

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**PVC PROFİL İMALATI ÜZERİNE UYGUN ÜRETİM KOŞULLARININ
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Gülşen NİŞO
DANIŞMAN: Doç. Dr. Hilal ÇELİK KAZICI

VAN-2022

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**PVC PROFİL İMALATI ÜZERİNE UYGUN ÜRETİM KOŞULLARININ
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Gülşen NİŞO

VAN-2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Hilal ÇELİK KAZICI danışmanlığında, Gülşen NİŞO tarafından sunulan "PVC PROFİL İMALATI ÜZERİNE UYGUN ÜRETİM KOŞULLARININ ARAŞTIRILMASI" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince/....../.....tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

İmza:

İmza:

İmza:

İmza:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/....../..... tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Prof. Dr. Harun AKKuş
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Gülşen NİŞO

ÖZET

PVC PROFİL İMALATI ÜZERİNE UYGUN ÜRETİM KOŞULLARININ ARAŞTIRILMASI

NİŞO, Gülşen

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hilal ÇELİKKAZICI

Ocak 2022, 45 Sayfa

Yapılan bu çalışmada, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan polivinil klorürden yapılmış kapı ve pencere profillerinin fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Bu sektörde üretilen profil formülasyonlarında kullanılan katkı maddelerinden dolgu, stabilizatör ve kaydırıcı hammaddeler üzerinde yapılan değişiklikler ile alternatif hammaddeler kullanılarak yeni formülasyonlar hazırlanmıştır. Kullanılan Pb bazlı Stabilizatör yerine Ca bazlı Stabilizatör, dış kaydırıcı olarak Cebacellwak., toz plastikleştirici olarak cebacell 030 ve yüzey düzeltici kullanılmıştır. Üretilen profillerin fiziksel, mekanik ve termal özellikleri mevcuttaki profillerin özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Olumlu sonuçlar veren alternatif katkı maddelerinin üretim, makine, verimlilik ve maliyet üzerindeki etkileri ve uygulanabilirliği incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kalsiyum karbonat, PVC, Stabilizatör.



ABSTRACT

RESEARCHING SUITABLE PRODUCTION CONDITIONS ON PVC PROFILE MANUFACTURING

NİŞO, Gülşen

MSc., Thesis, Chemical Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hilal ÇELİK KAZICI

January 2022, 45 Pages

In this study, the physical and mechanical properties of door and window profiles made of polyvinyl chloride, which is widely used in the construction industry, were tested. New formulations have been prepared by using alternative raw materials with the changes made on filler, stabilizer and lubricant raw materials, which are among the additives used in profile formulations produced in this sector. Instead of the Pb-based stabilizer used, Ca-based stabilizer, Cebacellwak. as external lubricant, cebacell 030 as powder plasticizer and surface corrector were used. The physical, mechanical and thermal properties of the produced profiles were compared with the properties of the existing profiles. The effects and applicability of alternative additives with positive results on production, machinery, efficiency and cost were examined.

Keywords: Calcium carbonate, PVC, Stabilizer.



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarında bana desteğini esirgemeyen danışmamın Doç. Dr. Hilal ÇELİK KAZICI hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımnda bana desteğini esirgemeyen arkadaşlarım Fırat SALMAN ve Ali CAVAK’a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca yanımda olan bana sabır gösteren hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, üzerimde büyük emekleri olan canım annem ve babama, her zaman bana güvenen ve yanımda olan ablalarım Şengül ARSLANER ve Kumru NİŞO’ya şükranlarımı sunarım.

2022
Gülşen NİŞO



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.2. Polimerlerin Genel Tanımı	2
1.2.1. Polimerlerin tarihçesi	3
1.2.2. Polimerlerin genel özellikleri.....	6
1.2.3. Polimerlerin termal davranışlarına göre sınıflandırılması	6
1.2.3.1. Termoset plastikler	6
1.2.3.2. Termoplastikler.....	7
1.2.3.3. Elastomerler.....	8
1.2.4. Polimerlerin termal özellikleri	9
1.2.4.1. Camsı geçiş sıcaklığı	9
1.2.4.2. Isıl geçişlerde zincir hareketleri.....	10
1.2.4.3. Serbest hacim.....	11
1.2.4.4. Camsı hal	11
1.2.4.5. Kauçuğumsu hal	12
1.2.4.6. Esnek termoplastik	12
1.2.4.7. Sıvı hal.....	12
1.3. Polivinil Klorür	13
1.3.1. PVC'nin kullanım alanları	14
1.3.2. PVC malzeme üretiminde kullanılan katkı maddeleri	16
1.3.2.1. Stabilizatörler	16
1.3.2.2. Kaydırıcılar.....	18
1.3.2.3. Darbe modifiye ediciler	18
1.3.2.4. Proses yardımcıları	19

	Sayfa
1.3.2.5. Boyar maddeler.....	19
1.3.2.6. TiO ₂ (Titanyum dioksit)	20
1.3.2.7. Kalsiyum karbonat.....	20
1.3.3. PVC kompozit üretim yöntemleri	21
1.3.4. Ekstrüzyon ile PVC üretim yöntemi	21
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Kimyasal Maddeler	25
3.1.1. Polivinil klorür	25
3.1.2. Darbe artırıcı	25
3.1.3. Stabilizatör	25
3.1.4. TiO ₂	25
3.1.5. Dolgu maddeleri.....	25
3.1.6. CaCO ₃	26
3.2. Yöntemler ve Cihazlar	26
3.2.1. Profil üretim aşamasında kullanılan cihazlar	26
3.2.1.1. Mikser.....	26
3.2.1.2. Ekstrüder.....	27
3.2.1.3. Dijital terazi	27
3.2.2. Analizlerde kullanılan cihazlar	28
3.2.2.1. Charpy darbe mukavemeti cihazı	28
3.2.2.2. Soğutucu	29
3.2.2.3. Sertlik tayini cihazı.....	30
3.2.2.4. Etüv.....	30
3.3. Kompozitlerin Hazırlanması	31
3.4. PVC Kompozitlerinin Karakterizasyonu	33
3.4.1. Soğukta darbe mukavemeti tayini (kütle düşürme metodu)	33
3.4.2. Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği tayini	34
3.4.3. Sertlik (Shore D) testi	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.1. Görünüş Muayenesi Sonuçları	35

	Sayfa
4.2. Soğukta Darbe Mukavemeti Deneyi.....	35
4.4. Sertlik (Shore D) Testi.....	36
5. SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	45



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Başlıca polimerlerin kullanım alanları.....	3
Çizelge 1.2. Bazı önemli polimerlerin üretim yılları.....	5
Çizelge 1.3. Termoplastik polimerik malzemelerin sınıflandırılması.....	8
Çizelge 1.4. Bazı polimerlerin Te ve Tg değerleri	9
Çizelge 1.5. PVC (polivinil klorür) 'nin kullanım alanları.....	15
Çizelge 1.6. Polivinil klorürün üretiminde kullanılan birkaç stabilizatörler.....	17
Çizelge 1.7. PVC mamül üretiminde kullanılan bazı renklendiriciler.....	20
Çizelge 1.8. PVC üretim yöntemleri ve kullanım alanları.....	21
Çizelge 3.1. Standart hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri.....	31
Çizelge 3.2. Cebacell 030 hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri.....	31
Çizelge 3.3. Cebacell 030 hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri.....	31
Çizelge 3.5. Cebacell 030 ve Cebacellwax hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri.....	32
Çizelge 3.6. Cebacell 030 ve Cebacellwax hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimlerin 125°C Deneyi.....	33
Çizelge 4.1. Soğukta darbe dayanıklılık deney sonuçları.....	35



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekiller	Sayfa
Şekil 1.1.Monomerlerin polimere dönüşümü şekil olarak gösterimi	2
Şekil 1.2.Termopolimerlerin sıcaklık değerlerindeki değişimi	10
Şekil 1.3.OPK yapımında kullanılan polimerlerin çalışması sıcaklıkları	10
Şekil 1.4.PVC şematik gösterimi.....	13
Şekil 1.5.Sert ve yumuşak PVC'nin resimleri (a) Sert PVC (b) Yumuşak PVC	15
Şekil 1.6.Stabilizatörler	17
Şekil 1.7.Genel bir ekstrüzyon hattının şematik gösterimi.....	22
Şekil 3.1.Sıcak ve soğuk mikser.....	26
Şekil 3.2.Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı	27
Şekil 3.3.Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı	28
Şekil 3.4.Charpy darbe mukavemeti tayin cihazı	29
Şekil 3.5.Derin dondurucu.....	29
Şekil 3.6.Sertlik ölçüm cihazı.....	30
Şekil 3.7.Binder etüv	30



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

CaCO₃

Kalsiyum Karbonat

TiO₂

Titantun Dioksit

Pb

Kurşun

Ca

Kalsiyum

Kısaltmalar

Açıklama

PVC

Polivinil Klorür

TG

Camsı Geçiş Sıcaklığı

TE

Erime Sıcaklığı

MKS

Maksimum Kullanım Sıcaklığı



1. GİRİŞ

Polimerler ve polimer esaslı kompozit malzemeler birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır ve her yıl hızla artmaktadır. Polimer, (İngilizce: Polymer) kelimenin tam anlamıyla "birçok parça" anlamına gelir. Monomerlerin düzenli dizilimi ile oluşan bir zincirleme reaksiyona girerek kendini bile oluşturabilen bir maddedir. Hayatın her alanında karşılaşılır. Polimer malzeme bir anda ortadan kalkarsa önemli fonksiyonlar durabilir. Polimer saç bakım malzemeleri, gıda ve plastik malzemelerde bulunur. Aklınıza gelebilecek hemen hemen tüm ürünler polimer içerir.

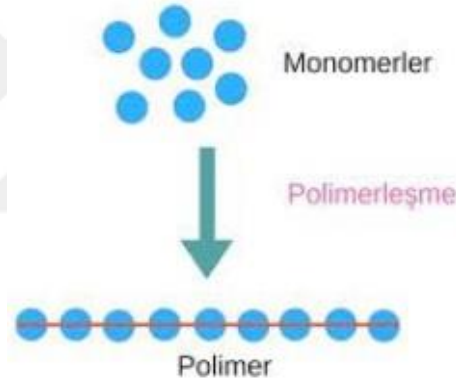
Günümüz teknolojinin hızla ilerlemesi ile polimer malzemelerin kullanım kapsamı ve talebi artmaya hızla devam etmektedir. Polimerleri hayatımızın hemen her alanında kullanmaktayız. Polimer eşsiz yüksek performansı nedeniyle, yalnızca malzeme bilimcilerinin değil, aynı zamanda farklı alan ve disiplinlerde çalışan insanların dahi dikkatini çekmiştir(Deveci, 2008).

Termoplastik türünün bir tipi olan PVC birçok alanda kullanımıyla bilinmektedir. Özellikle yapı endüstrisi ve inşaat sektöründe kapı, pencere, tavan kaplama, duvar kaplama ya da yüzey levha biçimi kullanılan ayrı yapı bölümlerinin meydana getirmesinde hammadde olarak PVC kullanılır. Ayrıca inşaat sektöründe PVC, yağmur suyu ve atık su gibi su boru hatlarında da kullanılır. Genel olarak, bir polimerin birçok özelliği, polimere eklenen dolgu maddeleri ve katkı maddelerinden etkilenir. Eklenen dolgu maddelerin, yoğunluğu, özgül ağırlıklarını, termal iletkenlik değerini, termal dayanımlarını, mukavemet değerlerini, ısıl özellikleri ve buna benzer çoğu özelliklerini değiştirir. Dolgu malzemesinin başka bir amacı ise malzemenin işlendikten sonra boyutunu düşürmesi yani ısıl etkisiyle çekmesini engellemektir. Dolgularda aranan özelliklerden bazıları renklendirilmeye uygun olmalarıdır. Örneğin yapılacak koyu renkli dolgu maddesinin ürünü dekorasyonu olumsuz etkilenebilir. Ayrıca beyaz dolgu malzemeleri kullanıldığında istenilen birçok renk aralığında istenilen görsel efektlere sahip ürünler üretilmektedir. Ayrıca tat ve koku üzerinde toksik etkilerinin olmaması istenilmektedir. Bundan dolayı gıda endüstrisinde ve bunun gibi hijyen gerektiren sektörlerde kullanımları kolaylaşır (Saçak, 2012).

PVC en yaygın kullanılan termoplastiklerden biridir. Kolay işlenmesi ve iyi mekanik özellikleri nedeniyle yapı malzemeleri, çatı kaplamaları, su boruları, ambalaj tabaka ile filmleri ve zemin ve gibi farklı alanlarda kullanılabilir. PVC ile elde edilen malzemeler günlük hayatımızın farklı alanlarında çok fazla tercih edilmektedir (Aslankılıç, 2008).

1.2. Polimerlerin Genel Tanımı

Polimerler, monomer moleküllerin birbirlerine bağlanarak meydana getirdiği uzun zincirli, molekül ağırlıkları büyük bileşikler olarak tanımlanabilir. Polimerin kelime anlamı parça, poli çok anlamına gelmektedir (Akyüz, 2001). Monomerlerin polimere dönüşümü Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Monomerlerin polimere dönüşümü şekil olarak gösterimi.

Monomerlerin türleri ile bağlanma biçimleri değişik olabilirler. Bundan dolayı oluşacak polimer türleri de epeyce fazladır. Monomerlere propilen, etilen, vinil klorür, stiren, fenol, formaldehit, asetonitril ve benzeri organik bileşikler örnek olarak verilebilir. Yapısında birden fazla monomer bulunduran ve kimyasal yapıları farklı polimerlere kopolimer denir.

“Plastik” kelimesi Yunanca’da dökme anlamındaki “plastos” ve döküm yöntemine uygun anlamındaki “plastikos” teriminden türetilmiştir. Malzemenin üretim esnasında yoğrulabilirliği ya da dövülebilirliği sayesinde preslenmesine, dökülmesine ya da kutu, film, tüp, tabaka, şişe, lif ve birçok farklı şekle girebilmesiyle yapılan bir atıftır (Yılmaz, 2007).

Plastikler doğada hazır bulunmayan yapay şekilde üretilen sentetik polimerlerdir. Kâğıt, ahşap, yün ya da pamuk organik maddedir. Plastik üretim aşamasında kullanılan kömür, tuz, selüloz, ham petrol ve doğal gaz gibi hammaddeler doğal ürünlerdir (PAGEV 2021).

Plastik, isminden de anlaşılacağı gibi üretiminin belirli bir aşamasında plastik davranış sergileyebilen, ısı etkileriyle istenilen şekli oluşturabilen ve soğuduğunda şeklini koruyabilen bir malzemedir. Plastikler insan yapımı polimerlerdir. Yani doğada üretilen doğal malzemeler yerine yapay malzemeler kullanılarak elde edilirler.

Çizelge 1.1. Başlıca polimerlerin kullanım alanları

Kısaltmalar	Polimerin ismi	Kullanım alanları
PVC	Polivinil klorür	Yiyecek dışı şişeler, Çit ve parmaklık malzemeleri,
YYPE	Yüksek yoğunluklu polietilen	Oyun alanı malzemeleri, taşınmaya elverişli kapların yapımı, çeşitli şişeler, çantalar,
PP	Polipropilen	Elektrik sanayi, plastik şişe, mutfak eşyası
DYPE	Düşük yoğunluklu polietilen	Sera örtüsü, film, ambalaj, elektrik sanayi
PS	Polistiren	Yalıtım malzemeleri Oyuncak, video kasetler, tepsiler,
PA	Poliamid	Naylon ve kevlar
PTFE	Teflon	Yapışmaz tava ve tencereler
PVA	Polivinil Alkol	Kağıt ve pamuk malzemelerin korunması için film halinde sürülerek kullanılabilir.
PVAC	Polivinil Asetat	Ahşap yapıştırıcı ve seramik yapıştırıcı
Diğer	Polikarbonat, akrilik, naylon ile diğer plastikler malzemeler	

1.2.1. Polimerlerin tarihçesi

Faraday'ın 1826'daki çalışmasında, etilen gazına basınç altında ışınlama enerjisi verilmesiyle ve bir miktar gazın sıvılaşması gözlemlendi. Ayrılan sıvı fazın elementel etilenden oluştuğu ancak moleküler ağırlığının etileninkinin iki katı olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra, element bileşimi başka bir madde ile aynı olan ancak

moleküler ağırlığı başka bir maddenin moleküler ağırlıklarının katları olan maddelerin polimer terimiyle temsil edilebileceğine işaret edilir (Baydar, 2016).

1839’da Goodyear, kauçuk ağaçlarının özsuğunu kükürtle kaynatıp esnek, dayanıklı, mat bir madde üretti. Goodyear’ın icadı bugüne kadar aktarıldı. Daha sonra 1910’da bakalit, 1927’de PVC, 1929’da üre ve melamin, 1940’ta naylon (özel bir poliamid türü), 1943’te polietilen, PVC ve silikon, 1948’de epoksi üretildi. Oluşumunu açıklayan temel bilimsel araştırma sentetik polimerlerin prensipleri üzerine yapılan araştırmalar 1924-1935 yılları arasında önemli ilerlemeler kaydetmiştir.

Sentetik polimerlerin oluşumunu açıklayan esas bilimsel kuramlar 1924-1935 yıllarında önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Polimer teknolojisi 1924 senesinde Hermann Staudinger’in “Makro molekül Hipotezi”ni ortaya attığında, polimer teknolojisi çok önemli bir adım atmıştır. Buna göre, doğal kauçuk ve polistiren malzemesi küçük birimler içeren uzun zincirli moleküller olduğu nakledilmiştir. Bunun sayesinde üretimi deneme yanılmadan kurtarır. Daha sonra polimer kavramı araştırılıp geliştirilmiş ve bugünkü halini almıştır (Beşergil, 2008).

Çizelge 1.2. Bazı önemli polimerlerin üretim yılları (Aydın,2004)

Üretim yılı	Polimer
1930	Stiren-butadienrubber
1936	Poli(metil metakrilat), poli(vinilklorid),Poli(vinil asetat) ve Neopren üretildi
1937	Polistiren
1939	66-Nylon
1941	Politetrafloroetilen
1943	Butilplastik, Polietilen, Silikonlar, 6-Naylon
1944	PET
1947	Epoksiler
1948	ABS reçineler
1955	Lineer,Polietilen
1956	Polioksimetilen
1957	Polikarbonat, Polipropilen
1965	Poliimidler
1970	Termoplastik elastomerler
1974	Aromatik poliamidler
1907	LeoBaekeland “bakalit” ismindeki sentetik plastiği keşfedildi.
1910	İsviçreli kimyacı Jacques Brandenberger tarafından“Selefon” buldu.
1911	İlk renkli plastik anlamına gelen Aminoplastik keşfedildi.
1926	Sentetik kauçuk, 1936’ya kadar bütadien, polikloropren ve polibütadienlere benzer yapay kauçuklar ortaya konuldu.
1927	PVC (polivinil klorür, kullanılmaya başlanması 1936)
1928	Lastikler için yeni döküm ve ekstrüzyonyöntemleri
1930	Polistiren
1933	Polietilen, polimetilmetakrilat (Pleksiglas)
1938	Teflon (politetraflouretilen), Naylon, Roy Blunket buldu.
1939	Plastik kontak lens
1946	Alüminyum esaslı metalik, Vinil yer döşemesi, Seramik mıknatıs
1950	Moltopren (poliüretan)
1952	Çelik yapımını rafine eden temel oksijen işlemi
1953	Dacron, plastik PVC ve Silikon Dow Corning tarafından üretildi.
1955	Polipropilen (petrol esaslı)
1957	Polipropil, vitrin camları, kursun geçirmez camlar ile güvenlik güçlerinin kalkanlarında kullandıkları makrolan, polikarbonat (lexan)
1961	Isıya dayanıklı olan süper polimer
1964	Karbon fiber (yüksek sıcaklıktaki ortamlarda kullanım için dayanımı arttırılmış), Akrilik boya, sert metal olan Berilyum uzay araçlarında kullanılır.
1970	Metal islemede yüksek hızlı kesme için kullanılan seramik malzem olan Sialon keşifedildi.
1983	Yumuşak çift odaklı kontak lens
1986	Sentetik deri
1990	Yeni kompozitler ve hafif çelik

1.2.2. Polimerlerin genel özellikleri

- ✓ Kolay şekil alırlar ve hafif bir malzemedir.
- ✓ Polimer malzemeler elektrik ve ısıya karşı iyi yalıtandırılar.
- ✓ Kayma direnci düşük, makaslamaya duyarlıdır. Çekme ve basınç dayanımı ise yüksektir.
- ✓ Suya karşı dayanıklılıkları iyidir. Bazıları su buharına karşı duyarlı olup bozulabilirler.
- ✓ Yoğunlukları yüksek değildir ve enerji emme özelliğine sahiptir.
- ✓ Kimyasal etkenlere karşı dayanıklılığı yüksek ve asitler ile bazlara karşı iyi dayanırlar.
- ✓ Yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı değildirler. Teflon, melamin 80°C'nin üstünde deformasyona uğrar (Ünal 2006).

1.2.3. Polimerlerin termal davranışlarına göre sınıflandırılması

1.2.3.1. Termoset plastikler

Termoset plastikler çapraz bağlı polimerlerdir. Sıcaklıkları artırıldığında şekillerini değiştirmezler, yumuşamazlar, kalıp değiştirmezler. Sıcaklıkları daha da artırıldığında yanarlar. Çapraz bağlanma sonucuyla oluşurlar. Mükemmel mekanik özellikler gösterirler. Bu malzemelerin üretim sürecinde bir kez ısıtılıp şekillendirilirler, bundan sonra malzeme tekrar ısıtılamaz ve şekillendirilemez. Bu nedenle termoset plastikler geri dönüştürülmedikleri için tekrar kullanılamazlar. Bunun nedeni, termoset matris malzemesinin moleküllerinin birbirleriyle çapraz bağlı olmasıdır. Bu nedenle, bu moleküller ısıtıldığında atomlar birbirine doğru kaymaz. Ayrıca, bu malzemeler çözünmezdir. Termoset plastikler, mukavemet ve ısı direnci açısından termoplastiklerden üstündür (Yıldızhan, 2008). Örnekler fenol reçineleri, amino reçineleri, epoksi reçineleri, poliüretan reçineleri ve benzerlerini içerir.

1.2.3.2. Termoplastikler

Lineer polimerlerdir. Isıtıldıklarında önce yumuşarlar ve sonra erirler. Isıtılarak kalıpta şekillendirilebilirler. Sıcaklıkta yumuşarlar ve soğukken sertleşirler. Isıtılabilir ve kaynak yapılabilir. İyi mekanik özelliklere sahiptirler. Yeniden işlenebilirler. Çevre dostu plastiklerdir. Isıtılarak kalıplanabilen termoplastik malzemeler soğutma sayesinde şekillerini korurlar. Bu plastikler tekrar ısıtılabilir ve performansta önemli değişiklikler olmaksızın yeni şekiller oluşturabilir. Bu işlemler sırasında çok yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında moleküller arası bağlar kopmaya başlar. Isı ve basınç altında yumuşarlar ve soğuduktan sonra sertleşirler. Uygun bir çözücü içinde çözülebilir ve bu şekilde çeşitli şekillerde şekillendirilebilirler. Termoplastik malzemeler genellikle uzun karbon atomları aracılığıyla birbirine bağlanır. Termoplastik polimerlerdeki uzun moleküler zincirler, ikincil bağlarla bağlanır. Bu moleküler zincirler doğrusaldır ve çapraz bağlanamazlar. Mühendislik uygulamalarında termoplastik kompozitlerin en önemli özelliklerinden biri, nispeten düşük yoğunluklarıdır. Örneğin demirin yoğunluğu $7,8 \text{ g/cm}^3$ iken termoplastik matris malzemesinin yoğunluğu $1-1,5 \text{ g/cm}^3$ civarındadır (Özer, 2005). Termoplastik malzemelerin özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Sıcakta yumuşar, soğuyunca sertleşir.
- Isıtılıp kaynak yapılabilirler.
- İyi mekanik özelliklere sahiptirler.
- Sıcaklıkla ilgili özelliklere sahiptirler.
- Yeniden işlenebilirler.
- Çevre dostu plastiklerdir.

Çizelge 1.3. Termoplastik polimerik malzemelerin sınıflandırılması (Baykara, 2004)

Kategori	Süreç	MKS	Fiyat	Üretim hacmi	Örnekler
En çok tercih edilen polimerler Yüksek miktarda üretilen düşük maliyet ve kolay süreçler Yüksek performanslı sahip polimer Süper ısı dayanım, çok üstün mukavemet optik özellikler, elektriksel özellikler	Aşırı yüksek sıcaklık gerektirmeyen esnek üretim şartları Çok yüksek ekipman gerekli hassas proses lastikli polimerizasyon süreci kompleks	70°C-110-120°C >200°C	Düşük Yüksek çok yüksek	>1 milyon ton (bölge başına) 0.1-10 bin ton (bölge başına)	PVC, düşük yoğun polietilen, yüksek yoğun polietilen, Polipropilen Polifenilensülfid, polisülfonpolieter-imid, poliamid-imid

1.2.3.3. Elastomerler

± 25 °C’de (Oda sıcaklığında)kendi boyunun iki katı ya da daha fazla uzayabilen ve uzamasını sağlayan gücü ortadan kaldırdığımızda hemen hemen kendi boyuna tekrar dönebilen polimer yapıdaki malzemeler elastomer olarak tanımlanır. Elastomer çok düşük sıcaklıklarda oldukça sert yapıdadır. Elastomerlerin yapısında bulunan makro moleküller seyrek çapraz bağlarla bağlanmaktadır (Vulkanize olmuş polimerik malzemelerdir). Ağ yapısına döndükten sonra geçici olarak biçimlendirmek mümkündür ama verilen şekil kalıcı değildir. Lastik ile kauçuk, bu grubun oluşmasını sağlar. Doğal yapıdaki kauçuk, nitril kauçuk, polibütadien, silikon kauçuk, poliklorbütadien (neopren) örnek olarak gösterilebilir. Kauçuklar komplike şekilde duran molekül zincirlerinin uzatılabilir özellikleri sebebiyle, oda sıcaklığında önemli bir kauçuk lastikliğine sahiptirler. Fakat sıcaklığı artırıldığında, malzemenin akışkanlığı artar vetermo plastik davranış göstermeye başlarlar. Elastomerlerinden çok tercih edildiği alan, araç dış ve iç lastiklerinin üretilmesindedir ve yaklaşık %85 bu alanda tüketilmektedir. Ayrıca kauçuklar; profil, ayakkabı, terlik, teknik parçalar, hortum, conta, taşıyıcı bant ve buna benzer birçok çeşitli ürünler yapılmaktadır (Soyel, 2008).

1.2.4. Polimerlerin termal özellikleri

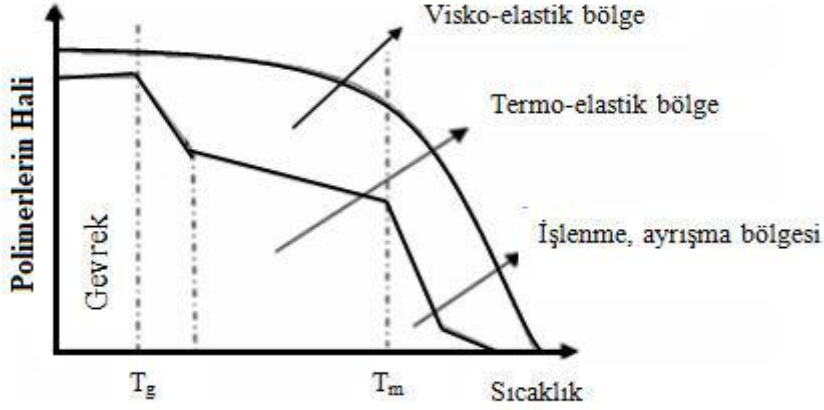
Çizelge 1.4. Bazı polimerlerin Te ve Tg değerleri

Polimer	Yinelenen birim	Te(°C)	Tg(°C)
Poli(Metilen Oksit)	-CH ₂ O -	181	85
Poli(Etilen Oksit)	- CH ₂ CH ₂ O-	66	67
Polipropilen	-H ₂ CH(CH ₃)-	176	20
Poli(VinilFlorür)	-CH ₂ CHF-	200	20
Poli(Vinil Klorür)	-CH ₂ CHCL-	212	81
Poli(Viniliden Klorür)	-CH ₂ CCL ₂ -	190	19
Polistiren -	- CH ₂ CHO-	240	100
Poli(Metil Metakrilat)		105	3
Nylon 6	--(CH ₂) ₅ CONH-	223	50
Nylon 6,6		265	53
Poli(Etilen Tereftalat)		265	69
Poli(Akrilonitril)	-CH ₂ -CH(CN)-	317	115
Doğal Kauçuk		14	73
Poli(İzobutilen)		44	73

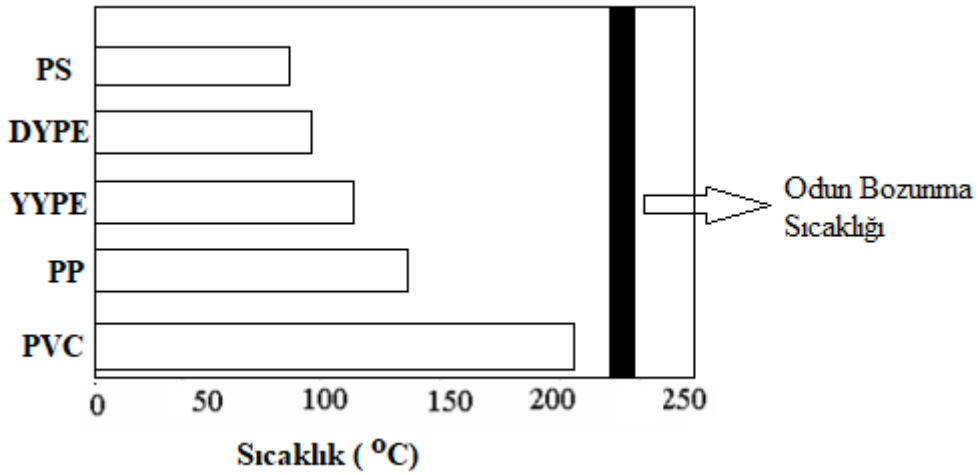
1.2.4.1. Camsı geçiş sıcaklığı

Düz ile dallı zincirlerden meydana gelen amorf ve yarı kristal polimerler, camsı geçiş sıcaklığının üzerinde yumuşamaya başlarlar. Isıtma devam ederse, yarı kristalli ve kristalli polimerler erime noktalarında eriyecek; amorf polimerler kauçuksu, viskoz davranış yoluyla sıvılaşacaktır. Bu termal geçişler sırasında polimerin spesifik hacmi (cm³/g). Isıtmanın özgül ısısı (cal/g K) gibi belirli özellikler değişecektir. Isıtılan (veya

soğutulan) polimer numunesinin spesifik hacmi izleyerek, cam geçiş sıcaklığı ile erime sıcaklığı bulunur.



Şekil 1.2. Termopolimerlerin sıcaklık değerlerindeki değişimi (Gökalp,2006).



Şekil 1.3. OPK yapımında kullanılan polimerlerin çalışma sıcaklıkları (Gökalp, 2006).

1.2.4.2. Isıl geçişlerde zincir hareketleri

Termal geçişte zincir hareketi cam geçiş sıcaklığında, polimerin amorf veya kristal bölgesindeki atomları hareket halinde tutar, bu da öteleme, titreşim ve kesme gibi küçük moleküller için etkilidir. Bununla birlikte, polimer zincirleri, cam geçiş sıcaklığında bükülme tipi hareket gerçekleştiremez. Bu sebeple, dış etmenler altında

yapı içerisindeki şekillerini değiştiremez ve çok fazla kuvvete maruz kaldığında kovalent bağlar üstünden kırılmaya başlarlar.

Camsı geçiş sıcaklığına geldiğinde amorf alanlardaki zincirlerin kimyasal bağlar çevresinde dönebilmesi için ihtiyaç duyulan enerji sağlanır, polimer zincirleri eğilip-bükülme hareketlerini uygulayabilirler. Dolayısıyla camsı geçiş sıcaklığı, zincir hareketlerinin ortaya çıktığı noktadır. Polimerlerde camsı geçiş sıcaklığına ulaşmadan belirli bir yakınlıktaki dereceye kadar yumuşama görülebilmektedir. Bu sebeple polimerlerin yumuşama sıcaklık kelimesi tam anlamıyla T_g 'ye karşılık gelmez, fakat değeri T_e 'ye yakın bir değerdir.

1.2.4.3. Serbest hacim

Camsı geçiş sıcaklığı aynı zamanda, serbest hacmin üstünden de yorumlanabilir. Polimerin sert ve kırılkan yapısından yumuşak bir yapıya geçiş sağlayabilmesi için polimerlerin zincirleri kendi çevrelerinde eğilip-bükülme hareketlerini yapabilmesini sağlayacak kadar bir hacme ihtiyaç duyarlar. Serbest hacim, polimerin toplam hacmi içinde polimer zincirlerine ait hacimleri dışında kullanabilecekleri diğer boş alanlardır. Serbest hacmin, polimerlerin toplam hacimlerin yaklaşık %2,5 değerine ulaştıklarında, polimer zincirleri eğilip-bükülme hareketlerini uygulayacak boş bir alan bulurlar. Camsı geçiş sıcaklıkları ayrıca serbest hacim değerlerinin toplam polimerlerin %2,5'lik hacmine tekabül ettiği sıcaklık olarak adlandırılır. Serbest hacim için kullanılan kesin olmayan sayı, yaklaşık bir değerdir. Bu sayı polimerden polimere değişiklik gösterir.

1.2.4.4. Camsı hal

Camsı geçiş sıcaklık değerinin altında bulunan polimerler zinciri, polimer örgüsü içindeki belirli alanlarda ve şekillerde görünürler, eğilme, bükülme ve hareket etme, özellikleri bulunmaz. Bu sebeple polimer zincirleri, polimerlere uygulanacak vurma işlemi gibi fiziksel etmenlerin enerjilerini yok etmek için bağların kırılmasıyla absorblanabilir. Malzemenin zinciri vurma noktalarında nadiren kırılma meydana gelir. Bu kırılmalardan dolayı malzeme yüzeyindeki vurma alanında düzensizlik oluşur. Dolayısıyla yerel gerilimde bir artış meydana gelir. Gerilimden dolayı vurma noktasında

ortaya çıkacak herhangi bir çatlama, hızlıca kovalent bağları ile ikincil etkileşimleri yok ederek malzemenin içerisine doğru ilerlemesini sağlar. Sonuç olarak malzeme kırılır, çatlaklar, ya da parçalanabilir. Kauçuğumsu hal elastomerler erime sıcaklığı ile camsı geçiş arasında bulunan polimerlerdir, çoğunlukla amorf turlar ve çoğunun yapısında kristal bölgeler görülmektedir. Elastomer karakterini, zamksı davranışa dönüşmeye ihtiyacı olan yüksek bir sıcaklığa geldiğinde yok olur. Bununla birlikte, polimerlerin zinciri arasında oluşan az miktarda çapraz bağ, polimerin elastik özelliklerini geniş sıcaklık aralığını korumaktadır.

1.2.4.5. Kauçuğumsu hal

Elastomer yapıdaki malzemeler, camsı geçiş sıcaklığı ile erime sıcaklığı arasında yer alan polimerlerdir. Elastomerlerin çoğu amorf turlar. Bazılarının yapısında ise kristal bölgeler bulunur. Sıcaklık zamksı hale gelecek kadar yüksek olduğunda, elastomerin özellikleri kaybolur. Bununla birlikte, polimer zincirlerinin arasında oluşan az miktarda çapraz bağ, polimerin elastik özelliklerini geniş sıcaklık aralığını korumaktadır.

1.2.4.6. Esnek termoplastik

Cam geçiş sıcaklıklarından daha yüksek olan çoğu polimerler, sert plastik malzemelerin (cam geçiş sıcaklık değerinin altında olan plastik malzemeler) boyutsal kararlılık koşulu özelliklerini karşılayabilir. Esnek termoplastikler olarak bilinen bu polimerler, çözücülerde şişme ve yüksek darbe direnci gibi belirli bir dereceye kadar elastomerik davranış sergilerler.

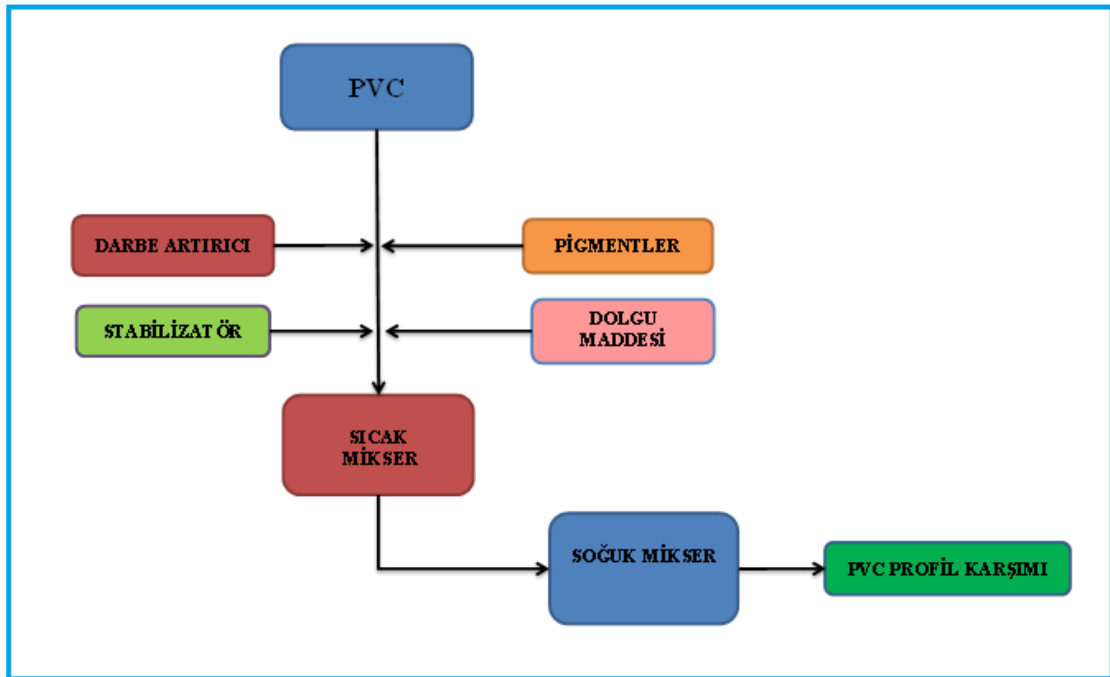
1.2.4.7. Sıvı hal

Erime sıcaklığına geldiğinde polimer zincirleri birbirinden bağımsız olarak hareket edeceği enerjiyi elde eder. Katı polimerlerin viskoz bir sıvıya dönüşmesi sağlanır. Polimer malzemelerin erimesi esnasında bozunma reaksiyonları gözlemlenebilir. Budan dolayı, polimerler erimiş halde kullanım için uygun değildir.

1.3. Polivinil Klorür

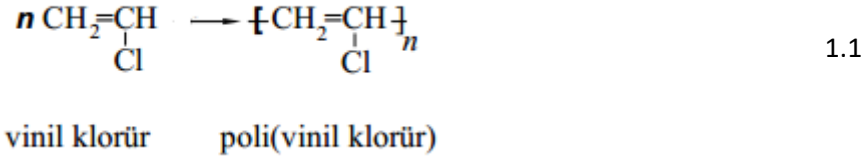
Polivinil Klorür (PVC) günümüzde en fazla kullanılmakta olan polimerler arasındadır. PVC inşaat yapı malzemeleri (pencereler, kanalizasyon borularında vb.), ambalajlama, otomotiv sektöründe, elektrik kablolarının yapımında, tıbbi aletler gibi alanlarda PVC en çok tercih edilen malzemelerden olmuştur. Maliyeti düşük olması, üretimi zamanla daha fazla geliştirilmesiyle, çoğu özelliklerinin (çevre direnci, mekanik özellikleriyle, vs.) değiştirme imkanı sağlaması PVC'nin önemli avantajlardan biridir (Sterzyński, 2010).

PVC, vinilklorür bazı dolgu maddelerinin desteğiyle polimerize yapıda bulunmasından dolayı oluşan polimerdir. PVC beyaz, toz ve renksiz granül biçimindedir. PVC, asit, yağ, hidrokarbon maddelerine karşı dayanıklı ve yalıtıcıdır. Plastikleştiriciler, dolgu maddeleri, stabilizanlar ve diğer bazı katkı maddelerinde yardımı ile sert ve elastik yapıda bulunabilirler. PVC malzemelerin üretimleri Şekil 1.4.'de verilmektedir.



Şekil 1.4. PVC şematik gösterimi.

Denklem 1.1'de belirtilen n , yinelenen birimiyle gösterilir, PVC'nin günümüzde üretilen çeşitleri 700-1500 arasında değişmektedir.



1.1

PVC, molekül yapısı ve morfolojisi ile çeşitli alanlarda kullanılabilen çok önemli polimer arasındadır. PVC yapay olmayan yani doğal tanecikli (partiküllü) yapıdadır. PVC'nin üretim metotlarına göre iki temel tanecik boyutunda üretilerek elde edilir. Emülsiyon polimerizasyonu 0.1-3.0 mikron partikül çaplı, süspansiyon ve kütle 100-180 mikron çaplı, lateks partiküller verilir. Emülsiyon polimerizasyonu ile üretilen PVC lateksi kurutma sağlandığında 5-50 arasındaki mikron çaplı partikül boyutuna gelir (Ezdeşir ve ark.,1999).

PVC'yi adlandırmak ve özelliklerini tanımlamak için plastikleştiriciler en önemli katkı maddeleridir. Plastikleştirici maddenin eklenmesiyle yumuşak PVC elde edilir. Bu tip malzemeler, yapısında bulunması gereken bazı özelliklerin bünyesinde olabilmesi için plastikleştirici dolgu maddesinin istenilen seviyeden yüksek oranda olmalıdır. Sert PVC ürünlerinde plastikleştirici madde kullanılmamaktadır (Aslankılıç, 2008).

PVC'nin üretiminde son aşamalardan olan şekillendirme işleminde en çok tercih edilen yöntemler;

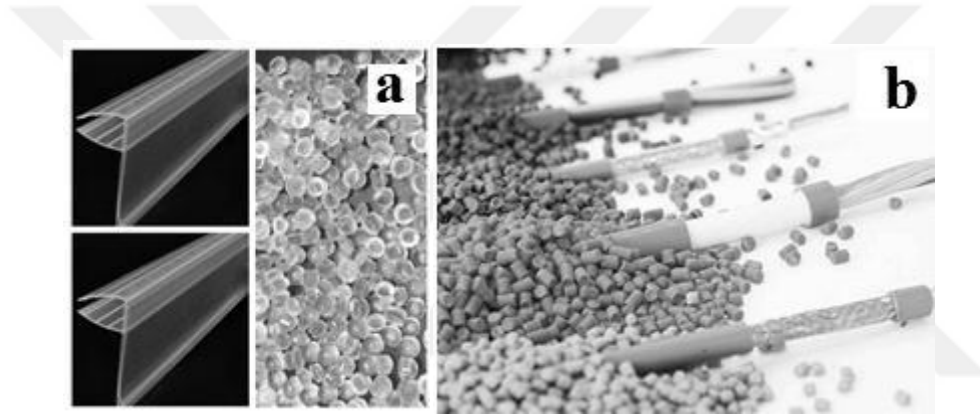
- * ekstrüzyon
- * enjeksiyon
- * vakumlama
- * dönerek kalıplama yöntemleri kullanılmaktadır (Saçak, 2012).

1.3.1. PVC'nin kullanım alanları

PVC'nin birçok alanda kullanılmasının en büyük sebebi maliyetinin oldukça düşük seviyelerde olmasıdır. PVC, pencere çerçevelerinde, şeffaf profil, kimyasal ekipmanlarda, borularda, panellerde ve ambalajlarda (gazlı içecek, şarap şişeleri gibi) kullanılır. Molekül kütlesi düşük olan enjeksiyonlu türleri de sağlık ve bilişim (bilgisayar) sektöründe uygulanmaktadır (Ezdeşir ve ark., 1999).

Sert PVC'nin uygulanan sıcaklık aralığı -5°C - -60°C arasında değişmekte ve en çok yapı malzemeleri ile inşaat endüstrisinde kullanılmaktadır. Kanalizasyon boruları, plastik pencere profilleri, oluk, duvar ve tavan kaplamaları, havalandırma boruları, ızgara, vantilatör, otomotiv iç aksamaları vb. malzemeler üretilmektedir.

Yumuşak PVC'ye eklenen plastikleştirici miktarına bağlı olarak sıcaklık değeri -50°C - 60°C arasında değişmektedir. Yumuşak PVC daha fazladır, sanayi, branda, yer döşemeleri, kablo, oyuncak ve eldiven üretiminde kullanılır. Yumuşak PVC'nin sıcaklığı artırılınca metal yüzeylere absorbe özelliği de artmaktadır. Yumuşak PVC iyi yalıtım özellikleri gösterdiğinden dolayı kablo üretiminde çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Cengiz vd. 2008).



Şekil 1.5. Sert ve yumuşak PVC'nin resimleri (a) Sert PVC (b) Yumuşak PVC.

Çizelge 1.5. PVC (polivinil klorür)'nin kullanım alanları

Uygulama	Rijit PVC	Esnek PVC
İnşaat	Pencere profilleri, oluklar, su boruları, kaplamalar	Tavan kaplamaları, seralar, su geçirmeyen membranlar, kablo izolasyonu
Ambalaj	Şişeler, kabarcıklı filmler, şeffaf paketler	Yapışkan film
Nakliye	Otomobil koltuk takımları	Sızdırmazlık, tavan kaplamaları, tel izolasyonu, pencere sızdırmazlık malzemeleri, dekoratif süsler
Ev malzemesinde	Laminatlar, plaklar, ses ve video teyp kasetleri, korniş	Duşakabinlerde, döşeme, duvar kağıdı, hortum, suni deri
Tıbbi	-	Oksijen çadırları, diyaliz ile kantorbaları ve serum hortumları
Giysi	Güvenlik malzemeleri	Su geçirmeyen yağmurluklar, önlük, can yelekleri, ayakkabı ve botlar ve bebek elbiseleri
Diğerleri	Bilgisayar disket kabı ve kredi kartları	Oyuncaklar, konveytör kayışları, suda yüzen malzemeler, spor malzemeleri

1.3.2. PVC malzeme üretiminde kullanılan katkı maddeleri

Profil üretiminde polivinil klorür ham madde olarak kullanılmaktadır. Katkı maddeleri ilavesi olmadan PVC'nin tek başına kullanımı ile mekanik dayanım, kimyasal-fiziksel ve atmosferik gibi istenilen bazı özelliklerin sağlanamadığı bilinmektedir. Kalıplama aşamasında plastikleşmenin sağlanması ve ürünlerin istenilen özelliklerde olabilmesi için bazı katkı maddelerini ilavesi sağlanması gerekmektedir. PVC'nin üretim formülasyonunda; PVC reçinesi, kaydırıcılar, darbe emici maddeler, stabilizatörler, dolgu maddeleri, proses yardımcıları ve renklendirme pigmentlerinden var olmaktadır (Kuyulu, 2001). Önceki bölümlerde PVC'de kullanılan katkı maddeleri ve hazırlama süreci Şekil 1.4.'de gösterilmiştir.

1.3.2.1. Stabilizatörler

PVC profillerinde pürüzsüz yüzey sağlamak için, profilin mekanik ve termal özelliklerini artırmak için kullanılmaktadır. Polimerler işlenme esasında ya da kullanım yerlerinde ısı enerjisine maruz kalabilirler. Isıya maruz kaldıklarında bozunabilirler, bunu azaltmak için içlerine ısı stabilizatörleri denilen maddeler eklenir. Isı stabilizatörleri polimerin zincirine yüklenecek enerjiyi azaltmak için polimere verilen ısı enerjisini absorplar (Saçak, 2014).

PVC profiller, yapısındaki bileşenlerden dolayı formülasyonun ısı kararlılığını geliştirerek üretim sürecinde karışımın ekstrüderde yanmasını engeller, ışık kararlılığını iyileştirerek ürünü güneş ışığından korur. Günümüze kadar kullanmakta olan kurşun stabilizatörün içerisindeki kurşun insan sağlığına zararlı olduğu ve doğa içinde yok olmayacağı için kullanımı azalmıştır. Bunun yerine yeni nesil ve çevreci kalsiyum/çinko (Ca/Zn) stabilizatörü kullanılmaktadır. Stabilizatörün PVC formülasyonundaki özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- PVC'nin bozulmasına sebep olan bütün kimyasalların oluşmasını önler,
- Hidrojen klorür çıkışını absorbe ederek bozunmaya sebep olan mekanizmayı önler,
- PVC yapısındaki klor atomuyla yer değiştirerek kırılması daha karmaşık bağlar oluşturur,

- PVC yapısındaki çift bağlarla reaksiyona girmesi sonucu ürünün oksitlenerek sararmasını önler.



Şekil 1.6. Stabilizatörler.

Çizelge 1.6. Polivinil klorürün üretiminde kullanılan birkaç stabilizatörler (Kuyulu, 2001)

Stabilizatörler	Kullanım Alanları
Bazik kurşun karbonat	Düşük sıcaklık ve esnek uygulama
Kalsiyum çinko	Şeffaf mamullerde
Tri bazik kurşun sülfat	Rijit ve esnek uygulama
Kadmiyum Stearat	Şeffaf mamullerde ve düşük oranlarda uygulanır
Organofosfit	Rijit uygulama
Diketon	Yüksek sıcaklık ile binaların dış yapılarına
Kalay	Gıda ambalaj sanayiinde
Fenolik antioksidan	Binaların dış bölümünde
Organotinkarboksilat	Rijit uygulama

1.3.2.2. Kaydırıcılar

Ekstrüderde PVC biçimlendirilme işlemi sırasında oluşan basıncı ve kuvveti minimize etmek için düşük moleküler ağırlıklı kaydırıcı katkı maddeleri eklenmelidir. Katkı maddeleri, polimerin işleme özelliklerini geliştirir. Genellikle PVC'deki çözünürlükleri çok iyidir ve polimer molekülleri arası sürtünmeyi azaltmak için polimer moleküller arasında oluşan kuvveti zayıflatır, bununla birlikte uygun olmayan kaydırıcılar sistemi dengesi, katı malzemelerin işleme ekipmanı yüzeyinde birikmesine neden olur. Dolayısıyla prosesten yüzeyi kötü görünümlü bir ürün çıkışı olur. Tercih edilmeyen kötü görüntünün ortadan kaldırılması amacıyla üretim hattının devreden çıkarılıp temizliğinin sağlanması gerekir. Temizlenme sırasında makine kapanacağından zaman kaybı ve enerji israfıyla verim azalacaktır. Kaydırıcı olarak, iç ve dış kaydırıcılar olarak iki sınıfta araştırılmaktadır.

İç kaydırıcılar polivinil klorür ile çok uyumlu bir malzemedir. PVC'de iyi çözünür ve moleküllerin gücünü zayıflatılarak moleküller arasındaki sürtünmeyi azaltır. Polimer akışkanlığını artırmasıyla üretimdeki verimliliğinde artmasını sağlar.

Dış kaydırıcıları seçilirken genellikle PVC'de çözünmeyen maddelerden olmasına dikkat edilir. Uyumu az ya da hiç olmaması nedeniyle PVC, işleme esnasında eriyiğin yüzeyini etkiler. Bundan dolayı polimer eriyiğin ara yüzeyine göç eden dış kaydırıcı molekülleri ve prosesin metal yüzeyi, sıcak yüzeye tutunmayı önleyerek, prosesdeki sıcak metal yüzey ve eriyik arasında meydana gelen sürtünme etkilerini minimuma indirir. Bununla birlikte mamülün işlenebilirliği kolaylaşır ve sonuç olarak ürünün yüzey görünümünün daha çok iyi olmasını sağlar. Dış kaydırıcılara vaks, etilen, ester, stearamid, parafin ve disterilftalat örnek olarak gösterilebilir.

1.3.2.3. Darbe modifiye ediciler

Plastik maddelerin de bazıları darbe ve şoklara karşı dayanıksızdırlar. Dayanıklılığını artırmak için grafit ve kauçuk polimerleri gibi plastiklere elastomerler ilave edilir. Plastiğe ilave edilen sert, kırılğan ve yumuşak maddeler plastiğin uğradığı darbeyi engellemektedir (Kaya,2005).

Darbe modifiye edici malzemeler PVC ile karışım esnasında farklı bir faz oluştururlar. PVC sert bir polimer olmasına rağmen çoğu PVC uygulamaları, basit rijit formülasyonlardan fazlasıyla sertlik ya da fazlasıyla az sıcaklıklardaki sertlik tercih edilmektedir. Buna benzer uygulamalarda kullanılan PVC formülasyonları için darbe düzenleyici eklenebilir. Bu katkıların kolay akıcılık sağlaması, kokusuz ve tatsız olması, dengesiz eriyiğin dengeli akması ve renklendirilme sürecinde herhangi bir zorlukla karşılanmaması beklenir (Kuyulu, 2001).

1.3.2.4. Proses yardımcıları

Proses yardımcıları, sert PVC üretimindeki formülasyonların işlenebilme özelliklerini iyileştirmeyi sağlayan ve adapte olabilen amorf polimerlerdir. Buna benzer maddeler PVC partiküllerin birleşmesini kolaylaştırıp, polimer eriyiğinin viskozitesini değiştirir. Proses yardımcıları birleşmesinin ilk adımlarında PVC tanecikleri arasındaki teması artırılır ve böylelikle PVC molekülleri kolayca deforme olur.

1.3.2.5. Boyar maddeler

Plastik malzemeleri renklendirme ile estetik ve dekoratif görünüm sağlanabilir. Toz ya da granül şeklindeki plastik malzemeler ile boyar madde karıştırıcı yardımıyla birbiriyle karıştırılmaktadır. Elde edilen karışım esnasında moleküller arasında oluşan sürtünmelerinden dolayı elektrostatik yükü boyar madde toz ya da granüller polimerin yüzeylerine kolayca yapışır ve renklendirme daha çok kolaylaşır. Şeffaf, saydam ya da opak halinde bulunabilirler. Titanyum dioksit, beyazlık ve opaklık sağlamak için plastiklerde, elyaflarda, kaplamalarda, boyalarda, kağıtta, mürekkeplerde, gıda ve kozmetikte yaygın olarak kullanılan beyaz bir pigmenttir. TiO_2 'nin kullanılacak olan ana hammadde ile diğer katkı maddeleriyle istenilen renk tonlarına göre genellikle %0.5-%2 aralığında uygulanmaktadırlar (Baydar, 2016). PVC üretiminde kullanılan bazı renklendiriciler çizelge 1.7.'de verilmektedir.

Çizelge 1.7. PVC mamül üretiminde kullanılan bazı renklendiriciler

Renk katkı malzemesi	Renk
Titanyum dioksit	Beyaz
İnce alüminyum tozu	Gümüş
Kadmiyum sarısı, krom, titan	Sarı
Demir iki oksit	Kırmızı
Karbon siyahı	Siyah
Mika veya kurşun karbonat	Parıltılı görünüm

1.3.2.6. TiO₂ (Titanyum dioksit)

Profile beyaz rengi verir ve profilin ultraviyole ışık altında renk değiştirmesinin önüne geçer. Renkli profil karışım formülünde kullanılmaz.

1.3.2.7. Kalsiyum karbonat

Profil yüzeyini pürüzsüz bir hale getirmek, mekanik dayanım ve termal özelliklerini artırmanın yanında daha düşük maliyete üretimi gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Plastik endüstrisinde dolgu malzemesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Polimerin erken deformasyona uğramasını geciktirir. Kimyasal saflık yüzdesini artırır. Yapısındaki renklendirici özelliğinden dolayı renkli ürün üretimine son derece uygundur. Aşındırıcı özelliği olmaması, prosesteki ekipmanların ömrü üzerinde negatif bir etkisi yoktur. Kalsiyum karbonatın ince cidarlara sahip olan malzemelerde esneme ve büzülmeyi önleyici etkisi vardır. İnce tane yapıları dolgu maddeler, darbe mukavemetini azaltmadan sertliği arttırabilir. Kokusuz, tatsız ve zehirsiz olmasından ötürü gıda endüstrisinde çok fazla tercih edilmektedir (Baydar, 2016). Genellikle klasik öğütme yöntemleriyle işlenirler. Bu işlemler sonrasında gruplandırılırlar. Plastik sektöründe kullanılan kalsiyum karbonatın (CaCO₃) %90'ından fazlası klasik öğütmeyle sağlanır (Yurdakul, 2011).

1.3.3. PVC kompozit üretim yöntemleri

PVC profil üretiminde kullanılan ana hammaddelerin en önemlisidir. Fakat sadece PVC ekstrüde edilemez. PVC plastikleşme aşamasında ve kalıplama da gereken özellikleri elde etmek için bazı katkı maddelerin eklenmesi gerekmektedir. PVC mamül üretim sürecinde sıklıkla kullanılan proses teknikleri; ekstrüzyon yöntemi, enjeksiyon yöntemi, ısı ve vakum etkili termoforming yöntemi, kalenderleme, döndürerek kalıplama ve şişirerek kalıplama yöntemleridir (Saçak, 2012).

Bu tür değişik üretim yöntemlerinin kullanılması, PVC'nin çok fazla alanda uygulaması mümkün olabilmektedir. PVC üretim yöntemleri ve bu yöntemlerle üretilen ürünlerin bazı uygulama alanları çizelge 1.8'te verilmektedir.

Çizelge 1.8. PVC üretim yöntemleri ve kullanım alanları (Akkurt,1991)

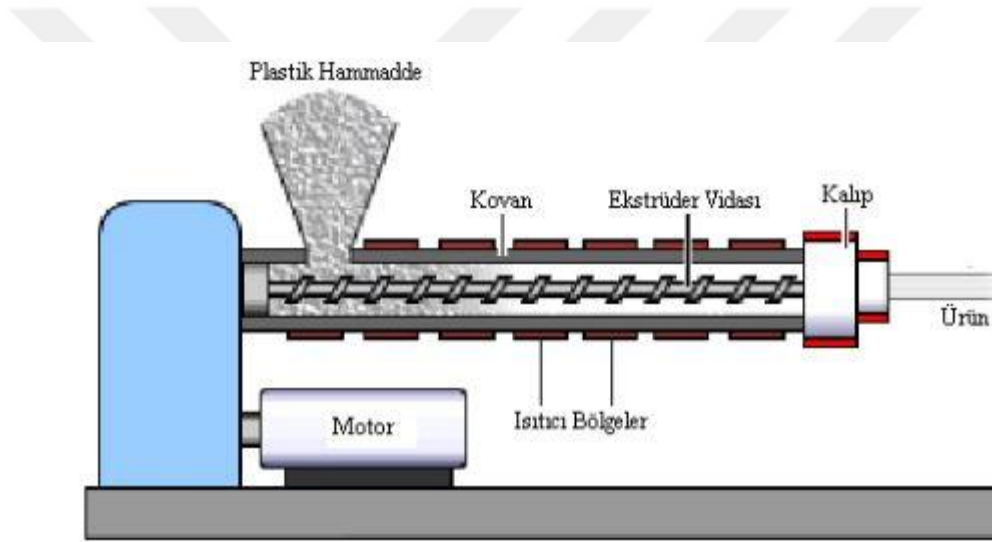
Yöntem	Kullanım Alanları
Ekstrüzyon	Kablolar, sulama ve kanalizasyon boruları, şişe, hava hortumları, profil, filmler, kablolar, tüpler, kayışlar, basınçlı borular
Enjeksiyon	Elektrik ve ekipmanları, boru bağlantı parçaları, ayakkabı, sandalet ve ayakkabı topukları, yatak yuvaları,
Kalenderleme	Sert tabakalar, yer döşeme karoları, yüzme havuzu kaplamaları, fil ve folyo, dekoratif kaplamalar,

1.3.4. Ekstrüzyon ile PVC üretim yöntemi

Plastik ürünlerin hassas ölçülerde, belirli kesitlerde ve gereken uzunluklardaki üretimlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Enjeksiyon prosesinde elde edilen ürün sabit formda iken, ekstrüzyon prosesinde sabit kesitli ve istenilen uzunlukta ürün üretilir. Bu yöntem kullanılarak profiller, çubuklar, borular, düz veya yuvarlak filmler, levhalar ve çeşitli lamine ürünler gibi çeşitli formlarda ürünler üretilir. Bu işlemde plastik hammaddeler ve katkı maddeleri karıştırılarak eşit şekilde akmaları için üzerlerine sıcaklık ve yüksek basınç uygulanır. Bu işlemden sonra istenilen şekli vermek için istenilen ebatta şekillendirilmiş bir kalıp ile şekillendirilir. Bu işlem, ekstrüder adı

verilen bir makine ile yapılır. Plastik ürünlerin yaklaşık %30'u bu şekilde yapılmaktadır (Demirci, 2015).

Ekstruder; motor, redüktör grubu, kovan kısmı, burgu ve ana gövdeden oluşmaktadır. Bu genel parçalara ek olarak, ekstrüderde ürün performansını etkileyen birçok yardımcı ünite bulunmaktadır. Kovanda eriyen polimer, ekstrüderdeki direnç sayesinde kontrollü bir şekilde ısıtılır. Sistemin içinde ve kovan dışında bulunan motor sayesinde dönen mil hareket ettikçe yüksek basınçla kalıba doğru hareket eder. Sonuç olarak, plastik ürünlerin kalıplanması gerçekleştirilir. Çift vidalı ekstrüderler, plastik endüstrisinde 50 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Şekil 1.7.'de genel bir ekstrüzyon hattının şematik gösterimi gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Genel bir ekstrüzyon hattının şematik gösterimi.

Plastik hammaddelerin katkı maddeleri, boyalar, stabilizatörler diğer ek malzemeler ile homojen bir şekilde karıştırılmasını sağlar. Özellikle son yıllarda biyoplastik uygulamalarında renk masterbatchleri (granül biçiminde bulunan boya), mineral veya cam elyaf dolgulu ürünlerin üretimi, geri dönüştürülmüş malzemelerin katkı maddeleri ile granülasyonu için temel polimerler, organik ve inorganik pigmentler üretmek için kullanılmaktadır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Gölşat (2019) yapmış olduğu çalışmada MFP (Mikronize Filtre Perliti) katkı maddesiyle hazırlanıp, PVC'nin mekanik ile termal özelliklerinin incelenmesi yapılmaktadır. Farklı karakteristikte üretilen kompozit malzemelerin özelliklerinin belirlemek amacıyla; sertlik testi, yoğunluk testi, tane boyutu dağılımı testi, çekme testi ve termal iletkenlik testleri gerçekleştirmiştir. Yoğunluk test sonuçları incelendiğinde MFP katkılı kompozit malzemelerde katkı maddesinin oranı arttıkça yoğunluk sonuçlarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Termal iletkenlik testi sonuçlarına bakıldığında kompozit numunelerde MFP miktarının artmasıyla termal iletkenlik katsayılarında bir düşüş meydana gelmiştir. Alınan örneklere uygulanan sertlik testi sonuçları araştırıldığında artan MFP oranıyla birlikte malzemelerin sertliklerinde düşüş olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen veriler incelendiğinde MFP katkısıyla termal özelliklerinde iyileşmeler meydana gelirken, mekanik özelliklerde önemli düşüşler gözlenmiştir.

Baydar (2016) yapmış olduğu çalışmada, PVC kompozit malzeme üretim esnasında kullanılan farklı dolgu maddelerinin kompozit malzeme üstündeki mekanik ile fiziksel etkilerini incelemiştir. Farklı oranlarda dolgu maddesi olarak BaSO₄ (baryum sülfat), KS (karbon siyahı) ve YFK (yerli fıstık kabukları) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan dolgu maddelerinin mekanik dayanımını azaltırken buna karşın termal dayanımını artırmıştır

Güzel (2016) yapmış olduğu çalışmada, epoksi kompozitler üretmek için dolgu maddesi olarak fıstık kabukları (YFK) ve döküm cürufu kullanıyor. Artırılan dolgu maddesinin miktarıyla kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişiklikleri inceledi. Kullanılan saf YFK dolgu maddesi sayesinde soğuk atmosfer direnci, korozyon direnci ve adhezyon özellikleri iyileştirilmiştir. Ancak saf YFK oranı arttıkça çekme dayanımında düşüş olduğu görülmüştür.

Bayraktar (2015) yaptığı çalışmada PVC üretiminde elde edilen kablolar üstünde çalışmış ve öncelikle binalarda veri ile enerji iletişiminde kullanmakta olan kabloların meydana gelecek bir yangında başlatıcı olması ya da hızlandırıcı etkilerini azaltması veya tamamen önlenmesi amaçlanmıştır. Bundan dolayı katkı maddesi olan alev geciktiriciler incelenmiştir. Bu alev geciktirici malzemeler; ADM (admontin), ZB

(çinko borat), BF (bor fosfat) ve buna benzer ajanlarla kablo üretimindeki hammadde formüllerini iyileştirmek için çalışmalar yapılmıştır.

Varol (2010) yaptığı çalışmada, renkli profil kaplama üretim anındaki davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmaların incelenmesi sonucunda kaplama anında folyonun daha fazla yapışması için verilen ısı sonrası meydana eğrilik değerlerinde büyük artış görülmemiştir. PVC profil formülünün profil eğriliklerine etkisi incelenmiş ve farklı oranlardaki katkı maddeleriyle reçete hazırlanmıştır. Bu çalışmada yapılan inceleme sonucunda eğrilik değerlerinde büyük farklar görülmemiş ve farklı firmaların profillerinin incelenmesi ile yapılan deneyler sonucunda ısıya maruz kalan PVC profilleri eğilmektedir.

Wang ve ark. (2008), işlenmemiş PVC ve atık bambu tozları kullanılmıştır. Sağlanan kompozitlerin mekanik ile stabilite özellikleri üstünde bambu tanecik boyutu, nem içeriği ve bombu tozu oranıyla polivinil klorür (PVC) etkileri üzerinde çalışılmıştır. Bambu tozunun fazlasıyla nem içeriğine sahip olması ve sıcak pres kalıplama yöntemiyle hazırlanan kompozit paneller mükemmel boyutsal kararlılık sergilemiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kimyasal Maddeler

3.1.1. Polivinil klorür

Kompozit hazırlanırken matris görevi üstlenen polivinil klorür, Akdeniz Kimya ve KİMFOR firmasından temin edilen PVC kullanılmıştır.

3.1.2. Darbe artırıcı

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında, Akdeniz Kimya ve KİMFOR akrilik darbe mukavemet artırıcısı kullanılmıştır. Kullanılan darbe artırıcının akrilik bazlı olması, ürünlerin daha yüksek parlaklığa ve daha güzel bir yüzeye sahip olmasını sağlamaktadır.

3.1.3. Stabilizatör

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında, Akdeniz Kimya ve KİMFOR firmasında temin edilen kalsiyum/ çinko esaslı stabilizatörü kullanılmıştır.

3.1.4. TiO₂

Kompozit malzemelerin hazırlanmasında, Akdeniz Kimya ve KİMFOR firmalarında temin edilen TiO₂ kullanılmıştır. Profile beyaz rengini vermesi ve profilin ultraviyole ışık altında renk değiştirmesini önlemek amacıyla kullanılmıştır.

3.1.5. Dolgu maddeleri

Çalışmada dolgu maddesi olarak CaCO₃, TiO₂, Pb, Ca, Mikronize, Toz Plastikleştirici ve çivit kullanılmıştır.

3.1.6. CaCO₃

Akdeniz Kimya ve KİMFOR firmalarında temin edilen CaCO₃ kullanılmıştır.

3.2. Yöntemler ve Cihazlar

3.2.1. Profil üretim aşamasında kullanılan cihazlar

3.2.1.1. Mikser

Profil üretimini gerçekleştirebilmek için PVC ve diğer hammaddelerin homojen bir şekilde karıştırılması için HAKPEN PVC PENCERE VE KAPI SİSTEMLERİ TİCARET SANAYİ LTD. ŞTİ.'de bulunan karıştırıcı cihazı kullanılmıştır. Mikser iki bölümden oluşmakta olup, üst kısımda 125 °C'ta sıcak karıştırma, alt kısımda ise soğuk karıştırma (çıkış sıcaklığı 45 °C) yapılmaktadır. Sıcak ve soğuk mikser Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Sıcak ve soğuk mikser.

3.2.1.2. Ekstrüder

Pencere profillerinin üretimi HAKPEN PVC PENCERE VE KAPI SİSTEMLERİ TİCARET SANAYİ LTD. ŞTİ. firmasında endüstriyel çapta PVC pencere profil üreten bir ekstrüder hattında çift vidalı Lima extrusion marka ekstrüderde gerçekleştirilmiştir. Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan ekstrüder hattı.

3.2.1.3. Dijital terazi

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



Şekil 3.3. Dijital terazi.

3.2.2. Analizlerde kullanılan cihazlar

3.2.2.1. Charpy darbe mukavemeti cihazı

Charpy darbe mukavemeti tayini deneyinde Cometech marka darbe cihazı kullanıldı. Charpy Darbe Cihazı, numuneye 2J kadar enerji uygulayan bir cihazdır. Charpy darbe mukavemeti cihazı Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Charpy darbe mukavemeti tayin cihazı.

3.2.2.2. Soğutucu

Soğukta darbe mukavemeti deneyi için, numunelerin -10 °C’de bekletilmesinde Uğur marka derin dondurucu kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Derin dondurucu.

3.2.2.3. Sertlik tayini cihazı

Numunelerin sertlik testleri ISO 868 (Shore D) test standardına göre gerçekleştirilmiştir. Kompozit malzemelerin sertliklerinin ölçülmesinde Nishi Tokyo Semitsu marka, Westop(Type D) cihazı kullanılmıştır. Kullanılan sertlik ölçüm cihazının resmi Şekil 3.6.'da verilmektedir.



Şekil 3.6. Sertlik ölçüm cihazı.

3.2.2.4. Etüv

Kalıcı termal uzamanın tayini için hava sirkülasyonu olan Binder model etüv kullanılmıştır. Kullanılan etüv şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Binder etüv.

3.3. Kompozitlerin Hazırlanması

Üretimde standart olarak kullanılan CaCO_3 dolgu maddesine ek olarak; TiO_2 , Pb, Ca, mikronize, toz plastikleştirici ve çivit dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Standart kompozit malzeme PVC, CaCO_3 , TiO_2 , stabilizatör ve darbe arttırıcı ilave edilerek hazırlanmıştır. Diğer katkı maddeleri sabit tutularak, referans malzemede kullanılan dolgu maddesi stabilizatör yerine Ca ve Cebacell 030 (toz plastikleştirici) (Cebacell 030 kütlege 0.6, 0.5 0.4, 0.6) ekstra olarak yüzey düzeltici ve cebacellwak. (dış kaydırıcı) sırasıyla kütlege 0.5 ve 0.4 miktarlarıyla dolgular katılarak 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 3.1, 3.2, 3.3,3.4, 3.5., 3.6.'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Standart hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Malzeme	Miktar (kg)
PVC	100kg
Kalsiyum karbonat	50 kg
Mikronize	80 kg
Stabilizatör (Pb)	5kg
Titandioksit	2 kg
Çivit	0.2kg

Çizelge 3.2. Cebacell 030 hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Malzeme	Miktar (kg)
PVC	100 kg
Kalsiyum karbonat	80 kg
Mikronize	80 kg
Stabilizatör (Ca/Zn)	5kg
Cebacell 030 (toz plastikleştirici)	0.6 kg
Titandioksit	2kg
Çivit	0.2 kg

Çizelge 3.3. Cebacell 030 hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Malzeme	Miktar (kg)
PVC	100 kg
Kalsiyum karbonat	80 kg
Mikronize	80kg
Stabilizatör	4.5 kg
Cabecall 030	0.5 kg
Titandioksit	2kg
Çivit	0.2 kg

Çizelge 3.4. Cebacell 030 ve yüzey düzeltici hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Malzeme	Miktar (kg)
PVC	100kg
Kalsiyum karbonat	80kg
Mikronize	80kg
Stabilizatör	5kg
Cebacell 030	0.4 kg
Yüzey düzeltici	0.5 kg
Titandioksit	2kg
Çivit	0.2 kg

Çizelge 3.5. Cebacell 030 ve Cebacellwax hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimleri

Malzeme	Miktar (kg)
PVC	100 kg
Kalsiyum karbonat	80kg
Mikronize	80kg
Stabilizatör	5kg
Cebacell 030 plastikleştirici toz karışım	0.6 kg
Cebacellwak. (dış kaydırıcı)	0.4 kg
Titandioksit	2kg
Çivit	0.2 kg

Çizelge 3.6. Cebacell 030 ve Cebacellwax hazırlanan denemelerin ağırlıkça bileşimlerin 125°C Deneyi

Malzeme	Miktar (kg)
PVC	100kg
Kalsiyum karbonat	80kg
Mikronize	80 kg
Stabilizatör	5kg
Cebacell 030	0.6 kg
Cebacellwax	0.4kg
Titandioksit	2kg
Çivit	0.2kg

Mikserde önceden karıştırılarak elde edilen karışımlar, ekstrüdere manuel şekilde beslemeyapılmıştır. Kovan sıcaklıkları sırasıyla; 155 °C, 160 °C , 170 °C, 175 °C, 185 °C, 180 °C, 195 °C 195 °C, 195 °C, 195 °C'dir. Kalıp sıcaklıkları sırasıyla; 180 ° C, 180 ° C, 195 ° C, 180 ° 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.

3.4. PVC Kompozitlerinin Karakterizasyonu

Üretilen kapı pencere profil numuneleri aşağıdaki deneylere tabi tutulmuştur.

3.4.1. Soğukta darbe mukavemeti tayini (kütle düşürme metodu)

Soğukta darbe mukavemeti tayini, EN 477 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney yapılacak profillerden her bir ürün için 300 mm boyunda 5 adet numune kesilmiş ve kesilen deney parçaları derin dondurucuda -10 °C'de 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra derin dondurucudan çıkarılan profillerin dış yüzeyine, darbe cihazı ile profil yüzeyine darbe uygulanmıştır. Darbe tüm deney numunelerine aynı şekilde uygulanmış ve kırılan numune sayısına göre kırılma %'si hesabı yapılmıştır.

3.4.2. Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği tayini

Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği tayini TS EN 479 standardına uygun yapılmıştır. Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği tayini için hava sirkülasyonu olan binder marka etüv ve dijital göstergeli kumpas kullanılmıştır. Üretilmiş olan pencere profillerinden 450 mm uzunluğunda üç adet hazırlanmıştır. Her bir deney numunesinin karşılıklı her iki yüzeyinde, bir işaretleyici yardımıyla 430 mm mesafe uzunluğunda iki işaret yapılmış ve bu mesafe elektronik kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Etüv 100 °C'a ulaştığında talk serpilmiş cam üzerine profiller yerleştirilmiştir. 60 dakika sonunda numuneler etüvden alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. İki işaret arasındaki mesafe metre ile tekrar ölçülmüştür.

3.4.3. Sertlik (Shore D) testi

Sertlik tayini TS EN ISO 868 standardı baz alınarak 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.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Görünüş Muayenesi Sonuçları

Numune profillerinin tamamı göz ve el ile muayene edildi ve her yerinde renk homojenliği, yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak, sürekli çizik gibi imalat kusurlarına rastlanmamıştır.

4.2. Soğukta Darbe Mukavemeti Deneyi

EN 477 standardına uygun olarak hazırlanan ve testi yapılan kompozit malzemelerin soğukta darbe mukavemeti sonuçları Çizelge 4.1'te gösterilmektedir. Her kompozit için yapılan 5 örneğe soğukta darbe testi uygulanmış ve sonuçlar kırılma var ya da yok olarak değerlendirilmiştir. Kırılan örneklerin sayısını tespit ederek, 5 deney örneği içinde kırılma %'si hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Soğukta darbe dayanıklılık deney sonuçları

Deneme No	Numune Boyutu (mm)	Deney Sıcaklığı (°C)	Kırılma Oranı (%)
Standart	300	-10	-
1	300	-10	15
2	300	-10	10
3	300	-10	5
4	300	-10	-
5	300	-10	-

Deney numuneleri gün ışığında göz ve el ile muayene edildiğinde 4. ve 5. deneme formüllerinde habbe, çatlak veya pullanma olmadığı ancak 1. 2. ve 3. deneme numunelerinde habbe, çatlak ve pullanma olduğu görülmüştür.

4.3. Sıcakta Bekletme Sonrası Ölçü Değişikliği Deney Sonuçları

Numune profillerinin sıcakta bekletme sonrası ölçü değişiklikleri Çizelge4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sıcakta bekletme sonrası deney sonuçları

Numune Boyutu (mm)	Deney sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	I0(mm)	I1(mm)	ΔI (mm)	%
450	100	60	430	427	3	0.7
450	100	60	430	420	10	2.3
450	100	60	430	426	4	0.9
450	100	60	430	426.5	3.5	0.8
450	100	60	430	427.5	2.5	0.6
450	100	60	430	428	2	0.5

Deney numuneleri gün ışığında göz ve el ile muayene edildiğinde 3. 4. ve 5. deneme formüllerinde habbe, çatlak veya pullanma olmadığı ancak 1. ve 2. deneme numunelerinde hafif, çatlak ve pullanma olduğu görülmüştür.

4.4. Sertlik (Shore D) Testi

Sertlik testi TS EN ISO 868 standardına uygun olarak uygulanmıştır. Hazırlanan kompozitlerin sertlik değerlerini belirlemek için kompozitlerin görünür yüzeylerinde üç tane ölçüm alındı ve ölçümlerin ortalama değerleri alınmıştır. Sertlik ölçüm sonuçları Çizelge4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4.3. Sertlik tayini

Örnek	Shore D
Standart	79
1.deneme	73
2.deneme	75
3.deneme	77
4.deneme	82
5.deneme	82

Çizelge 4.3'deki verilere göre; Ca/Zn destekli stabilizatör Cebacell 030, Cebacell wakve yüzey düzeltici ile hazırlanan kompozitlerde katkı malzemelerin miktarı arttıkça sertlik değerlerinde 1. 2. ve 3.'te azalma meydana gelirken 4. ve 5. artış olduğu görülmüştür.





5. SONUÇ

Yapılan çalışmada farklı dolgu maddeleri ile hazırlanan PVC kompozitlerin termal ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Üretilen kompozitlerin özelliklerini saptamak için, kalıcı termal uzama tayini, soğukta darbe mukavemeti tayini, charpy darbe mukavemeti tayini ve sertlik tayini yapılmıştır.

Yapılan 1. deneme de Pb bazlı stabilizatör yerine Ca/Zn bazlı stabilizatör kullanıldı, ayrıca formülasyona ek olarak Cebacell 030 (toz plastikleştirici) kullanıldı ve ekstrüder makinesinin sıcaklık 155 °C başlatılıp 195 °Cye yükseltilmiştir. Normalde kullanılan sıcaklık değerinin daha düşük sıcaklıkta başlatıldığı için enerji tasarrufu sağlanmıştır.

- Makine rejimlerinde anormal herhangi bir duruma rastlanmamış, %56'lık gibi düşük bir ekstruder torku ile imalat gerçekleşmiştir ve enerji tasarrufunda bulunmuştur.
- Deneylerden önce profiller göz ve el ile muayene edildiğinde; renk homojenliği olduğu, yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.
- Sertlik tayini sonuçlarına göre standart PVC kompozitlerin sertlik değerlerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.
- Soğukta darbeye dayanıklılık deneyi sonucunda profillerde kırılma oranının profillerde %15 kırılma olduğu, TS 5358 standardına uymamaktadır.
- Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyinden sonra profillerde; yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunduğu görülmüştür. Bu sonuç TS 5358 standardına uymamaktadır. Nisbi boy değişiklikleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Nisbi boy değişikliği} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100$$

Formülü ile ve sonuç tam sayıdan sonra onda bir hanesine kadar yürütülerek hesaplandı.

Burada;

l_0 = İki ölçü işareti arasındaki mesafenin başlangıç değeri (mm)

l_1 = İki ölçü işareti arasındaki mesafenin son değeri (mm)

Δl = İki ölçü işareti arasındaki mesafedeki ölçü değişmesi (mm)

Yapılan 2. denemede PVC kapı ve pencere imalatı için gerekli formülasyondaki Pb bazlı stabilizatör yerine Ca/Zn bazlı stabilizatör miktarı 4.5 kg indirilerek kullanılmış ayrıca Cebacell 030 (toz plastikleştirici) miktarını 0.5kg indirilerek kullanıldı.

- Makine rejimlerinde anormal herhangi bir duruma rastlanmamış, %56'lık gibi düşük bir ekstruder torku ile imalat gerçekleştirilmiştir ve enerji tasarrufunda bulunmuştur.
- Deneylerden önce profiller göz ve el ile muayene edildiğinde; renk homojenliği olduğu, yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.
- Sertlik tayini sonuçlarına göre standart PVC kompozitlerin sertlik değerlerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.
- Soğukta darbeye dayanıklılık deneyi sonucunda profillerde kırılma oranının profillerde %10 kırılma olduğu, TS 5358 standardına göre kırılma oranı en fazla %10 olmalıdır.
- Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyinden sonra profillerde; yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunduğu görülmüştür. Bu sonuç TS 5358 standardına uymamaktadır.

Yapılan 3. denemede PVC kapı ve pencere imalatı için gerekli formülasyondaki Pb bazlı stabilizatör yerine Ca/Zn bazlı stabilizatör miktarı 4 kg indirilerek kullanılmış ayrıca Cebacell 030 (toz plastikleştirici) miktarını 0.4 kg indirilerek ayrıca yüzey düzelticide 0.5 kg kullanılmıştır.

- Makine rejimlerinde anormal herhangi bir duruma rastlanmamış, %56'lık gibi düşük bir ekstrudertorku ile imalat gerçekleştirilmiştir ve enerji tasarrufunda bulunmuştur.
- Deneylerden önce profiller göz ve el ile muayene edildiğinde; renk homojenliği olmadığı, yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.
- Sertlik tayini sonuçlarına göre standart PVC kompozitlerin sertlik değerlerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.
- Soğukta darbeye dayanıklılık deneyi sonucunda profillerde kırılma oranının profillerde %5 kırılma olduğu, TS 5358 standardına göre kırılma oranı en fazla %10 olmalıdır.
- Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyinden sonra profillerde; yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.

Yapılan 4. denemede PVC kapı ve pencere imalatı için gerekli formülasyondaki Pb bazlı stabilizatör yerine Ca/Zn bazlı stabilizatör miktarı 5 kg yükseltip kullanılmış ayrıca Cebacell 030 (toz plastikleştirici) miktarını 0.6 kg yükseltip kullanılmış ayrıca Cebacellwak. (dış kaydırıcı) 0.4 kg kullanılmıştır.

- Makine rejimlerinde anormal herhangi bir duruma rastlanmamış, %56'lık gibi düşük bir ekstrudertorku ile imalat gerçekleşmiştir ve enerji tasarrufunda bulunmuştur
- Deneylerden önce profiller göz ve el ile muayene edildiğinde; renk homojenliği olduğu, yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.
- Sertlik tayini sonuçlarına göre standart PVC kompozit malzemenin sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.
- Soğukta darbeye dayanıklılık deneyi sonucunda profillerde kırılma oranının profillerde olmadığı görülmüştür.
- Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyinden sonra profillerde; yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.

Yapılan 5. denemede PVC kapı ve pencere imalatı için gerekli formülasyondaki Pb bazlı stabilizatör yerine Ca/Zn bazlı stabilizatör miktarı 5 kg yükseltip kullanılmış ayrıca Cebacell 030 (toz plastikleştirici) miktarını 0.6kg yükseltip kullanılmış ayrıca Cebacell wak. (dış kaydırıcı) 0.4kg kullanılmıştır ve mikser sıcaklığı 120°C dereceden 125 °C ye yükseltilmiştir.

- Makine rejimlerinde anormal herhangi bir duruma rastlanmamış, %56'lık gibi düşük bir ekstruder torku ile imalat gerçekleşmiştir ve enerji tasarrufunda bulunmuştur.
- Deneylerden önce profiller göz ve el ile muayene edildiğinde; renk homojenliği olduğu, yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.
- Sertlik tayini sonuçlarına göre standart PVC kompozitlerin sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.
- Soğukta darbeye dayanıklılık deneyi sonucunda profillerde kırılma oranının profillerde olmadığı görülmüştür.

- Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyinden sonra profillerde; yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak ve sürekli çizik gibi kusurların bulunmadığı görülmüştür.



KAYNAKLAR

- Akkurt, S. 1991. **Plastik Malzeme Bilgisi**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 52-68
- Akyüz, Ö. F. (2001) Plastikler ve plastik enjeksiyon teknolojisine giriş, PAGEV Yayınları, İstanbul, 18-25.
- Aslankılıç, Z., 2008. **Alev geciktirici katkı maddelerinin PVC üzerindeki etkilerinin incelenmesi** (YL Tezi). İstanbul Üniversitesi FBE, İstanbul, 7-8
- Aydın, H., 2004. PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri, Eskişehir.
- Baydar, E. 2016. **Farklı dolgu maddeli pvc kompozit malzemelerinin üretimi ve özelliklerinin incelenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2-12.
- Bayraktar, Ö.F. 2015. **Çeşitli bor katkılı PVC kompozitlerinin karakterizasyonu ve yanma özelliklerinin incelenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2-16.
- Baykara, T., vd. 2004. Vizyon 2023 Projesi Malzeme Teknolojileri Strateji Grubu Ağustos 2004, Ankara
- Beşergil, B. 2008. **Polimer Kimyası**. Gazi Kitabevi, Ankara, 16-35
- Cengiz, F., Öztürk, B. ve Terzi A., 2008. **Camelyaf takviyeli kompozitler de dolgu maddelerinin mekanik özelliklere etkisi** (Lisans Tezi). Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 5-19.
- Demirci, S. 2015. **Yerli baritin baryum içeren pigmentlerin üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması** (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- Deveci, H. 2008. **Karboksil gruplu stiren kopolimerleri ve modifiye polistirenlerin sentezi ve özelliklerinin incelenmesi** (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1-5.
- Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkiran, İ., Yağcı, M., A., Çöbek, M., Bilgiç, T., 1999. **Polimerler I**, İstanbul, PAGEV Yayın Kurulu, 73-90.
- Gökalg, E., 2006. **Odunsu Materyal Kullanımının Polyester Esaslı (Mermerit) Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkisi** (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 116s.
- Gölşat, H. 2019. **Mikronize perlit katkılı pvc malzemelerin mekanik ve termal özelliklerinin incelenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan
- Güzel, G. 2016. **Epoksi reçinesi, yüksek fırın cürufu, yer fıstığı kabuğu tozu kompozitlerinin hazırlanması ve özelliklerinin incelenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1-32.
- Kaya, F. 2005. **Plastikler ve katkı maddeleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 181-190
- Kuyulu, A. 2001. **Polimerlerin İşlenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 16-33.
- Özer, H., 2005. **Sürekli cam elyaf takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin geliştirilmesi ve mekanik özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi** (YL Tezi). Uludağ Üniversitesi FBE, Bursa, 22-27.
- PAGEV. Plastik çeşitleri. <https://www.pagev.org/polivinilklorur>. Son erişim tarihi: 26.11.2021.

- Saçak, M., 2012. **Polimer Teknolojisi**, Ankara, p. 76-77.
- Saçak, M., 2012. **Polimer Teknolojisi**, Gazi Kitabevi, 4. baskı Ankara, 73-78.
- Saçak, M., 2014. **Polimer Teknolojisi**, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Soyel, D., 2008. **Sonlu elemanlar metodu ile NR/SBR tipi elastomer esaslı malzemelerin davranış modellerinin belirlenmesi** (YL Tezi). Sakarya Üniversitesi FBE, Sakarya, 13 15.
- 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.
- Ünal O. 2006. **Yapı Malzemeleri Ders Notları**. Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi. s.3-8
- Varol, F., S., 2010. **Renkli PVC Pencere Profillerinin Sıcaklık Karşısında Davranışlarının İncelenmesi** (YL Tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi FBE, Zonguldak, 9.
- 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.
- Yıldızhan, H., 2008. **Polimer matrisli kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi** (YL Tezi). Süleyman Demirel FBE, Isparta, 25-26.
- Yılmaz, O. 2007. **Polimer malzemelerin ekstrüzyonunun deneysel ve sayısal olarak incelenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 13-21.
- Yurdakul, K. 2011. **Kalsiyum karbonat (CaCO₃) dolgulu polietilen filmlerin hazırlanması ve geçirgenlik özelliklerinin incelenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-38.

ÖZGEÇMİŞ

2008-2012 yılları arasında Van Bostaniçi Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2017 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde Lisans eğitimini tamamladı. 2018 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans eğitimine başladı.



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 25/01/2022

Tez Başlığı / Konusu: **PVC** Kapı ve Pencere Profil İmalatında İklim Koşulları ve Maliet Açısından En Uygun Üretim Parametrelerin Belirlenmesi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 45 sayfalık kısmına ilişkin, 25/01/2022 tarihinde şahsım/tez Fen Bilimler Enstitüsü tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11(yüzdeonbir) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Materyal ve yöntem hariç,
- Kaynaklar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Gülşen NİŞO

Öğrenci No: 189101001

Anabilim Dalı: Kimya Mühendisi

Programı: Kimya Mühendisi

Statüsü: ☒ Yüksek Lisans

☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAY
UYGUNDUR