 2007, Polimer kompozitlerde çevresel etkilerin darbe yüklemeleri altındaki davranışlarına ve kırılma morfolojilerine etkileri, YL Tezi, *Kocaeli Üniversitesi FBE*, Kocaeli, 6-7.

Deveci, H., 2008, Karboksil gruplu stiren kopolimerleri ve modifiye polistirenlerin sentezi ve özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi FBE*, Konya, 1-2.

Demircan, S., F., , 2009, Fındık kabuğu dolgulu polietilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi, YL Tezi, *Marmara Üniversitesi FBE*, İstanbul, 5-8.

Demirci, A., 2010, Plastik ekstrüderlerinde ısıtma-soğutma proseslerinin incelenmesi, YL Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul, 10-12.

Demirci, S., 2015, Yerli baritin baryum içeren pigmentlerin üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması, YL Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi FBE*, Eskişehir, 3-4.

Demirel, A., 2007, Karbon elyaf takviyeli epoksi kompozit malzemelerin karakterizasyonu, YL Tezi, *Gazi Üniversitesi FBE*, Ankara, 10.

Erkek, S., 2007, Karbon siyahı/ yağ ve karbon siyahı /dolgu maddesi oranının farklı vulkanizasyon sistemlerinde EPDM, NBR ve SBR elastomerlerinin fiziko-mekaniksel özellikleri üzerine etkisi, YL Tezi, *Çukurova Üniversitesi FBE*, Adana, 9-10, 22.

Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkıran, İ., Yağcı, M., A., Çöbek, M., Bilgiç, T.,, 1999, Polimerler I, *İstanbul*, PAGEV Yayın Kurulu, 73-90.

Fındık, E., 2009, Talk mineral dolgu maddesi ile polipropilen blok kopolimer boruların kısa süreli iç basınç performans özelliklerinin optimizasyonu, YL Tezi, *Kocaeli Üniversitesi FBE*, Kocaeli, 8-9.

Gülpak, G., İ.,, 2013, Plastik enjeksiyon kalıp soğutma sistemi enerji tüketiminin optimizasyonu, YL Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul, 5.

Gürü, M., Yalçın, H.,, 2006, Malzeme Bilgisi, Palme Yayıncılık, 316.

Güzel, G., 2016, Epoksi reçinesi - yüksek fırın cürufu / yer fıstığı kabuğu tozu kompozitlerinin hazırlanması ve özelliklerinin incelenmesi, YL Tezi, *Selçuk Üniversitesi FBE,* Konya, 1-32.

Karaduman, Y., 2009, Doğal lif desteklipolimer kompozit malzemelerin otomotiv endüstrisinde kullanımı, YL Tezi, *Erciyes Üniversitesi FBE,* Kayseri, 3.

Kaya, F., 2005, Plastikler ve katkı maddeleri, *İstanbul*, Birsen Yayınevi, 187-193.

Keskingöz, S., 2010, Polietilen malzemelerin mekanik özelliklerine dolgu maddelerinin etkisi, YL Tezi, *İstanbul Üniversitesi FBE,* 17-28.

Kodal, M., 2009, Polipropilen ve dolgu maddeleri ile hazırlanan karışımların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi, YL Tezi, *Kocaeli Üniversitesi FBE,* Kocaeli, 1-30.

Köse, E., 2006, Plastik enjeksiyonda proses ve kalıp kaynaklı sorunların giderilmesi, YL Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul, 6.

Kütükçü, İ., 2011, Titanyum dioksit nanotüplerin fotoelektrokimyasal etkinliklerinin incelenmesi, YL Tezi, *İstanbul Üniversitesi FBE*, İstanbul, 9-11.

Mallik, A., Barik.,A., K., Pal, B., , 2015, Comparative studies on physico-mechanical properties of composite materials of low density polyethylene and raw/calcined kaolin, *Journal of Asian Ceramic Societies*, 3, 212-216.

Mıstık, S., İ., , 2009, Bor lifitakviyesinin polimer esaslı kompozit yüzeylerin mekanik özelliklerine etkileri, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi FBE*, İstanbul, 22-23.

Nart, Ç., 2011, Plastik boru üretimi için spiral kanallı radyal ekstrüzyon kalıbının sistematik tasarımı, *İstanbul Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul, 4.

Oral, M., A., , 2006, Effects of polymer filler interface improvements on mechanical and physical properties of CaCO3 filled polypropylene composite, YL Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul.

Paksoy, Ö., 2008, Plastik enjeksiyom prosesinde elyaf yönlenmesinin incelenmesi, YL Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi FBE*, İstanbul, 2.

Paluvai, N.R., Mohanty, S., Nayak, S.K., 2014, Synthesis and modifications of epoxy resins and their composites: a review, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 53 (16), 1723-1758.

Patrick, S., G.,, 2005, Practical Guide to Polyvinyl Chloride, *United Kingdom*, Rapra Technology Limited, 43-44.

Petchwattana, N., Covavisaruch, S.,, 2013, Effects of Rice Hull Particle Size and Content on the Mechanical Properties and Visual Appearance of Wood Plastic Composites Prepared from Poly(vinyl chloride), *Journal of Bionic Engineering*, 10, 110-117.

Pişkin, E., 1987, Polimer Teknolojisine Giriş, *İnkılap Kitabevi*, İstanbul, 5-8,7-10,84-85,100-102.

Rocha, N., Coelho, J., F., J., Fonseca, A.,C., Kazlauciunas, A., Gil, M., H., Gonçalves, P., M., Guthrie, J., T.,, 2009, Poly (vinyl chloride) and wood flour press mould composites: new bonding strategies, *Journal of applied polymer science*, 113, 2727-2738.

Savaşçı, Ö., T., Uyanık, N., Akovalı, G., 2002, Ana Hatları ile Plastikler Plastik Teknolojisi, *PAGEV Yayınları,* 19-20.

Saçak, M., 2012, Polimer Teknolojisi, Ankara, p. 76-77.

Sterzyński, T., Tomaszewska, J., Piszczek, K., Skórczewska, K., , 2010, The influence of carbon nanotubes on the PVC glass transition temperature, *Composites Science and Technology*, 70, 966–969.

Şenbil, U., E., , 2014, Plastik dolgu maddelerine bakış, PAGEV Plastik Dergisi, p. 102-105.

Taşkıran, E., 2014, Polimer esaslı malzemelerde dolgu maddelerinin sıcak plaka kaynağı mukavemetine etkisi, YL Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi FBE*, İzmir, 13-14.

Taylan, N., B., , 2009, Poli(vinil klorür)/poliindol kompozitlerinin sentezi ve karakterizasyonu, YL Tezi, *Gazi Üniversitesi FBE*, Ankara, 31-32.

Titow, W., V.,, 1984, PVC Technology, *New York,* Elsevier Applied Science Publishers, 212-254.

TS EN ISO 179-2 (2006) Standardı - Plastikler - Charpy ile çentik darbe tayini – Bölüm 2: Araçlı darbe testi

TS EN ISO 1183-1 (2004) Standardı - Plastikler–Gözeneksiz plastikler- Yoğunluk tayini metotları- Bölüm 1- Daldırma Metodu

TS EN ISO 306 (2013) Standardı Plastikler- Termoplastik Maddeler – Vicat Yumuşama Sıcaklığının Tayini

TS EN 477 (2001) Standardı- Pencere ve kapıların imalatından kullanılan plastikleştirici katılmamış polivinil klorür (PVC-U) Profiller- Ana profillerde darbe mukavemeti tayini – Kütle düşürme metodu

TS EN 479 (2001) Standardı - Pencere ve Kapıların İmalatında Kullanılan Plastikleştirici Katılmamış Polivinil Klorür (PVC-U) Profiller- Kalıcı Termal Uzamanın Tayini

TS EN 514 (2001) Standardı – Pencere ve Kapıların İmalatında Kullanılan Plastikleştirici Katılmamış Polivinil Klorür (PVC-U) Profiller – Kaynaklı Köşelerin ve T-Bağlantıların Mukavemet Tayini

TS EN ISO 868 (2006) Standardı – Plastikler ve Ebonit – Batma Sertliğinin Durometre ile Tayini (Shore Sertliği)

TS 1006-3 ISO 182-3 (1997) Standardı- Plastikler – Plastikler vinilklorür homopolimerleri ve kopolimerleri esaslı hamurların ve mamullerin yüksek sıcaklıklarda hidrojen klorür ve diğer asidik ürünler açığa çıkarma meyillerinin tayini – Bölüm 3: Kondüktometrik metot

Ulus, H., Üstün, T., Eskizeybek, V., Şahin, Ö.S., Avcı, A., Ekrem, M., , 2014, Boron nitride-MWCNT/epoxy hybrid nanocomposites: preparation and mechanical properties, *Applied Surface Science*, 318, 37-42.

Uluşen, T., 2008, Plastik esaslı kompozit malzemelerin kimyasal kaplama işlemlerinin incelenmesi, YL Tezi, *Trakya Üniversitesi FBE*, Edirne, 15-16.

Varol, F., S.,, 2010, Renkli PVC Pencere Profillerinin Sıcaklık Karşısında Davranışlarının İncelenmesi, YL Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi FBE*, Zonguldak, 9.

Wang, K., Wu, J., Ye, L., Zeng, H., , 2003, Mechanical properties and toughening mechanism of polyproylene/barium sulphate composites, *Composites: Part A*, 34, 1199-1205.

Wang, H., Chang, R., Sheng, K., Adl, M., Qian, X., 2008, Impact response of bamboo-plastic composites with the properties of bamboo and polyvinylchloride (PVC), *Journal of Bionic Engineering Suppl*, 28-33.

Xie, X., Liu, Q., Li., R., K., Zhou, X., Zhang, Q., Yu, Z., Mai, Y.,, 2004, Rheological and mechanical properties of PVC/CaCO3 nanocomposites prepared by in situ polymerization, *Polymer*, 45, 6665-6673.

Yılmaz, E., 2013, Epoksi/Kaolin kompozitlerinin hazırlanması ve özelliklerinin incelenmesi, YL Tezi, *Selçuk Üniversitesi FBE*, Konya, 26-27.

Yurdakul, 2011, Kalsiyum Karbonat (CaCO3) Dolgulu Polietilen Filmlerin Hazırlanması.

Yıldırım, A., 2007, Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrislerde kullanılabilirliği, YL Tezi, *Marmara Üniversitesi FBE*, İstanbul, 5-9.

Zhao, S., Qiu, S., Zheng, Cheng, L., Guo, Y.,, 2011, Synthesis and characterization of kaolin with polystyrene via in-situ polymerization and their application on polypropylene, *Materials and Design*, 32, 957-963.

Zeren, F., 2013, Değişik oranlarda nano ve mikro boyutlardaki $CaCO_3$'ün yüksek yoğunluklu polietilenin özelliklerine etkilerinin incelenmesi, YL Tezi, *Marmara Üniversitesi FBE*, 16-21.

Zhang, Q., Yu, Z., Xie, X., Mai, Y., , 2004, Crystallization and impact energy of polyproylene/$CaCO_3$ nanocomposite with nonionic modifier, *Polymer*, 45, 5985-5994.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Esra Baydar
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Ardahan-28.07.1987
Telefon : 05413121188
Faks : -
e-mail : esrabaydar@gmail.com

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise :	**Mehmetçik Lisesi/ ANKARA**	**2005**
Üniversite :	**Gazi Üniversitesi/ ANKARA**	**2012**
Yüksek Lisans :	**Selçuk Üniversitesi/ ANKARA**	
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2013-Halen	**PAKPEN A.Ş. /KONYA**	**Kalite Kontrol Mühendisi**
2012-2013	**UPS İlaç ve Tıbbi Cihazlar Ltd. Şti. /ANKARA**	**Üretim Mühendisi**

YABANCI DİLLER
İngilizce

YAYINLAR

1. Esra Baydar, Hüseyin Deveci, "Properties of groundnut hull/PVC composites", 3rd International Conference "Research andEducation in Natural Sciences, Harmonization of Environmental Research and Teaching with Sustainable Policy, 6-8 Kasım 2015, Arnavutluk. (Yüksek lisans tezinden yapılmıştır.)

2. Gulcihan Guzel, Esra Baydar, Huseyin Deveci, "Properties of PVC composites including kaolin and carbon black", 6th International Conference of Ecosystems, 3-6 Haziran 2016, Arnavutluk. (Yüksek lisans tezinden yapılmıştır.)