

DOĞAL LİFLERLE DESTEKLENMİŞ
TERMOPLASTİK MALZEMELERİN ISIL
ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİLMESİ

KAAN EMRE ENGİN

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERSİN
ARALIK-2007

DOĞAL LİFLERLE DESTEKLENMİŞ TERMOPLASTİK
MALZEMELERİN ISIL ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMİ İLE
ÜRETİLMESİ

KAAN EMRE ENGİN

Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği
Ana Bilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. F. Bülent Yılmaz

MERSİN
Aralık-2007

Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. F.Bülent YILMAZ

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ahmet BALDAN

Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr.Hüseyin MUTLU

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURHAN

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Yenilenebilir kaynaklardan biri olan bitki kökenli malzemeler büyük bir kullanım potansiyeline sahiptir ve bir çok alanda kullanılan malzemelerin yerini hızla almaktadırlar. En önemli özelliklerinden bir tanesi ise lif destekli plastik malzeme üretiminde lif desteği olarak kullanılabilme leridir.

Bu çalışmada, lif desteklerinin ağırlıklı olarak kullanıldığı termoplastik malzemeler, plastik üretim yöntemlerinden ısıll şekillendirme ve çeşitli bitki liflerinin özellikleri incelenerek özellikle aloe vera liflerinin avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Lif, Aloe Vera, Plastik, Isıl Şekillendirme.

ABSTRACT

Plant originated materials which are one of renewable resources have wide range of usage potential and they are fastly replacing the materials that are still being used. One of the most important properties of those materials are; they can be used as fiber reinforces in fiber reinforced plastics.

In this study, an examination has been made to determine properties and scrutinize advantage and disadvantages of thermoplastic materials which fiber reinforce is heavily used in them, one of the plastic production methods called thermoforming and of different plants, especially aloe vera fibers.

Keywords: Fiber, Aloe Vera, Plastic, Thermoforming.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütölmesini üstlenerek derin bilgi ve tecrübeleri ile araştırmalarımaya yön veren, çalışmalarım süresince her konuda desteğini esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç Dr. F. Bülent YILMAZ' a ve çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen araştırma görevlisi arkadaşlarım Bilge ANGIN ve Suat ÖZER'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. POLİMERLER	
2.1.1. Polimerlerin Yapısı	3
2.1.2. Termoplastikler	4
2.1.2.1. Polietilen	5
2.2. SICAK ŞEKİLLENDİRME	7
2.2.1. Plastik Levha Üretimi İçin Kullanılan Malzemeler	10
2.2.2. Vakumla Kalıplama	11
2.2.3. Birbirine Uyan Kalıplarla Kalıplama	12
2.2.4. Tampon Yardımıyla Kalıplama	13
2.2.5. Basınçla Kalıplama	14
2.2.6. Kaplama Şeklinde Kalıplama	15
2.2.7. İkiz Levha Kalıplama	16
2.2.8. Kalıp Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar	17
2.3. DOĞAL LİFLER(FİBERLER)	18
2.3.1. Aloe Vera	23
2.3.2. Cam Elyafı	23
3. MATERYAL VE METOT	25
3.1 MATERYAL	25
3.1.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen	25
3.1.2. Aloe Vera Lifleri	26
3.1.3. Cam Elyafı	28
3.1.4. Elektronik Terazı	28

3.1.5. Kurutma Fırını	29
3.1.6. Hidrolik Pres	30
3.1.7. Isıtıcı Kalıp	31
3.1.8. Keçe Oluşturma Cihazı	31
3.1.9. Birbirine Uyan Kalıp	32
3.2. METOT	33
3.2.1. Levhaların Hazırlanışı	33
3.2.2. Elyaf Hazırlanması	35
3.2.3. Lif Destekli Levhaların Hazırlanması	35
3.2.4. Birbirine Uyan Kalıplama Tekniği İle Levhalara Şekil Verilmesi	36
3.3. YAPILAN TESTLER	36
3.3.1. Isı Testi	36
3.3.2. Çekme Testi	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
6. KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE	SAYFA
Çizelge 2.1. Polimerlerin Sınıflandırılması	3
Çizelge 2.2. Seçilen Bazı Doğal Liflerin Kimyasal Bileşenleri.....	19
Çizelge 2.3. Kompozit Malzemelerde Kullanılan Liflerin Özellikleri	20
Çizelge 3.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Özellikleri	25
Çizelge 3.2. Aloe Vera Yaprağı Nem Tayini Testi Sonuçları.....	27
Çizelge 3.3. Aloe Vera Yaprağı Kül Tayini Testi Sonuçları.....	27
Çizelge 3.4. Etil Alkol ile Aloe Vera Yaprağı Ekstraksiyonu.....	27
Çizelge 3.5. Elektronik Terazinin Özellikleri.....	28
Çizelge 3.6. Kurutma Fırınının Özellikleri	29
Çizelge 4.1. Aloe Vera Destekli Kompozit Malzemedan Elde Edilen Çekme Değerleri.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA
Şekil 2.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Kristal Yapısı.....	6
Şekil 2.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Sıvı Kapları.....	7
Şekil 2.3. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Boru	7
Şekil 2.4. Tek İstasyonlu Makine	9
Şekil 2.5. Çok İstasyonlu Makine	10
Şekil 2.6. Vakumla Kalıplama Yöntemi	11
Şekil 2.7. Birbirine Uyan Kalıplarla Kalıplama	12
Şekil 2.8. Tampon Destekli Kalıplama.....	13
Şekil 2.9. Basınçla Kalıplama	14
Şekil 2.10. Kaplama Şeklinde Kalıplama.....	15
Şekil 2.11. İkiz Levha Kalıplama	16
Şekil 2.12. Doğal Liflerin Sınıflandırılması.....	18
Şekil 2.13. Aloe Vera Bitkisi.....	23
Şekil 3.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Granülleri.....	25
Şekil 3.2. Aloe Vera Lifleri	26
Şekil 3.3. Cam Elyafı (Devamlı Demetli Keçe).....	28
Şekil 3.4. Elektronik Terazı	29
Şekil 3.5. Kurutma Fırını	30
Şekil 3.6. Hidrolik Pres	30
Şekil 3.7. Isıtıcı Kalıp.....	31
Şekil 3.8. Keçe Oluşturma Cihazı	32
Şekil 3.9. Birbirine uyan kalıp.....	32
Şekil 3.10. Granüllerin İstenilen Boyutlarda Alüminyum Folyoya Hızalanmış Hali.....	33
Şekil 3.11. Granüllerin Folyoya Sarılarak Paketlenmesi.....	33
Şekil 3.12. Kalıp Arasına Yerleştirilmiş Paket.....	34
Şekil 3.13. Presleme işlemi	34
Şekil 3.14. Polietilen Levha	34
Şekil 3.15. Aloe Vera Ve Cam Destekli Polietilen Levha	35
Şekil 3.16. U Formu Verilmiş Polietilen Levha Boyutları.....	36

Şekil 3.17. Çekme Deneyi Yapılan Kompozit Numune.....	37
Şekil 4.1. Isı Testi Sonucu Saf Polietilen Levha	38
Şekil 4.2. Isı Testi Sonucu 2,5 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha.....	38
Şekil 4.3. Isı testi Sonucu 5 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha.....	38
Şekil.4.4. Isı Testi Sonucu 7,5 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha.....	39
Şekil 4.5. Isı Testi Sonucu 10 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha.....	39
Şekil 4.6. Isı Testi Sonucu Saf YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	39
Şekil 4.7. Isı Testi Sonucu 2.5 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	40
Şekil 4.8. Isı Testi Sonucu 5 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	40
Şekil.4.9. Isı Testi Sonucu 7.5 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	40
Şekil 4.10. Isı Testi Sonucu 10 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	41
Şekil 4.11. Isı Testi Sonucu 2.5 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha	42
Şekil 4.12. Isı Testi Sonucu 5 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha...	42
Şekil 4.13. Isı Testi Sonucu 7.5 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha	42
Şekil 4.14. Isı Testi Sonucu 10 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha.	43
Şekil 4.15. Isı Testi Sonucu 2,5 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	43
Şekil 4.16. Isı Testi Sonucu 5 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	43
Şekil 4.17. Isı Testi Sonucu 7.5 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	44
Şekil 4.18. Isı Testi Sonucu 10 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı.....	44
Şekil 4.19. Lif Destekli Kompozitlerin Yüzde Açılma Oranlarının İncelenmesi.....	44
Şekil 4.20. Aloe Vera Lifinin % Ağırlık Oranına Göre Çekme Mukavemetinin Değişimi.....	46
Şekil 4.21. Cam Lifinin % Ağırlık Oranına Göre Çekme Mukavemetinin Değişimi.....	47
Şekil 4.22. Aloe Vera Destekli Kompozitlerin Çekme Deneyi Sonrası Durumları.....	47
Şekil 4.23. Cam Destekli Kompozitlerin Çekme Deneyi Sonrası Durumları.....	48

1. GİRİŞ

Ekonomik ve çevresel etkiler bina, paketleme, otomotiv ve diğer üretim alanlarında yeni malzemelerin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Yeni malzemeler içinde en ilgi çekici olanı ise yenilenebilir kaynakların kullanıldığı bitkisel bazlı malzemelerdir. Örnek olarak birçok bölgede yetişen belirli mahsül/bitki/lif gibi malzemeler verilebilir. Bu bitkiler (hint keneviri ve keten gibi) yüzyıllardan beri yatak, halat ve çanta yapımında zaten kullanılmaktadır. Eğer hızlı büyüyen ve yüksek özellikleri olan bu bitkiler yetiştirilirse ekonomik açıdan yeni bir gelir kaynağı açılacak, aynı zamanda bu yenilenebilir malzemeler ağaç, plastik ve mineraller gibi geleneksel malzemelerin kullanımını bir çok yönden azaltacaktır. Uygulamalarda halat ve naylon yerini giderek sisal ve jüt bitkisine bırakmaktadır.

Bitkiler dayanıklı malzeme eldesi konusunda da büyük bir potansiyele sahiptir. Otomotiv ve uzay teknolojileri söz konusu olduğunda plastiklerin kullanılması kaçınılmazdır. Kaliteli ve dayanıklı plastik üretimi için ise plastik matris içine yerleştirilecek destek malzemelerinin olması şarttır. Bitki liflerinin üstün mekanik özellikleri ve çeşitli işlemler sonucu plastik matris içine yerleştirilmeleriyle beraber ortaya dayanımı yüksek üstün kalite de plastik malzemeler çıkmaktadır. Çeşitli plastik ve bitki lifleri kullanılarak meydana getirilen desteklenmiş malzemeler çok büyük bir potansiyele sahiptir ve destek malzemesi olarak kullanılan sentetik liflere de bir alternatif oluşturmaktadır.

Bu çalışma da ısıl şekil verme yöntemi, termoplastik malzemelerden biri olarak geniş bir kullanıma sahip yüksek yoğunluklu polietilenin özellikleri, bitki liflerinin plastik matris içine girmesi sonucunda elde edilen kompozit malzemeler ve aloe vera lifi kullanılarak elde edilen doğal lif destekli kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. POLİMERLER

Organik kimyacılar ondokuzuncu yüzyılın ortalarında bazı denemelerinde rastlantısal olarak yüksek molekül ağırlıklı maddeler sentezlediler. Bu yüzyılın ikinci yarısından itibaren polimer konusundaki araştırmalar gelişmiş ve yeni polimer türleri geliştirilmiştir. Bu alanın öncüsü Alman kimyager Herman Stauding'dir. Herman Stauding ilk defa polimerizasyon koşullarının polimer oluşumu üzerine etkisini tanımlamıştır. Stauding kimyanın bu alanında yaptığı çalışmalarla 1953 yılında Nobel ödülünü almıştır. 1930 yılında Wallace Carothers Nylonu sentezlemeyi başarmıştır. İkinci dünya savaşından bu yana birçok polimer laboratuvarlar da üretilmiş ve ayrıca birçok polimer endüstriyel ölçekte üretilmeye başlamıştır. Endüstriyel organik kimyacılar ise daha çok polimer kimyası alanına kayarak çalışmalarını bu yönde sürdürmeye başlamıştır. Bunun sonucu olarak günümüzde sayısız polimer türü geniş bir uygulama alanının da çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. [1]

Nylon veya polietilen gibi polimerler, mühendisler tarafından kullanılan, daha geleneksel malzemelerle karşılaştırıldıklarında, bazı önemli farklılıklarının varlığı dikkat çeker :

- Dayanıklılıkları daha düşüktür
- Kullanımlarında, sıcaklık sınırlayıcı bir faktördür.

Yukarıda sayılan özellikler polimerlerin, kullanım açısından metallere, ağaç malzemeye vs. nazaran, zaaflarıdır. Buna karşılık polimerlerin kullanım alan ve miktarları her geçen gün artmaktadır. Belli başlı özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz :

- Polimerler kolaylıkla kalıplanabilir. Bu yüzden karmaşık şekilli malzemeler bile, fazlaca bir bitirme işlemi gerektirmeden, fabrikasyon olarak kolayca üretilebilir.

- Yoğunlukları düşüktür. Buna bağlı olarak hafif malzemeler üretilebilir.
- Kimyasal etki ve korozyona karşı dirençlidirler
- Isı iletim katsayıları düşüktür ve elektriğe karşı yalıtıcıdır

- Kendilerinde tabii olarak var olan esneklik, birçok uygulamada yararlıdır. Bu durum özellikle kauçuklar için geçerlidir. Kauçukların kendilerine has özelliği olan

elâstiklik ve sönümlenme kabiliyeti yaylanma ve enerji sönümlenme gereken yerlerde kullanılmasına olanak tanır. [2]

2.1.1. Polimerlerin Yapısı

Polimerler; çok sayıda molekülün kimyasal bağlarla düzenli bir şekilde bağlanarak oluşturdukları yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Polimerler “monomer” denilen birimlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Polimerler birbirlerinden, zincirlerindeki tekrar eden birimlerinin kimyasal ve fiziksel tabiatı yoluyla farklıdır. Buna karşılık, polimerlerin kendilerine has özellikleri hakkında ip ucu verebilecek, bazı önemli tabii polimerler de vardır. Meselâ bitkiler tarafından üretilen selüloz, polimerik bir yapıdadır ve uzun zincirler şeklindeki molekülleri lineer olarak dizilmişlerdir. Bu yapı, bir taraftan bitkiye lineer sağlamlık ve büyüyebilme kabiliyeti sağlarken diğer taraftan, rüzgar etkisi gibi, yatay kuvvetlere karşı esneyebilme, eğilebilme özelliği kazandırır.

Plastikler, normal sıcaklıkta genellikle kati halde bulunan, basınç ve ısı kullanılarak mekanik yöntemlerle şekillendirilebilen veya kalıplanabilen organik polimerik maddelerdir. Plastikler genel olarak üçe ayrılırlar.

- Termoplastikler
- Termosetler
- Elastomerlerdir. [3]

Çizelge 2.1. Polimerlerin Sınıflandırılması

Yapılarına Göre Polimerler			Kaynaklarına Göre Polimerler	
Organik Polimerler	Inorganik Polimerler	Organometalik Polimerler	Doğal ve Modifiye olimerler	Yapay Polimerler
1. Polietilen	1. Silika	1. Polisitikon	1. Selüloz	1. Polietilen
2. Selüloz	2. Alumina	2. Polifosfozen	2. Pektin	2. Sentetik kauçuk
			3. Protein	3. Naylon
			4. Etil selüloz	4. Polistiren
				5. Poliester
Fiziksel Özelliklerine Göre Polimerler				
Elastomerler		Elyaf	Plastik	
1. Stiren-botadien kauçugu (SBR)		1. Poliamid-6	Termoplastik	Termosetler
		2. Poliester	1. Polietilen	1. Asetol
		3. Polipropilen	2. Polistiren	2. Poliimiel
2. Cis-polibutadien		4. Poliakrilonitril	3. Polipropilen	3. PVC
3. Doğal kauçuk		5. Selüloz	4. Poliomid-6	4. Polietilen
4. Nitril kauçuk				
5. Klor kauçuk				

2.1.2. Termoplastikler

Termoplastikler, oda sıcaklığında katı malzeme olarak adlandırılan ve kompozit malzemelerde plastik matris olarak kullanılan üç tip plastikten biridir ve de çizgisel yapıya sahip, yüksek moleküler ağırlıklı polimerler olarak tanımlanırlar. Termoplastikler rijit bir yapıya sahip değildir. Isıtılırsa yumuşar, sıcaklık arttıkça vizkozitesi düşer. Bu özelliklerinden dolayı termoplastiklerden yapılan ürünler daha ekonomiktir ve kolayca şekillendirilebilir. Soğutulduklarında ise yeniden sertleşirler. Termoplastiklerin vizkozitesi sıvı halde bulunduğu sıcaklıklarda hayli yüksektir.

Termoplastiklerin özellikleri şöyle özetlenebilir:

- Metallere göre çok düşük çekme dayanımı ve düşük sertliğe sahip olduklarından ve aynı zorlama için daha büyük hacimler gerektirdiğinden dolayı her zaman tercih edilmezler.
- Metallere göre daha büyük süneklığe sahiptirler, yaklaşık % 1 ila %500 arasında değişir.
- Kuvvet etkisinde, oda sıcaklığında bile sünme ve zamana bağlı şekil değiştirmeler oluşur.
- Metaller ve seramiklerden daha düşük yoğunluğa sahiptir. Polimerlerin yoğunlukları $1.2 g/cm^3$ iken seramiklerin yoğunlukları $2.5 g/cm^3$ ve metallerin yoğunlukları $7 g/cm^3$ civarındadır.
- Çok yüksek termal uzama katsayılarına sahiptirler. Kaba olarak bu metallerin yaklaşık 5 katı, seramiklerin yaklaşık 10 katıdır.
- Düşük ergime sıcaklığına sahiptirler.
- Termal iletkenlikleri metallerden yaklaşık 3 kat daha düşüktür.
- Yalıtıcı elektriksel özelliklere sahiptirler.

Termoplastikler, üretilen bütün sentetik polimerlerin yaklaşık %70'ini meydana getirir ve üç tipten ticari olarak en önemlisidir. Termosetler ve elastomerler ise yaklaşık %30'unu oluşturur.

Ticari olarak başlıca kullanılan termoplastikler şu şekildedir;

- a) Teflon
- b) Polietilenler (PE)
- c) Polivinil klorür (PVC)
- d) Naylon
- e) Polikarbonat (PC)
- f) Polistiren (PS)
- g) Polipropilen (PP)
- h) Sıvı kristal polimerler
- i) Asetat klorür vinil kopolimer

Tüm bu termoplastik çeşitleri kendi içlerinde farklı yapısal özelliklere ve de farklı kullanım alanlarına sahiptirler. Birkaç örnek vermek gerekirse, naylon; elektrik tellerinin yalıtılmasında ve giyecek sanayinde, polistren; ev döşemeleri, buzdolabı parçaları, akü kutuları vb. yerlerde, sıvı kristal polimerler; elektronik-elektrik, otomotiv ve makine sanayinde, asetat klorür vinil kopolimer; gıda endüstrisinde konserve kutuların kaplanmasında, su geçirmez kumaş ve yağmurluk, kayış, para çantası yapımında, polipropilen; oldukça iyi boya tutma yeteneği ve yoğunluğu düşük olduğundan dolayı mobilya ve yastık imalinde(köpük olarak) ve de lif takviyesi sonucu artan mekanik özelliklerinin bir sonucu olarak yüksek mukavemet gerektiren alanlarda kullanılırlar. [4]

2.1.2.1. Polietilen

Polietilen; çok yüksek darbe dayanımına sahip, aşınma direnci, düşük sürtünme katsayısı, yüksek kimyasal dayanımı, su emmeme, geniş çalışma sıcaklığı, kendinden yağlama özelliği, mekanik işleme kolaylığı, kolay temizlenebilme ve bakteri üretmeme özelliği olan bir plastik türüdür. Makine sanayinde; kızak ayakları, sürtünme plakaları, dişli çark yapımında, kömür ve maden sanayinde; bunker, tank ve siloların kaplanmasında, kağıt sanayinde vakum kasası örtüsü, gıda ve ambalaj sanayinde; et, balık kesme masası olarak kullanılmaktadır.

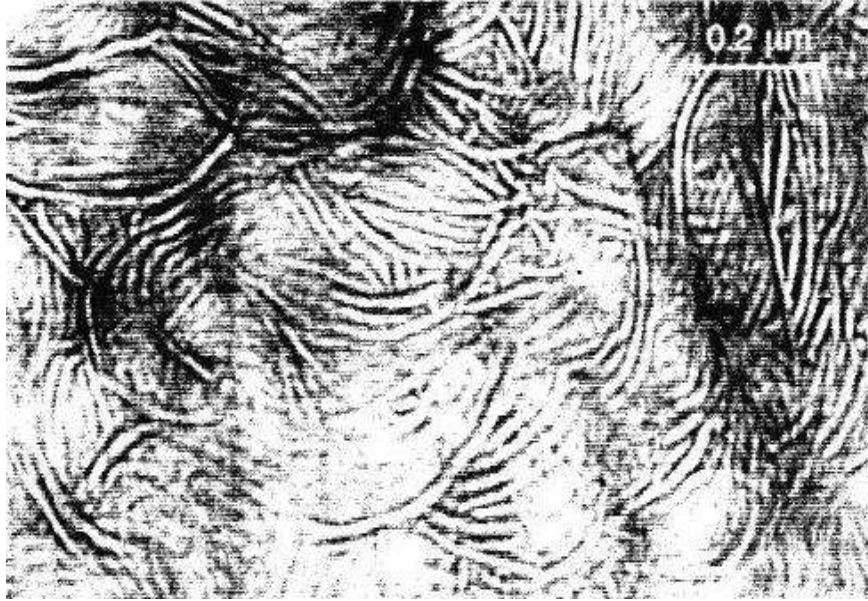
Polietilen kendi içinde dörde ayrılır;

- Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE)
- Lineer alçak yoğunluklu polietilen (LAYPE)
- Çok alçak yoğunluklu polietilen (ÇAYPE)

- Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE)

Bu çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen granülleri kullanılmıştır.

Yüksek yoğunluk polietilenden yapılmış parçalar beyaz opak renklidirler. Dokununca hafif mumsu bir his verir. Üretim sürecinde ısıl bozulmalara uğramadıysa yüksek yoğunluklu polietilenin belirgin farkedilen tat ve kokusu yoktur. En katı polietilen türüdür. 0,3 milimetrelik ince bir tabaka hafif bir kuvvetle bükülebilir ve herhangi bir kalıcı deformasyona uğramadan eski halini alır. Sert bir müdahaleyle kalıcı bir şekil değiştirmeye sebep olunur. Deformasyona uğrayan bölgede beyazlaşmalar meydana gelir. İnce tabakalar kolaylıkla kırılabilir ve kırılırken de tipik bir ses çıkarır. Çekme kuvveti uygulandığı zaman bazı parçalar diğerlerine göre daha kolay deforme olur. Çekme kuvveti uygulandığında eğer kuvvet deformasyon sınırını aşarsa parçanın deformasyona uğrayan kısmında hafif beyazlaşmalar meydana gelir. Eğer çekme sırasında parçada bir delik mevcutsa, malzeme kolayca yırtılabilir.



Şekil 2.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Kristal Yapısı

Yüksek yoğunluklu polietilenin doğal çizgisel yapısı, diğer polietilen tiplerine göre yüksek katılık ve düşük geçirgenlik sağlayan yüksek derecede kristalleşmeye imkan verir. Bu kombinasyon yüksek yoğunluklu polietileni depolama uygulamalarında kullanıma uygun hale getirir. Ayrıca yüksek korozyon direnci ve hafiflikleri sayesinde bir çok taşıma sistemi içinde idealdir. Üretim tekniklerine göre özetle;

- Film : Çöp torbaları, taşıma torbaları, buzdolabı poşetleri.

- Enjeksiyon : Kasa, kapaklar, mutfak eşyaları, oyuncaklar.
- Şişirme : Bidonlar, oyuncaklar, levha, boru bağlantı parçaları.
- Rotasyon : Su tankları, oyun parkları.
- Boru : Sulama, kanalizasyon, doğalgaz boruları, jeotermal ısı transferi boruları. [5]



Şekil 2.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Sıvı Kapları



Şekil 2.3. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Boru

2.2. SICAK BIÇİMLENDİRME

Sıcak biçimlendirme en eski plastik işleme yöntemlerinden biridir. Bebek çingirakları ve diş halkaları 1890'larda selüloidden ya da selüloz nitrattan yapılmış fakat 1930'lu yıllara kadar elle tutulur bir gelişme olmamıştır. Selüloz asetat ve akriliğin geliştirilmesiyle düz levhalar elde edilmiş ve de sıcak biçimlendirme makineleri yapılmaya başlanmıştır.

Modern sıcak biçimlendirme makineleri 1930-1950 yılları arasında geliştirilmeye başlanmıştır. Elbetteki o zaman için yapılan makineler bugün yapılanlardan teknoloji olarak büyük eksiklikler içermektedirler. E. L. Helwig ve Haas şirketi Philadelphia'da 2. dünya savaşı öncesinde akrilik uçak tentesi yapmak için patentli sistemler geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri sistemler bugün kullanılan su soğutmalı kalıplara ve de tampon yardımıyla kalıplama yönteminin ilk örneklerini oluşturmuştur. 1940 yılında Dupont şirketinden R. E. Leary ilk vakumla kalıplama cihazını tasarlamıştır. 1946 yılında J. J. Braund, 1936 yılında metal levhaları şekillendirme de kullandığı sistemi, plastik levhaları işleyecek hale getirmiş ve de vakumla kalıplama makinelerinde soğutma işleminde kullanılan su yerine hava akımını kullanacak bir eklemeyi sisteme dahil ederek vakumla kalıplama makinelerini geliştirmiştir.

Günümüzde Kuzey Amerika'da on milyar Dolarlık bir sıcak biçimlendirme pazarı vardır. 2003 yılında sadece Kuzey Amerikada yaklaşık yüz elli tane hassas üretim yapan şirket vardır. Bunların %60'ı tescilli ürünler yapmakta, %30'u isteğe odaklı çalışmakta, %10'u ise evlere yönelik isimsiz üretimler yapmaktadırlar. Yıllık karları yüz milyon doları bulan bir düzineden fazla hassas imalat yapan şirket vardır. Ayrıca yine Kuzey Amerika'da daha ağır üretim yapan yaklaşık ikiyüz elli tane şirket bulunmaktadır ve neredeyse tamamı sipariş üzerine çalışmaktadırlar. Sadece iki ya da üç tanesinin yıllık karlarının toplamı yüz milyon Dolardan fazladır. [6]

Sıcak Biçimlendirme yöntemi, form sıcaklığına kadar ısıtılmış olan plastik tabaka ya da film'e kalıp arasında hava basıncı ya da mekanik kuvvet etkisiyle şekil verilmesi işlemidir. Şekil verilme sonrasında kalıp soğumaya başlar ve istenilen form verilmiş olur. Bu yöntem sadece termoplastikler de uygulanır ve içi dolu parçalar üretilmez.

Termoform kalıplama yöntemi ile elde edilen plastik levhalardan, değişik kalıplama metotlarıyla arzu edilen form ve boyutlarda parçalar üretilmektedir. [7]

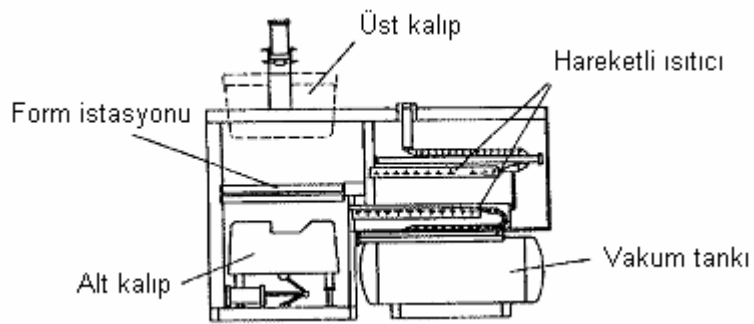
Biçimlendirme esnasında kullanılan termoplastik levhalar, granüller halinde ekstrüzyon makinelerine girmekte oradan da haddeleme işleminden geçerek tabaka halini almaktadır. Buradan levhalar rulolar halinde sarılarak üretime hazır hale getirilir. Bazı durumlarda ise levhalar rulo haline getirilmeden doğrudan kalıba sokularak üretime geçirilir. Bu gibi durumlar seri üretimi istenen kalıplarda veya rulo haline gelemeyen kırılmalık oranı yüksek olan levhaların kalıplanmasında kullanılır.

Yöntem üç aşamalı olarak yapılmaktadır. Birinci aşamada ekstrüzyon makinelerinden çıkan levha kızılötesi ışınlarla ısıtılır. Isıtma, dirençli teller ya da başka bir ısıtma tertibatı ile de sağlanabilir ama kızılötesi ışınların tercih edilmesinin sebebi enerjinin direkt olarak plastiğin içine işlenmesine olanak sağlamasıdır. Ayrıca plastikte herhangi bir yüzey bozulması olmadan uniform bir ısıtma sağlanır.

İkinci aşamada ise ısıtılan plastik levha, kalıp üzerine mngeneler kullanılarak gerdirilir. Gerek vakum düzeneği ile gerek erkek- diş mekanik kalıplar kullanılarak levhaya istenilen şekil verilir.

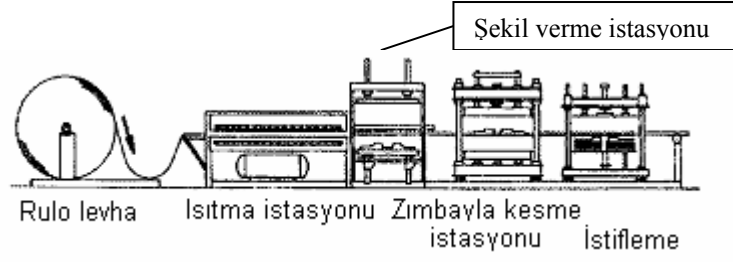
Son aşamada ise şekil verme işlemi bittikten sonra soğuma kısmına geçilir. Bunun için kalıp içinden geçen bir soğutma tertibatı ya da soğutucu fanlar kullanılır. Böylece hem kalıp hem de parça soğuyarak birbirinden ayrılma gerçekleşir.

Bu işlemlerin yapılabilmesi için tek istasyonlu ya da çok istasyonlu makineler kullanılır. Tek istasyonlu makine de levha ısıtılır ve hemen şekil verilir. Yani tüm işlem kalıp alanı kadar bir alanda tamamlanmış olur. [8]



Şekil 2.4. Tek İstasyonlu Makine

Çift istasyonlu makine de ise işlenmemiş ürün bir istasyondan diğerine hareket eder. Her istasyonda ayrı bir işleme tabi tutulur ama işlem süresi uzar. Verimin artması için uzun çalışmalar gerekir.



Şekil 2.5. Çok İstasyonlu Makine

Isıtılmış plastik levhaların gerdirilerek biçimlendirilmesi esasına dayalı olan birçok çeşit kalıplama tekniği vardır. Bunlardan en önemlileri;

- a) Vakumla Kalıplama
- b) Birbirine Uyan Kalıplarla Kalıplama
- c) Tampon Yardımıyla Kalıplama
- d) Basınçla Kalıplama
- e) Kaplama Şeklinde Kalıplama
- f) İkiz Levha Kalıplama

2.2.1. Plastik Levha Üretimi İçin Kullanılan Malzemeler

Sıcak biçimlendirme işleminde imalatın tabiatı bakımından yalnız levha halindeki termoplastikler kullanılabilir. İmal edilen plastik levhaların biçimlendirilebilme özelliği büyük rol oynar. Pek çok biçimlendirme işlemi, haddeden geçirilmiş veya basılmış levhalardan yapılır. Çünkü bunların fiyatı çok düşüktür. Bu gibi levhaların ısıtıldıkları zaman bir doğrultuda çekme eğilimleri olduğundan dolayı ısıtırken ve biçimlendirirken bir çerçeve veya plaka içinde kuvvetle tutmak gerekir. Dökülmüş levhalar, ısıtılma esnasında çok az biçim değiştirirler veya hiç biçim değiştiremezler ve bu levhalarla yüzey görüntüsü çok berrak ve iç gerginlikleri daha az olan parçalar imal edilir. Dezavantajları pahalı olmalarıdır, yalnız bu özelliklerinin önemli olduğu yerlerde kullanılırlar.

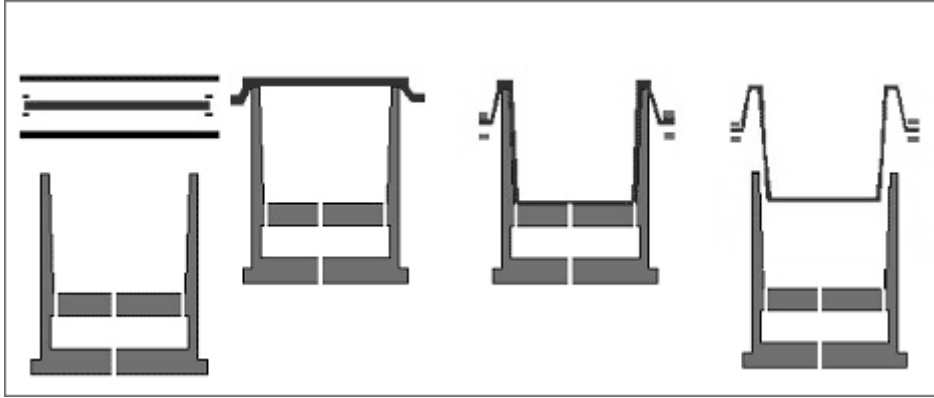
Isıl şekillendirme ile, hemen her türlü termoplastik işlenebilir. Ancak;

- Çabuk ısınma ve soğuma sağlayan, özgül ısı değeri düşük amorf plastikler ve yüksek ısı iletkenliği olan köpük malzemeler bu teknik için uygun değildir. Buna karşılık,

- Yüksek molekül ağırlıklı (böylece yüksek viskozite değerli olup aşırı incelme ve yırtılma yapmayan) polimerlerin bu yöntem için en uygun olduklarını belirtmek gerekir. [9]

2.2.2. Vakumla Kalıplama

Vakumla kalıplama sıcak biçimlendirmenin en çok kullanılan türüdür. Vakumla kalıplama genellikle girintili ve çıkıntılı olup da diğer metotlarda kalıplanmayan parçaların üretilmesinde kullanılır. Önce, kalıplanacak parça biçimine uygun olarak hazırlanan kalıp üzerine ısıtılan düz plastik levha gerdirilir. Daha sonra kalıp, levhaya doğru hareket edip baskı uygular ve kenarlarda hava sızdırmayacak şekilde bir mühür oluşturur. Kalıbın içerisinde bulunan delik vasıtasıyla kalıp ve parça arasında kalan boşluktaki hava vakumlanmaya başlanır. Bunun sonucu olarakta plastik parça içeri doğru çekilerek kalıbın şeklini alır. Kalıbın içinde ayrıca ısıtılmış parçanın şekil verildikten sonra iyileşme sıcaklığına gelebilmesi için bir su soğutma sistemi bulunur. Soğuma sağlandığında kalıp içinde bulunan delikten hava geri üflenerek kalıp ve parçanın ayrılması sağlanır.



Şekil 2.6. Vakumla Kalıplama Yöntemi

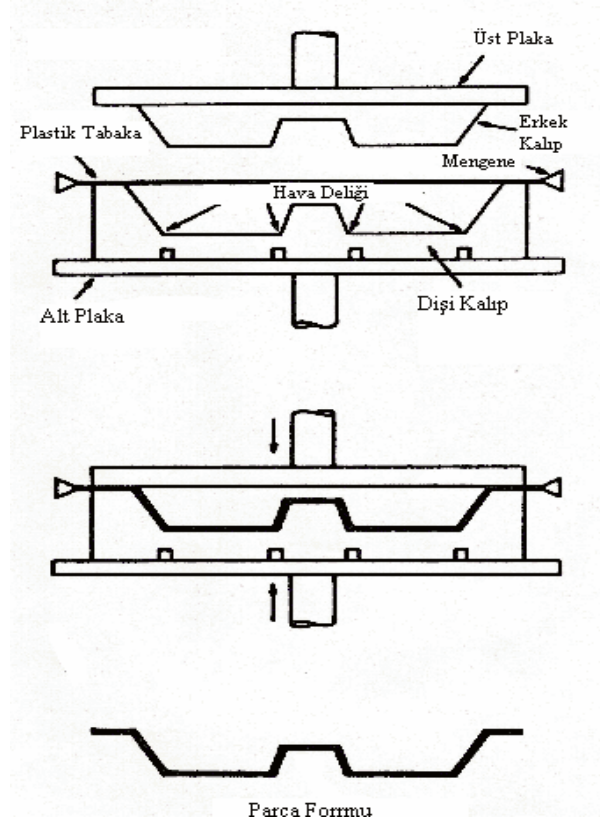
Avantajları;

- Küçük ve orta ölçekli üretim için gayet ekonomiktir,
- Teknik ekipman maliyeti düşüktür,
- Yüksek ağırlık oranlarına karşı dirençlidir.
- Prototip üretimi için gayet verimlidir.
- Boyamaya gerek yoktur. Form verilen parçaya istenilen renk kalıplanmadan önce verilebilir. [10]

2.2.3. Birbirine Uyan Kalıplarla Kalıplama

Birbirine uyan kalıplarla kalıplamada kullanılan dişi kalıp ve dalıcı zımba, arzu edilen ölçü tamlığında yapılır. Dişi kalıp ve dalıcı zımba arasında kalan boşluk parça boyutu için esas ana ölçüdür. Kalıplanacak plastik levha dişi kalıp ağzına yerleştirilir ve gerdirilir. Dalıcı zımba dişi kalıba doğru hareket ederek birleşir ve böylece parça istenilen şekli almış olur. Daha sonra soğutucu fanlar yardımıyla parça soğutulur. Parça sertleştikten sonra kalıptan çıkarılır ve kenarları düzeltilir.

Bu işlem için genellikle metal kalıplar kullanılır. Kalıplar 25-30 ton kapasitede basınçlı hava ile çalışan veya hidrolik preslerle sıkıştırılır. Isı, kalıp içinden geçirilen elektrik yahut buhar aracılığı ile sağlanır.



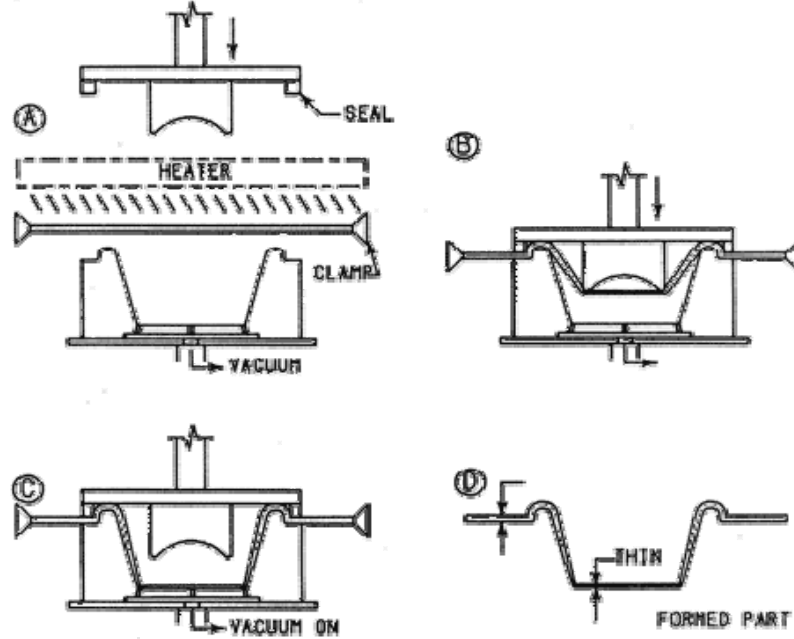
Şekil 2.7. Birbirine Uyan Kalıplarla Kalıplama

Avantajları;

- Uniform duvar yüzey dağılımı,
- İşlem esnasında istenmeyen incelme ve uzamaların azalması. [11]

2.2.4. Tampon Yardımıyla Kalıplama

Tampon yardımıyla kalıplama, şekil verme teknikleri arasında en fazla kullanıldır ve de dişi kalıp kullanımını gerektirir. Dişi kalıbın yetersiz derinliği bir tampon kullanılarak arttırılmaktadır. Vakum uygulanmadan önce ısıtılmış levha tampon vasıtası ile dişi kalıp içine bastırılarak bir ön germe işlemi yapılır. Tampon'un ana boyutları %10-%30 arasında değişecek şekilde dişi kalıptan küçük yapılır. Tampon malzemesi ya düşük ısıl iletme sahip ya da ısıtılmış olmalıdır. Bunun nedeni işlem esnasında ısınan plakanın, tampon ile temasa geçtiği noktalarda soğumamasıdır. Bunun için malzeme olarak ağaç, sentetik köpük ve döküm termoset plastikler kullanılabilir. Ya da içinden sıcaklık kontrollü ısıtıcı geçirilmiş aliminyum da kullanılabilir. Yalnız aliminyum kullanımı mükemmel sonuçlar verse de diğer malzemelere göre maliyeti bir hayli yüksektir. Değişik duvar ve dip kalınlıkları tamponun ne kadar derine gideceği ve de sıcaklık değerleri ayarlanarak, elde edilebilir. Tampon ilk olarak yukarıdadır ve levha bu esnada ısıtılır. Daha sonra tampon belirli bir mesafeye kadar dişi kalıbın içine girer. Tampon maksimum derinliğe ulaştıktan sonra dişi kalıbın içinde bulunan vakum deliklerinden vakumlanarak kalıbın şeklini alması sağlanır. Bu işlemden sonra soğutma fanları ile levha soğutulur ve kalıptan çıkarılır.



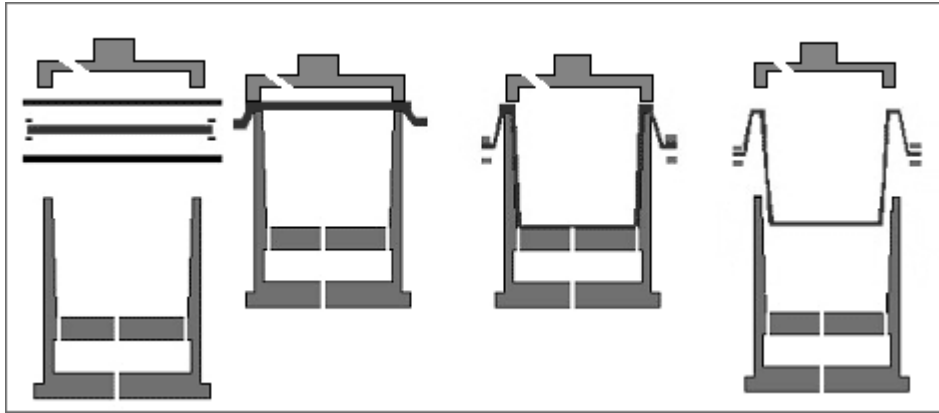
Şekil 2.8. Tampon Yardımıyla Kalıplama

Avantajları;

- Daha iyi eş dağılımlı duvar yüzeyleri,
- İşlem esnasında istenmeyen incelme ve uzamaların azalması. [12]

2.2.5. Basınçla Kalıplama

Basınçla kalıplama, vakumla kalıplamanın başka bir çeşidi olup, vakumlanmış ve sıkıştırılmış havayı bir arada kullanarak levhayı, kalıbın şeklini alması için zorlayan bir şekil verme tekniğidir. İşlem ilk önce levhanın ısıtılması ve plakaların kapanmasıyla başlar. Vakumlanmış hava bir yandan levhayı aşağı çekerken, sıkıştırılmış hava da aynı şekilde itmektir. Sıkıştırılmış havanın kullanılmasıyla daha düşük sıcaklıklarda işlem yapılabilen, duvar kalınlığı ve yüzey detayları çok iyi derece de iyileşerek neredeyse enjeksiyonla kalıplama da elde edilmişcesine kaliteli üretim yapılmaktadır. İşlem bittikten sonra üst plaka tekrar açılarak soğuma işleminin hızlandırılması sağlanır. Yalnız arttırılmış hava basıncından dolayı daha dayanıklı kalıba ve plakaları kilitleme mekanizmasına gerek duyulur. Bu da maliyet arttırıcı bir nedendir.



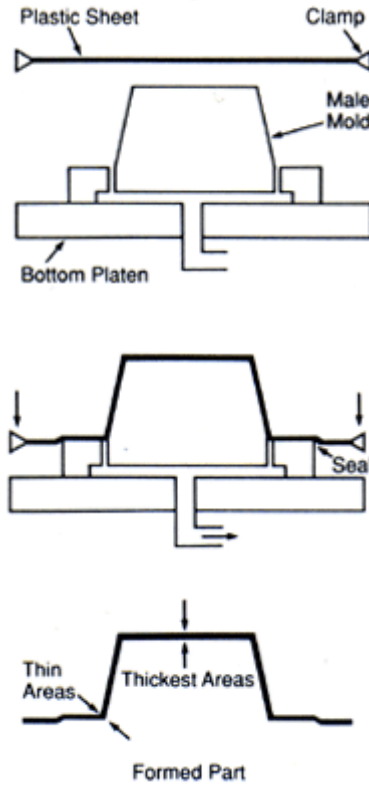
Şekil 2.9. Basınçla Kalıplama

Avantajları;

- Keskin köşeler ve detaylar,
- Düşük işlem zamanı,
- Düşük teknik ekipman maliyeti,
- Yan duvarlarda sıfır derece de hava akımı
- Çok iyi derece de tolerans kontrolü,
- Düşük miktarda üretim için ideallik. [13]

2.2.6. Kaplama Şeklinde Kalıplama

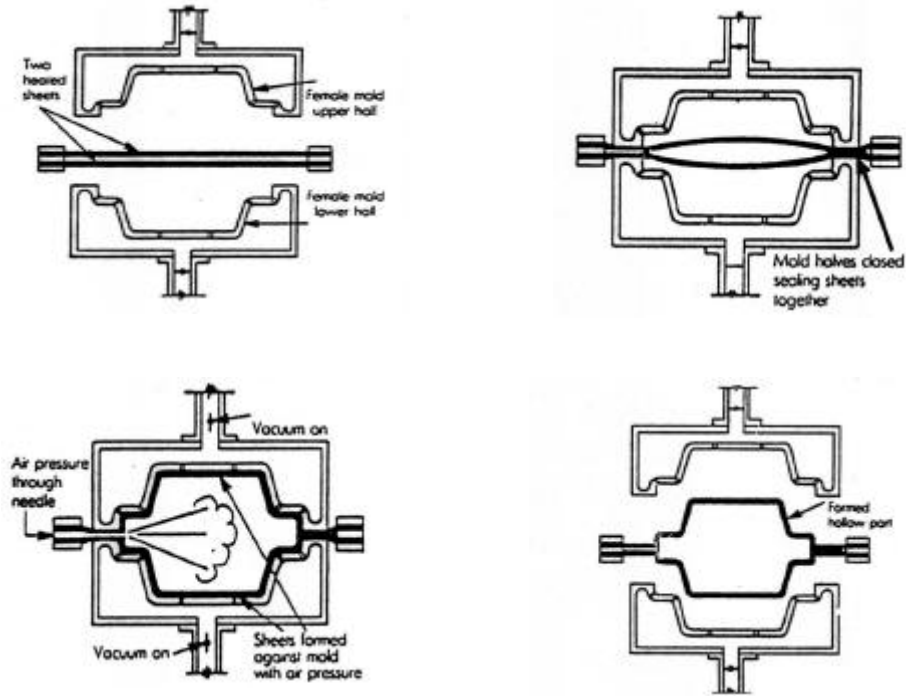
Bu tip kalıplama, fırında $150-155^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ısıtılan plakanın dişi kalıp yerine erkek kalıbın üzerine mekanik olarak bastırılarak şekil alması sağlandıktan sonra vakum kullanılarak tam şekil verilmesiyle yapılır. Erkek kalıp üretimi dişi kalıp üretimine göre daha ucuz ve kolaydır yalnız çok daha fazla hasara açıktır ve yer tutar. Bu tip üretimde diğerlerine oranla levha kalınlığında azalmaya çok az rastlanır. Hatta neredeyse levha kalınlığı hiç değişmez. Bazen baskı kuvveti olarak yalnız yerçekiminin kullanıldığı durumlarda mevcuttur. Baskı pnömomatik olarak ya da elektrik motoruna bağlı presle yapılabilir. Eğer daha küçük bir makine kullanılıyorsa elle de yapılabilir. [14]



Şekil 2.10. Kaplama Şeklinde Kalıplama

2.2.7. İkiz Levha Kalıplama

İkiz levha kalıplama, 3 boyutlu ve her tarafta aynı şekil verilmiş parça elde etmek amacıyla kullanılan bir tekniktir. Üretilen parçalar çok güçlü, katı ve düşük ağırlıktadır. İlk adımda daha önceden ısıtılmış plastik levhalar kalıpların arasında iyice plastikleşinceye kadar ısıtılmaya devam edilir. Gerekli sıcaklığa gelindiğinde kalıplar hareket ederek birbirine kilitlenir. Bu kilitlenme sonucunda levhaların bir tarafı birbirine hafif şekilde kaynaklanır. İkinci adımda levhaların birleşmeyen tarafındaki ufak bir delikten içeri hava üflenirken kalıp içlerinde bulunan deliklerden de hava vakumlanmaya başlanır. Bu işlemler sonucunda hiç bir şekilde solvent, yapıştırıcı ya da katkı maddesi eklemeye gerek kalmadan içi boş, 3 boyutlu parça elde edilmiş olunur.



Şekil 2.11. İkiz Levha Kalıplama

Avantajları;

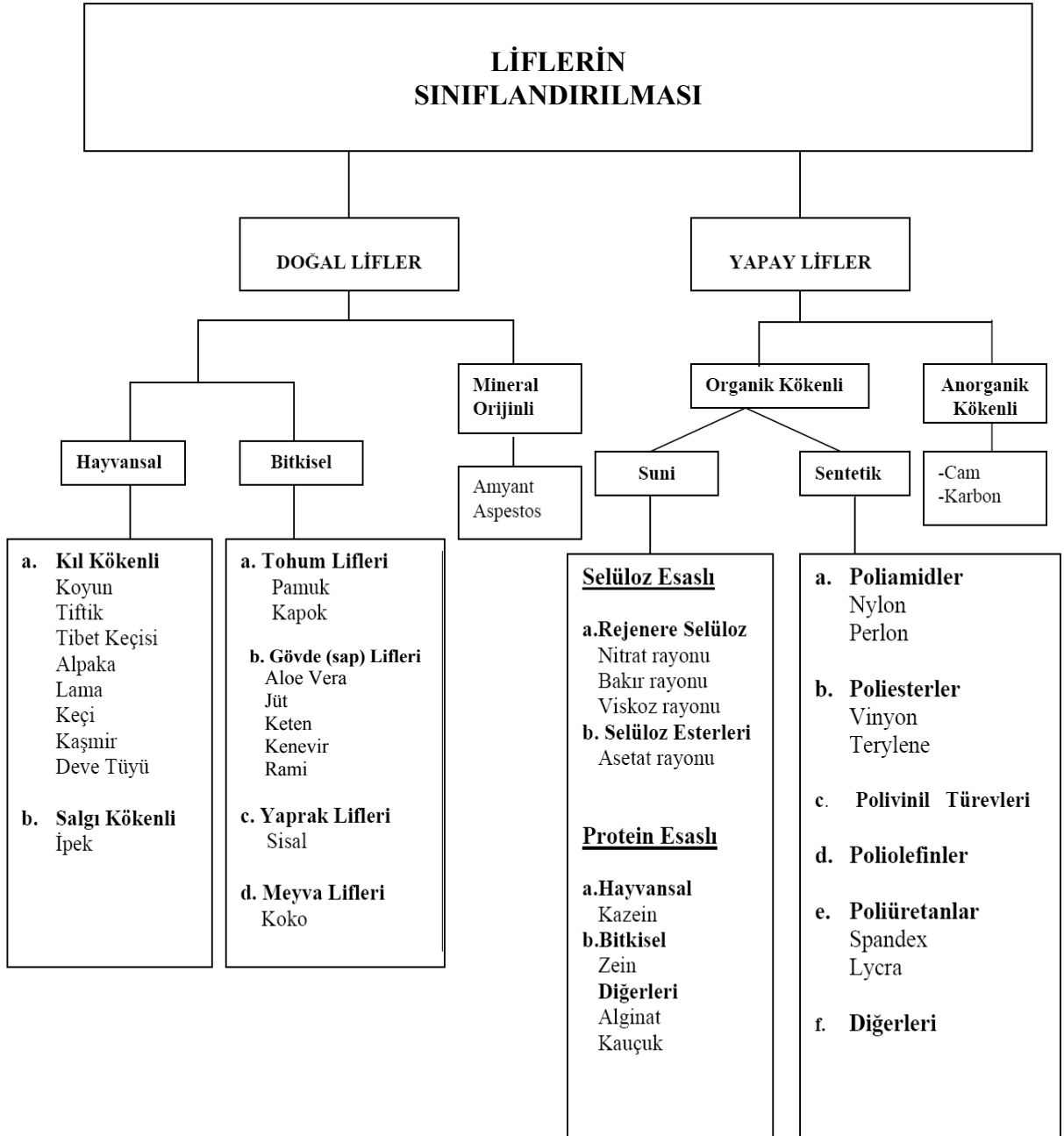
- Düşük teknik ekipman maliyeti.
- İyileştirilmiş yapısal mukavamet. [15]

2.2.8. Kalıp Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar

- Plastik levha malzemesi uygun seçilmelidir,
- Plastik levhanın ısı kontrolünün nasıl yapılacağı seçilmelidir,
- Hava akımlarının geçebilmesi için erkek kalıplarda $2^0 - 5^0$ dişi kalıplarda $\frac{1^0}{2} - 1^0$ derecelik bir eğim verilmelidir,
- Meme ucu yüksekliğini minimum hale getirmek için vakum deliği çapı levha kalınlığını geçmemelidir. Eğer hava boşalım oranı çok düşükse levha kalıba tam oturmayacak ve şekil bozuklukları olacaktır. Bu durumun gerçekleşmesi de yetersiz sayıda vakum deliği olduğunu göstermektedir,
- Kalıp soğutmasında üretim yöntemine ve çalışma düzenine uygun soğutma şekli belirlenmelidir,
- Kalıplar polimer çekmesi hesaba katılarak imal edilmelidir. Erkek ve dişi kalıplar için %0.3 - %0.5 arası çekme toleransı tavsiye edilmektedir.
- En iyi parça toleransı ısıtılmış kalıplarla sağlanmaktadır yalnız kalıbın ısıtılması sonucu soğuma zamanları büyük derece de artmaktadır. [16]

2.3. DOĞAL LİFLER (FİBERLER)

Termoplastik matris bazlı kompozit malzemelerin mühendislik uygulamaları bakımından anahtar bir konumu vardır. En ana avantajlarından ikisi teknolojik ve ekolojik olarak özellikleri ve potansiyelleridir. Özelliklerin fiziksel profilleri, kompozit içine giren bileşenler ve malzeme morfolojisi üzerinde yapılacak çeşitli varyasyonlarla istenilen şekilde düzenlenebilir. Özellikle destek materyali olarak matris içine eklenen liflerin kullanımıyla yüksek mekanik özelliklere sahip malzeme eldesi mümkündür. Lif destekleri olarak ise doğal ve yapay lifler kullanılmaktadır.



Şekil 2.12. Doğal Liflerin Sınıflandırılması

Doğal lifler terimi hayvansal, bitkisel ve mineral lifleri kapsasa da kompozit endüstrisinde doğal lif tanımı ağaç lifleri ve tarımsal elyaf, tohum, yaprak ve gövdeler için geçerlidir. Lignoselülozikler, doğanın biyolojik, termal, kimyasal ve fotokimyasal işlemlerle geri dönüşüme uğrattığı doğal değerlendirilebilir malzemelerdir. Lignoselüloziklerin kimyasal bileşenleri cinsten cinse değişir, ama selüloz, hemiselüloz, pektin ve lignin hepsinde ortak bulunan ana kimyasallardır. [17]

Selüloz; bitkiye gücü, tokluğu ve sertliği veren maddedir. Hemiselülozların, buldukları hücre çeperinde kuvvetlendirici görev gördüğü, kısmen de depo maddesi görevini üstlendiği sanılmaktadır. Ayrıca hücrelerdeki geçit zarlarının suyu geçirme yeteneğini ayarlama rol oynadığı ve hücrenin ilk oluşumu sırasında hücre çeperine ilk yapılandırıcı madde olarak önemli rolü olduğu sanılmaktadır. Ligninin esas görevi yan yana olan hücrelerin birbirleriyle iyice yapışmasını sağlamak, onları kuvvetli bir şekilde, tıpkı çimento gibi bağlamak, dolayısıyla hücre çeperlerini kuvvetlendirmek ve sertleştirmektir. Liflerde ligninin bu şekilde yerleşmeye başlaması ile lifin gerek kimyasal gerekse fiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana gelir. Pektin ise lignin ve hemiselüloz ile birlikte hücre yapısını dengede tutan diğer önemli kimyasal maddedir. [3]

Çizelge 2.2. Seçilen Bazı Doğal Liflerin Kimyasal Bileşenleri

Cinsler	Selüloz (%)	Lignin (%)	Pektin (%)
Keten	65-85	1-4	5-12
Kenevir	45-57	8-13	3-5
Sisal	50-64	-	-
Jüt(hint keneviri)	45-63	12-25	4-10
Sert Ağaç	40-50	20-30	0-1
Yumuşak Ağaç	40-45	36-34	0-1

Çizelge 2.3. Kompozit Malzemelerde Kullanılan Liflerin Özellikleri

Özellikler	Lifler						
	Cam elyaf	Keten	Kenevir	Hint keneviri	Çin çimeni	Hindistan cevizi	Sisal
Yoğunluk g/cm ³	2.55	1.4	1.48	1.46	1.5	1.25	1.33
Çekme kuvveti 10E ⁶ N/m ²	2400	800-1500	550-900	400 -800	500	220	600-700
E-modülü(GPa)	73	60-80	70	10-30	44	6	38
Özgül mukavemet	29	26-46	47	7-21	29	5	29
Uzama kopması	3	1.2-1.6	1.6	1.8	2	15-25	2-3
Nem emme %	-	7	8	12	12-17	10	11
Fiyat(\$)/kg	1.3	1.5	0.6-1.8	0.35	0.25	0.6	1.5

Tabloda belirtilen özelliklerden özgül yoğunluğa dikkat edersek doğal liflerin cam elyafa göre üstünlüğünü görmekteyiz. Buradaki avantaj aynı ağırlıktaki cam elyafı doğal lif arasındadır. Ağırlıklar aynı olduğu takdirde doğal lifin mukavemeti daha fazladır. Yada aynı hacimdeki iki parçada yeterli mukavemet sağlanırsa doğal lifin ağırlığı düşük olur.

Doğal liflerin getirdiği artılar şu şekildedir;

- Doğal liflerin aşınma yatkınlıkları, cam lifleri ile karşılaştırıldığında çok düşüktür. Bu da hem teknik anlamda hem de malzeme geri dönüşümü ve genel kompozit üretiminde büyük avantajlar sağlamaktadırlar.
- Doğal lifler yenilenebilir hammaddedir ve aşağı yukarı elde edilebilirlikleri sınırsızdır. En basit olarak; her yıl çok büyük bir miktarda lignoselülozik, yerleşim, ticari ve endüstriyel kaynaklardan atık olarak çıkmaktadır. Bu tüm katı atıkların yaklaşık %40'ını oluşturur.
- Üretim için yatırım maliyeti düşüktür. Düşük işçi maliyeti olan ülkelerde malzeme üretimi avantaj sağlar.
- Talaşlı imalat gerektirmez ve deride tahriş yapmaz.

- Doğal lif destekli kompozitler kullanım ömürlerinin sonuna geldikten sonra yakma ya da gömme işlemine tabi tutulduklarında dahi ortama verdikleri karbondioksit oranı, büyürken absorbe ettikleri karbondioksit oranıyla neredeyse aynıdır.

- Düşük yoğunluk ve buna bağlı olarak ağırlığın önemli olduğu uygulamalarda, hem hafif hem de mukavim bir malzeme eldesi için doğal lifler idealdir.

- İyi ısı ve ses izolasyon özellikleri.
- Çevre dostudur.

Doğal liflerin getirdiği eksiler ise şu şekildedir;

- Düşük mukavemeti, özellikle darbe dayanımında.
- Değişken kalite; belirsiz hava koşullarının etkisiyle.
- Nem emmesi. Buda liflerin şişmesine neden olur.
- Sınırlı yüksek imalat ısısı.
- Düşük dayanıklılık; liflerin ıslahına bağlı olarak.
- Düşük yangın direnci
- Fiyatların hasada göre ve veya tarım politikalarına göre değişmesi [18]

Unutulmaması gereken en önemli nokta doğal liflerin, plastik matris içine katılmadan önce pektinden tamamen ayrılmış olması gerektiğidir. Çünkü pektin lifte çürüme ve mantar oluşumunun en başlıca sebebidir. Eğer pektin ayrılmazsa üretim sonucunda matris içinde bulunan lifler zamanla çürüyecek ve de malzeme mukavemeti belirgin düzeyde düşüş gösterecektir.

Doğal lifler üzerine yapılan bir çok çalışma vardır. Bunlardan bazıları şu şekildedir;

S. Panthapulakkal, A. Zereskian ve M. Sain buğday samanı liflerini kimyasal kompozisyonlarını, morfolojilerini, fiziksel, mekaniksel ve termal özelliklerini bozmadan kimyasal ve mekanik işlemlerle ayırarak, polipropilin kompozitlerine %30 oranında eklemişler ve bu ekleme sonucunda mekanik özelliklerin eklenmemiş polipropilen'e göre iyileştiğini göstererek, buğday samanı liflerinin termoplastiklerde destek elemanı olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir. Kullandıkları teknik enjeksiyonla kalıplamadır. [19]

S. Panthapulakkal ve F.G.Torres yine buğday samanını ele alarak bu sefer lifleri sıvı mantar kültürü ile ıslatıp yumuşatarak liflerin, ıslatılmamış hallerine oranla daha kısa boy ve daha dar çapta aynı dayanıklılık ve mekanik özellikleri karşılamaını sağlamışlardır.[20]

A. Valadez-Gonzalez, J.M. Cervantes-Uc, R. Olayo, P.J. Herrera-Franco, doğal liflerin ve termoplastik matris arasındaki ara yüzey kayma kuvvetlerinin iyileşmesi, morfolojik ve lif yüzeylerinin silan (Silikon hidrit) kimyasal modifikasyonu ile alakalı olduğundan, liflerin yüzeylerini alkalın ile işleyerek matris- lif ıslanmasını ve kimyasal yüzey modifikasyonunu arttırmış, böylece matris-lif arafazı arasında ki fizikokimyasal etkileşimi geliştirmişlerdir. Yapılan mikromekanik ve çekme testleri sonucunda da bu işlemlerin arayüzey kayma kuvvetlerinin iyileşmesini sağladığı ispatlanmıştır. Kullandıkları yöntem ekstrüzyondur.[21]

M. Abdelmouleh, S. Boufi, M.N. Belgacem, A. Dufresne orta uzunlukta dört farklı selüloz lifi, iki adet farklı matris (düşük yoğunluklu polietilen ve doğal lastik) ve kimyasal yüzey modifikasyonu için üç tane silane birleştirme ajanı kullanarak inceleme yapmışlar ve mekanik özelliklerin lif boyu, malzeme özellikleri ve birleştirme ajanlarının cinsleri ile değiştiğini bulmuşlardır. Kullandıkları yöntem sıkıştırma ile kalıplamadır.[22]

Krishnan Jayaraman, sisal bitkisinden elde edilen lifleri genel kompozit üretim yöntemlerine göre daha basit bir yöntemle termoplastiklerle birleştirmiş, böylece diğer üretim yöntemlerinde de (enjeksiyon ve ekstrüzyon) gerekli olan lif değerlerinin alçaltılmasını minimum düzeye indirerek boyu 10 mm'den uzun, kütle kesiri de %15-%35 arasında olan liflerden oluşan kompozit plakasında iyi mekanik özellikler elde etmiştir.[23]

Ajay Karmarkar , S.S. Chauhan , Jayant M. Modak , Manas Chanda, odun lifi ve polipropilen arasındaki arayüz yapışmasını arttırmak için dengeleyici olarak MAPP (Maleic anhydride modified polypropylene) kullanmış, böylece mekanik özellikler iyileşmiştir. Kompozitin gerilme dayanımı neredeyse %45 ve %85 arasında artmıştır yalnız odun liflerinin kullanımı sonucu kompozitlerde kırılma ve darbe dayanımlarında azalma görülmüştür. Kullandıkları yöntem ekstrüzyondur.[24]

Debes Bhattacharyya, Martyn Bowis, Krishnan Jayaraman ısıll şekillendirme yöntemini kullanarak, lifler de ve polimer de hiçbir modifikasyon yapmadan odun lifi-polipropilen kompozit levhası hazırlamışlardır. Bunun için dört farklı ısıll

şekillendirme (V-bending, die-match forming, air pressure forming ve deep drawing) yöntemi kullanarak tekli eğilme ve çoklu eğilme deformasyon koşullarını incelemişlerdir. Sonuç olarak levhalarda ki gerilme kuvvetleri marjinal şekilde artarken sertlik, desteklenmemiş propilene göre önemli derece de artmıştır. İşlem esnasında da görülmektedir ki bu tip kompozit levhaların hazırlanmasında şekil verme sıcaklığı ve boşluk büyüklüğü büyük bir öneme sahiptir. [25]

2.3.1. Aloe Vera

Aloe Vera zambakgiller familyasına (Liliaceae) mensup bir bitkidir. Türkiye'de sarı sabır olarak bilinir. Şekil 2.13'te aloe vera bitkisi görülmektedir. Pek çok eski medeniyetlerde yüzyıllardır bilinen ve şifalı gücü nedeni ile çeşitli hastalık ve cilt sorunlarında kullanılan bir bitkidir. Tarihte; ünlü bir araştırmacı ve arkeolog olan George Ebers, bu bitkinin çok eskilere dayanan ününü MÖ. 3500 yılından kalan bir papirüs el yazmasında keşfetmiştir. Şifalı bitkilerin derlemesi şeklinde hazırlanan bu papirüs baz alınır, Aloe vera'nın yaklaşık 5500 yıldan beri kullanıldığı söylenebilir. Tropik iklimlerde yetişen bu bitkinin anavatanı Afrika ve Yemen'dir. Yaklaşık 500 cinsi vardır.

Aloe bitkisi 3 ana bölümden oluşmaktadır. Yaprığın kabuğu, Latex (musilaj) yapışkan sarı sıvı ve jel tabakası (parankima). Bitki yaklaşık dört yılda olgunlaşır. Bitkinin lifleri yaprak kısmında yoğunlaşmıştır. [26]



Şekil 2.13. Aloe Vera Bitkisi

2.3.2. Cam Elyafı

Cam elyafı, alkalisi düşük "E" camının, 5-20 mikron çaplarında devamlı proses ile ince lifler halinde çekilmiş türüdür. 1940'lı yıllardan bu yana, değişik cam elyafı

tipleri plastiklerin takviyesinde kullanılmaktadır. Bu şekilde, kırılğan bir yapıya sahip olan plastiklerin çekme ve eğilme dayanımları, rijitlik ve darbe dayanımları gibi fiziksel özellikleri arttırılabilmektedir. Başlıca kullanım alanları; önceden şekillendirilerek veya şekillendirilmeden maçalı kapalı kalıplama, pultruzyon, devamlı levha ve baskılı devre plakası üretimleridir. Ayrıca köpük takviyesinde de kullanılır. [27]

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada doğal lif destekli termoplastik kompozit malzeme elde edilmeye çalışılmıştır. Kullanılan malzeme, teçhizat ve yöntem sırasıyla açıklanmıştır.

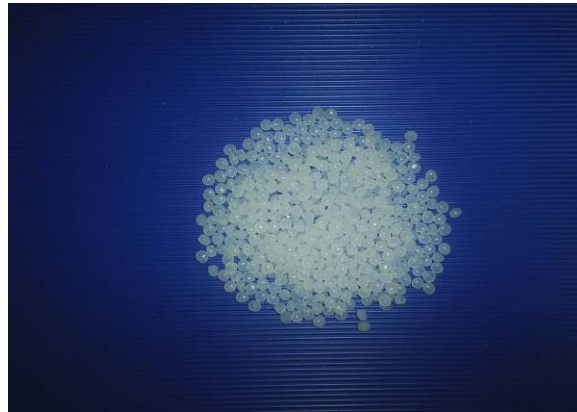
3.1. MATERYAL

3.1.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen

Doğal liflerin yerleştirileceği plastik matris olarak yüksek yoğunluklu polietilen granülleri kullanılmıştır. Granüller, Mersin’de bulunan Çakay Plastik A.Ş. ‘den temin edilmiştir. Malzeme özellikleri çizelge 3.1’ de verilmiştir. Granüller ise şekil 3.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Özellikleri

ÖZELLİKLER	YÜKSEK YOĞ. POLİETİLEN
Erime İndeksi	0.35 gr/10 dakika
Yoğunluk	0.964 gr/cm ³
Molekül Ağırlığı Dağılımı	30-45
Akmada Gerilme Dayanımı	290 kg/cm ²
Kopmada Gerilme Dayanımı	350 kg/cm ²
Kopmada Uzama	>%500
Esneklik Modülü	12.000 kg/cm ²
Sertlik(Rockwell)	65 Rscale
Darbe Dayanımı	> 35 kg.cm/cm
Baskıyla Kırılma Dayanımı	40 saat
Yumuşama Noktası	128 °C
Erime Noktası	134 °C
Kırılma Noktası	<-80 °C



Şekil 3.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Granülleri

3.1.2. Aloe Vera Lifleri

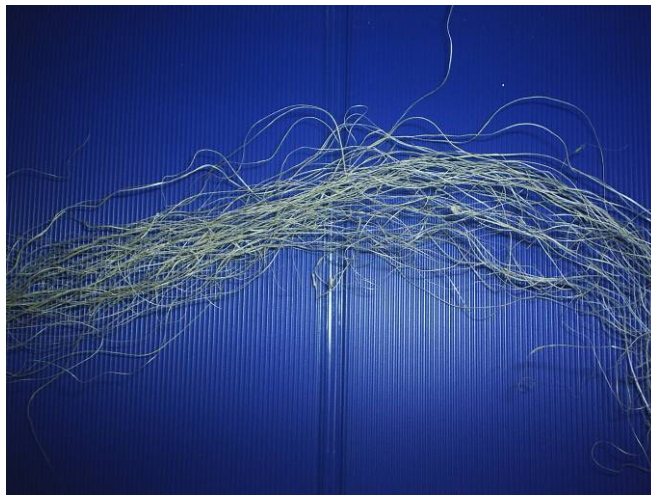
Akdeniz bölgesinin iklim koşulları aloe vera bitkisinin yetişmesi için uygun olduğundan bitki, kümeler halinde bir çok yerde bulunmaktadır. Deney için kullanılan yapraklar Mersin il sınırı içerisindeki farklı bölgelerden temin edilmiştir.

Aloe vera yaprakları çok uzun, dikenli bir yapıya sahiptir ve alınan yapraklardan lif elde edilmesi için ilk önce yaprak kenarlarında bulunan dikenler temizlenmek durumundadır. Deney için kullanılan aloe vera cinsi, tıp uygulamalarında kullanılan 'Barbadosis' cinsinden olmadığından (Türkiye'de yetişmemektedir.) ve son derece asidik bir iç sıvıya sahip olduğundan dolayı, liflerin çıkartılması esnasında iç sıvı yada jelle temas eden deride yüksek miktarda yakıcı ve allerji yapıcı bir etki göstermektedir. Bu nedenle yapraklar Mersin Üniversitesi Makine Mühendisliğine ait atölyede bulunan, elle tahrik verilen silindirlerden geçirilerek iç sıvıların dışarı çıkması sağlanmıştır.

Daha önce belirtildiği gibi deney için kullanılacak liflerin çürümesinin engellenmesi için liflerin pektinden tamamen ayrılması gerekmektedir. Pektin, liflerin dışında jel formunda bulunmaktadır.

Lifler tek tek yaprak yüzeyinden ve yakın bölgelerinden elle çekilerek çıkartılır. Bitkinin gövdesine doğrudan lif bulunmasına rağmen çok ince ve kısa olmalarından dolayı gövde lifleri tercih edilmezler.

Çıkarılan lifler 50 °C'lik sıcak suyun içinde bir gün boyunca bekletildikten sonra yine tek tek elle sıyrılarak üzerindeki pektinden arındırılıp sonrasında kurutma işlemine tabi tutulurlar. Böylece plastik matris içine girecek olan lifler, keçe halini almadan önceki durumlarına gelmiş olurlar. Lifler şekil 3.2' de görülmektedirler.



Şekil 3.2. Aloe Vera Lifleri

Aloe Vera yapraklarından bir tanesi Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde çeşitli testlere sokularak nem tayini, kül tayini ve etil alkol ile aloe vera yaprağı ekstraksiyonu sonucu yüzde nem, kül ve wax tayini yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Aloe Vera Yaprağı Nem Tayini Testi Sonuçları

NEM TAYİNİ					
Petri No	Boş Petri	Numune Miktarı	Sabit Tartım	Nem (%)	Ort. Nem (%)
1	48,8750	24,1974	52,6811	84,27	84,35
2	42,5041	27,8502	46,7136	84,89	
3	48,0079	32,2980	53,0571	84,37	
4	37,2938	32,1523	42,2862	84,47	
5	49,2100	51,9812	57,6569	83,75	

Çizelge 3.3. Aloe Vera Yaprağı Kül Tayini Testi Sonuçları

KÜL TAYİNİ					
Kroze No	Boş Kroze	Numune Miktarı	Sabit Tartım	Kül (%)	Ort. Kül (%)
1	19,8646	3,4787	20,3452	13,82	13,47
2	20,2406	4,0504	20,8211	14,33	
3	19,1168	5,4287	19,7817	12,25	

Çizelge 3.4. Etil Alkol ile Aloe Vera Yaprağı Ekstraksiyonu

Etil Alkol ile Aloe Vera Yaprağı Ekstraksiyonu	
Boş balon Joje (g)	104,716
Boş Evap. Balonu (g)	271,288
Kartuş (g)	3,791
Numune Miktarı (Yaş), (g)	10,519
Num. Mik.(Yaş) + Evap. Bal.(g)	274,428
Etil Alkol Kaynama Nok.(°C)	78,3
Kull.Etil Alkol Mik.(Evap),(mL)	200
İşlem Süresi (h)	8
WAX Miktarı (%)	29,85

3.1.3. Cam Elyafi

Deneyde şekil 3.3’te verilen, “devamlı demetli keçe” adıyla bilinen ve liflerin düzgün dağılımlı tabakalar oluşturacak şekilde yayılmasından oluşan cam elyafi çeşidi kullanılmıştır. Bu şekilde yayılan lifler, ikinci bir bağlayıcı kullanılarak birarada tutulur. Bağlayıcı cinsi ve miktarı öngörülen uygulama alanına bağlıdır.



Şekil 3.3. Cam Elyafi (Devamlı Demetli Keçe)

3.1.4. Elektronik Terazi

Deney sırasında ağırlık ölçümleri Mersin Üniversitesi Makine Mühendisliğine ait kompozit laboratuvarında bulunan Precisa markalı elektronik terazi ile yapılmıştır. Cihaz modeli XB 2200C serisi olup özellikleri çizelge 3.5’ te belirtilmiş ve resmi şekil 3.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Elektronik Terazinin Özellikleri

PRECISA XB 2200 C	
Kapasite	2200g
Hassasiyet	10mg
Doğrusallık	15mg
Tekrarlanabilirlik	10mg
Kefe Ebadı	170x170mm



Şekil 3.4. Elektronik Terazi

3.1.5. Kurutma Fırını

Isı testleri ayrıca liflerin hem ilk çıkarıldıkları halde, hem de keçe haline geldiği zamanlardaki kurutma işlemleri için Mersin Üniversitesi Makine Mühendisliğine ait kompozit laboratuvarında bulunan Nüve Sanayi Malzemeleri İmalat ve Ticaret A.Ş. tarafından üretilmiş, KD 200 modeli bir kurutma fırını kullanılmıştır. Cihaz, şekil 3.5’te görülmektedir. Cihazın özellikleri çizelge 3.6’da belirtilmiştir.

Çizelge 3.6. Kurutma Fırınının Özellikleri

KD 200 KURUTMA FIRINI	
Sıcaklık Çalışma Aralığı	100-250 °C
Sıcaklık Ayar Ve Okuma Hassasiyeti	1 °C
Sıcaklık Dalgalanması	± 2°C
Kullanılabilir Hacim	193
Kurulu Güç	3100 W
İç Ölçüler (ExDxY) mm	500x460x850 mm
Dış Ölçüler (ExDxY) mm	655x680x1140 mm



Şekil 3.5. Kurutma Fırını

3.1.6. Hidrolik Pres

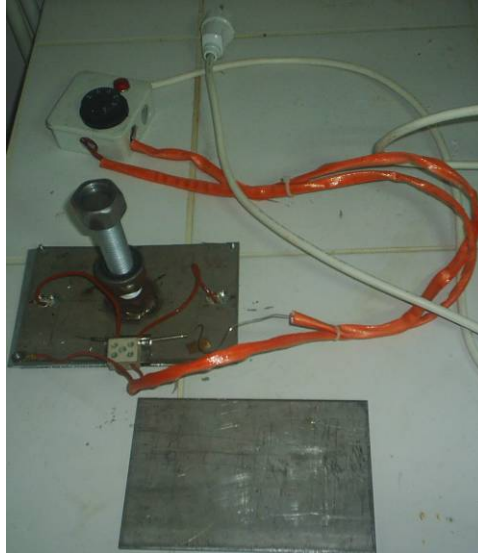
Hem yüksek yoğunluklu saf polietilen levhanın üretilmesi, daha sonra da bu levhaları ve lifleri kullanarak, lif destekli levhaların üretilmesi esnasında baskı kuvvetini sağlamak amacıyla kompozit laboratuvarı bünyesinde bulunan, daha önce bir lisans tezi olarak yapılmış olan ve şekil 3.6'da görülen hidrolik pres kullanılmıştır. Preste baskı kuvveti elle tahrik ile verilen kriko vasıtasıyla sağlanmaktadır. Presin baskı kapasitesi maksimum 600 bar'dır.



Şekil 3.6. Hidrolik Pres

3.1.7. Isıtıcı Kalıp

Hidrolik prese bir tij yardımı ile bağlanarak kullanılan ve şekil 3.7’de görülen ısıtıcı kalıp özel yaptırılmış olup malzemesi kromdur. Özellikle ısı iletim katsayısının yüksek olması, ısıl çarpımlara karşı dayanımı, eriyik haldeki polietilenin yüzeye yapışmamasından dolayı krom malzeme tercih edilmiştir. Rezistans kalıbın üst kısmında iki krom tabaka arasına yerleştirilmiş olup şehir şebekesiyle çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Isıtıcı 300 °C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir ve istenen sıcaklık değerinde kalabilmesi için üzerinde termostat bulunmaktadır.



Şekil 3.7. Isıtıcı Kalıp

3.1.8. Keçe Oluşturma Cihazı

Doğal liflerin plastik matris içine rastgele dağılımlı olarak yerleşebilmesi için birbirinden bağımsız olan liflerin keçe formuna dönüşmesi gerekmektedir. Şekil 3.8’de verilen düzeneğin işlevi bu amacı sağlamak içindir. Düzenek basitçe, içindeki suyun vorteks hareketi yapması sonucunda liflerin birbirleri arasına girip, keçe oluşturmasını sağlar. Cihaz düzgün yüzeyli liflerde mükemmel sonuç vermektedir.



Şekil 3.8. Keçe Oluşturma Cihazı

3.1.9. Birbirine Uyan Kalıp

Üretilen doğal lif destekli plastik levhanın istenilen U formunu alabilmesi için ayrı bir tahta kalıp yaptırılmıştır. Kalıp dış boyutları 27x12 cm, şekil vermek için kullanılan iç kısmın boyutları 19x12 cm ve U formu derinliği ise 7 cm'dir. Kalıbın dalıcı zımba kısmı, değişik boyutlarda U formu verilebilmesi için 14x12'lik büyük, 5x12'lik küçük iki farklı parçaya ayrılmıştır. Kalıp şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3.9. U Formu Vermek İçin Kullanılan Tahta Kalıp

3.2. METOT

3.2.1. Levhaların Hazırlanışı

Polietilen granülleri şekil 3.4’ te gösterilen terazide gerekli ağırlıklarda tartılıp, istenen boyutların sağlanabileceği şekilde belirli toleranslarda bırakılarak alüminyum folyo arasına konulup paketlenir. Granüllerin alüminyum folyoyla paketlenmesinin nedeni; kalıp krom malzemesinden yapılmış olsa bile polietilen granülleri ısıtıldığında ve şekil verme sıcaklığına geldiğinde alüminyuma daha az yapışmaktadır. Hizalama ve paketlenme işlemleri şekil 3.10 ve şekil 3.11’ de görülmektedir.



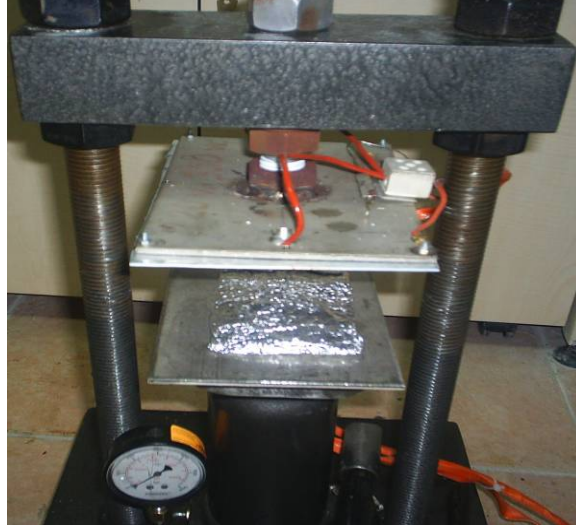
Şekil 3.10. Granüllerin İstenilen Boyutlarda Alüminyum Folyoya Hizalanmış Hali



Şekil 3.11. Granüllerin Folyoya Sarılarak Paketlenmesi

Polietilen granülleri paketlenildikten sonra şekil 3.12’de görülen ısıtıcı kalıbın bağlandığı hidrolik preste, kalıplar arasına yerleştirilir. Kalıbın üzerinde bulunan termostat ayarı yüksek yoğunluklu polietilenin erime sıcaklığı olan 130 °C derecenin biraz üstüne ayarlandıktan sonra paketlenmiş granüller 100 bar basınç uygulanarak preslenir. 15 dakika beklenip şekil verildikten yani granüller eriyip baskı sonucunda

da levha halini aldıktan sonra paket kalıp içinde 10 dakika soğutular ve en son işlem olarak alüminyum folyo soyularak yüksek yoğunluklu polietilen levha elde edilir. Presleme işlemi ve elde edilen levha şekil 3.13 ve 3.14'te görülmektedir.



Şekil 3.12. Kalıp Arasına Yerleştirilmiş Paket



Şekil 3.13. Presleme işlemi



Şekil 3.14. Polietilen Levha

3.2.2. Elyaf Hazırlanması

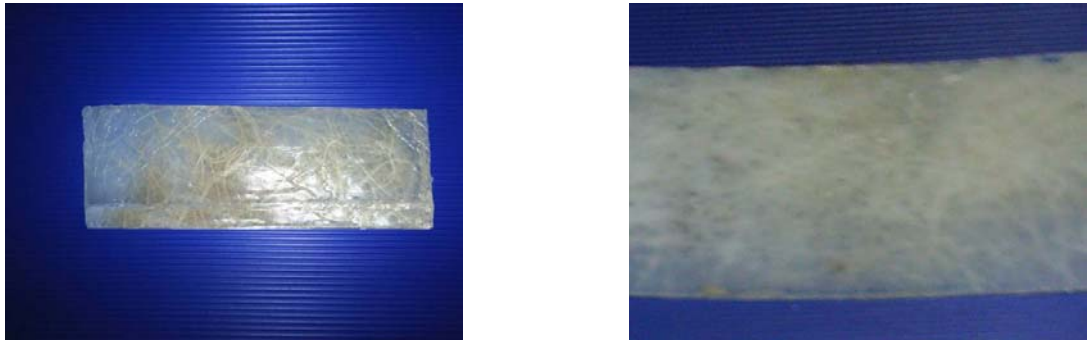
Deneylerin yapımı aşamasında kullanılan cam elyafı, laboratuvar bünyesinde hazır olarak bulunmaktadır.

Aloe vera lifleri ilk olarak yaklaşık 4,5 cm uzunluğunda kesilmiş sonrasında da şekil 3.8’de gösterilen keçe oluşturma cihazının üstünde bulunan su dolu tanka yerleştirilmiştir. Tank altından çıkan hortumlar vasıtasıyla su boşaltıldığında, tank içinde oluşan vorteks sayesinde lifler birbirine geçer ve de tankın dibinde bulunan süzgeç üzerinde rastgele dağılımlı bir keçe formu oluşur.

Elde edilen keçe kurutma dolabına konur. Kurutma dolabında 70 C° sıcaklıkta 15 dakikalık süre ile bekletilir. Kurutma dolabı, liflerdeki nemin dışarı atılmasını sağlamaktadır. Kurutma dolabından çıkan keçe kontrol edilerek kalıplanmaya hazır hale getirilir.

3.2.3. Lif Destekli Levhaların Hazırlanması

Poliyeten granüllerinden istenen levhalar hazırlandıktan sonra aloe vera elyafları ve cam elyafları belirli ağırlık oranlarında (2.5g, 5g, 7.5g ve 10g) hazırlanarak iki levha arasına rastgele dağılımlı olarak yerleştirilir. Levha üretme metodunda yapılan folyoya sarma işlemi burada da tekrarlanarak aynı sıcaklık değerlerinde, sürelerde ve aynı baskı kuvvetinde tekrar presleme işlemine tabi tutulurlar. İşlem bittikten sonra malzeme kalıp içinde soğutulup, dış tarafta ki folyolar ayrıldığında lif destekli levhalar elde edilmiş olur. Levha et kalınlıkları 3mm’dir.



Şekil 3.15. Aloe Vera Ve Cam Destekli Poliyeten Levha

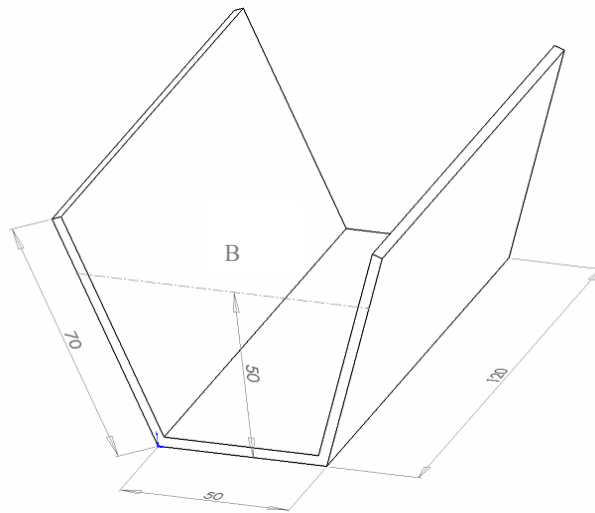
3.2.4. Birbirine Uyan Kalıplama Tekniği İle Levhalara Şekil Verilmesi

Lif destekli levhalar üretildikten sonra presten alınır ve ortalama 100 °C derece sıcaklığa sahipken, U formunda Şekil vermek amacıyla Şekil 3.9’ da gösterilen kalıba yerleştirilir. Bu yöntem Şekil 2.7’ de gösterilen ısıl Şekil verme yöntemlerinden birbirine uyan kalıplarla kalıplama tekniğine girmektedir. Yaklaşık 20 kiloluk bir ağırlıkla kalıp üzerine baskı uygulanarak, levhalara U formu verilir. Daha sonra da ısı testi için fazlalıkların kesilmesi suretiyle her biri standart boyutlara getirilir.

3.3. YAPILAN TESTLER

3.3.1. Isı Testi

Bu testte amaç; hazırlanan aynı boyuttaki lif destekli levhaların ısıya tabi tutularak farklı sıcaklık değerlerlerinde oluşacak deformasyonları gözlemlemektir. Isı kaynağı olarak Şekil 3.5’te gösterilen kurutma fırınından yararlanılmış, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C ve 100 °C sıcaklıklarında, her sıcaklık değeri için 5, 10, 15 ve 20 dakika beklenmiştir. Referans noktası numunelerin tabanından 5 cm yükseklikteki B noktası ile ifade edilen kanat ağıklığı mesafesidir. Tüm numuneler için ısıl işlemden önce ve sonra B mesafesi ölçülerek, aloe vera ve cam lifi destekli kompozitlerin lif destek oranlarına göre ayrı ayrı ısıl deformasyon grafikleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin boyutları Şekil 3.16 ‘da görölmektedir.



Şekil 3.16. U Formu Verilmiş Polietilen Levha boyutları

3.3.2. Çekme Testi

Test numuneleri, elde edilen kompozit malzemelerden kesilerek hazırlanıp, çekme testleri Aşut Plastik İşletmesinin kendi özel plastik çekme cihazında yapılmıştır. Cihaz 5 mm/ dak hız ve 10 ton yükleme kapasitesindedir. Numuneler 18.5x7.5 cm boyutundadır. Et kalınlıkları 3 mm'dir. Çekme testinin yapıldığı cihaz ve bağlanmış test numunesi şekil 3.17' de görölmektedir.



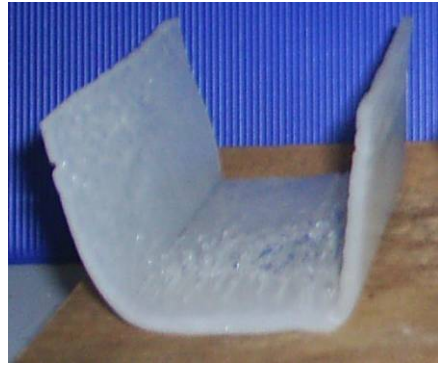
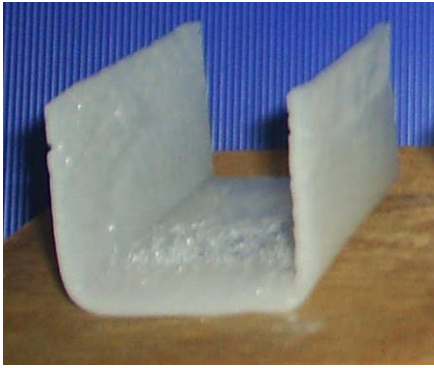
Şekil 3.17. Çekme Deneyi Yapılan Kompozit Numune

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

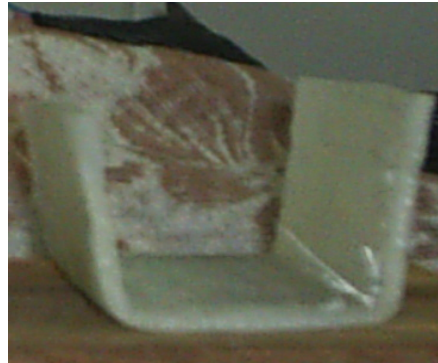
4.1. ISI TESTİ SONUÇLARI

U formundaki levhalarda oluşan bozulma diğer sıcaklıkların aksine en fazla 100 °C’ de, 20 dakika bekleme sonrasında özellikle lif oranı artan levhalarda kendini belli etmiş, U şeklinin ağız kısımlarında büyük miktarda açılma meydana gelmiştir. Katkısız levha da ise şeklin bütününde deformasyonlar meydana gelmiştir.

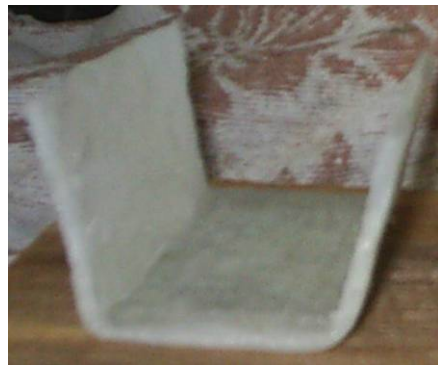
4.1.1. Cam Elyafı Destekli Polietilen Levhalar



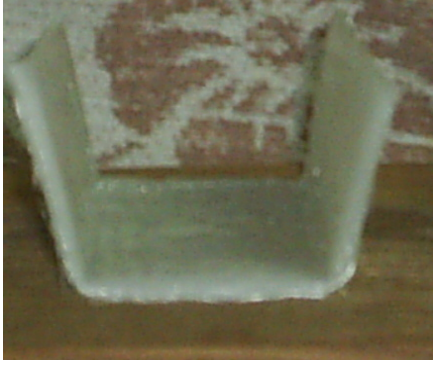
Şekil 4.1. Isı Testi Sonucu Saf Polietilen Levha



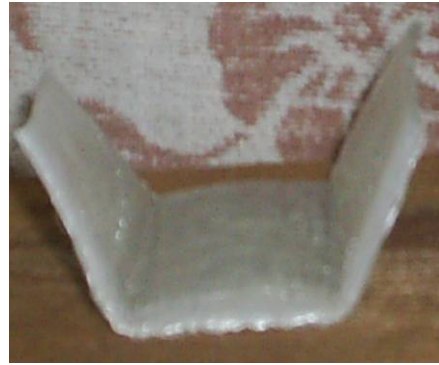
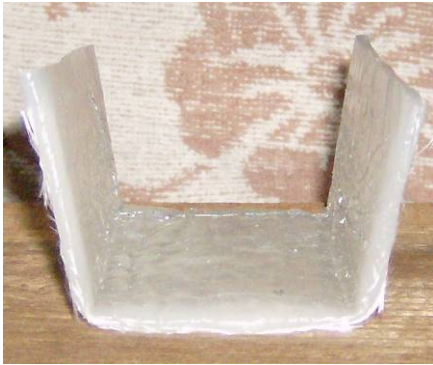
Şekil 4.2. Isı Testi Sonucu 2,5 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha



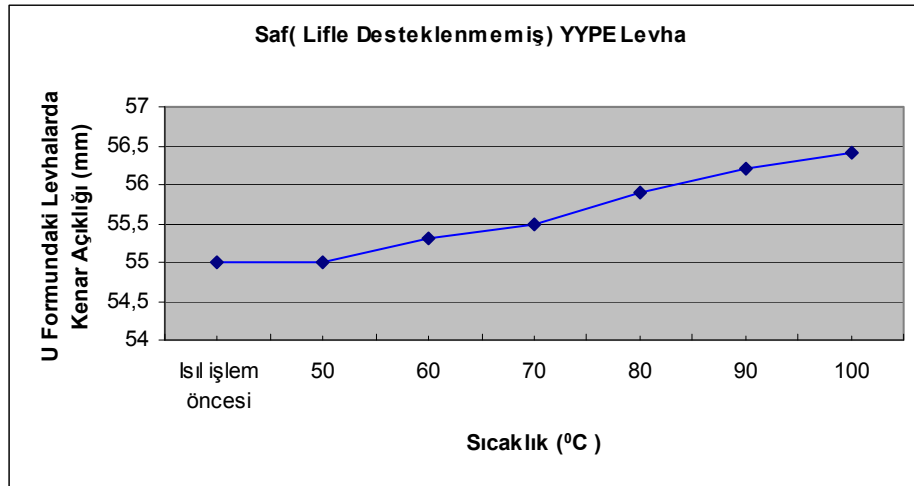
Şekil 4.3. Isı testi Sonucu 5 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha



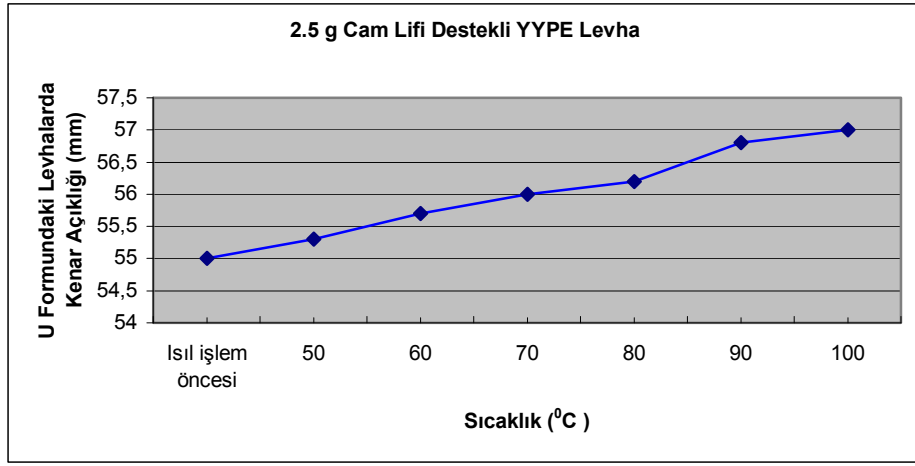
Şekil 4.4. Isı Testi Sonucu 7,5 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha



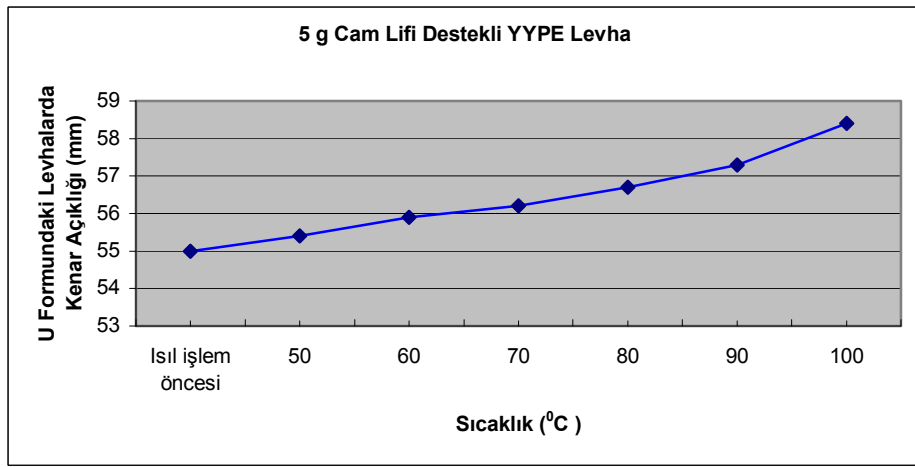
Şekil 4.5. Isı Testi Sonucu 10 Gram Cam Elyafı Polietilen Levha



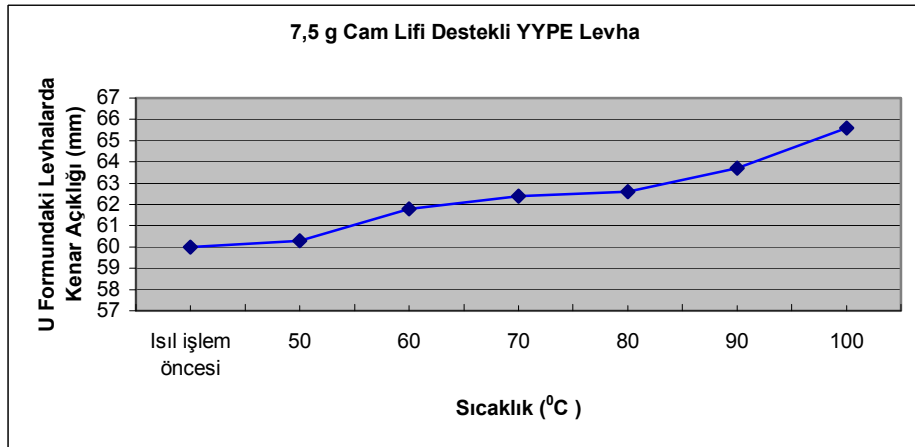
Şekil 4.6. Isı Testi Sonucu Saf YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



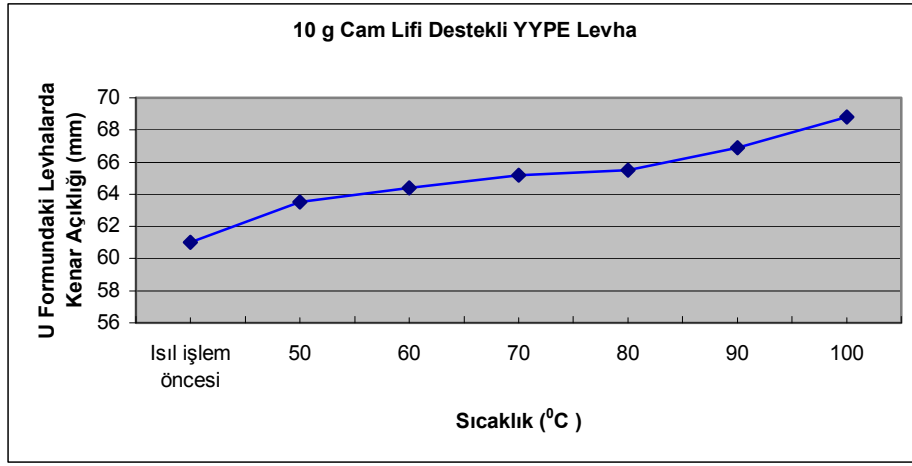
Şekil 4.7. Isı Testi Sonucu 2.5 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



Şekil 4.8. Isı Testi Sonucu 5 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



Şekil 4.9. Isı Testi Sonucu 7.5 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



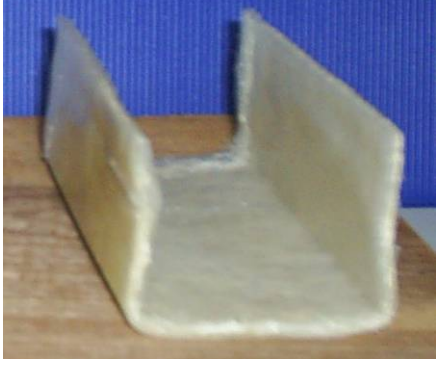
Şekil 4.10. Isı Testi Sonucu 10 g Cam Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı

Test sonucunda görülmektedir ki; şekil 4.1.' de, ısı testi öncesi ve 100 °C'de 20 dakika beklendikten sonraki görünümü verilen, şekil 4.6'da da açılma değerleri belirtilen U formundaki lif katkısız polietilen levha yüksek sıcaklık altında belirli bir derecede açılma göstermiş olsa da, esas deformasyon levhanın tamamına yayılmış, U formunun alt tabanından başlayarak düzlem boyunca ekseninden sapmalar ve çarpılmalar meydana gelmiştir.

Şekil 4.2, şekil 4.3, şekil 4.4 ve şekil 4.5' de ısı testi öncesi ve 100 °C'de 20 dakika beklendikten sonraki görünümü verilen; Şekil 4.7, şekil 4.8, şekil 4.9 ve şekil 4.10' da ağız açılma değerleri gösterilen, sırasıyla bünyelerinde 2.5, 5 ,7.5 ve 10 g cam lifi bulunduran polietilen levhalarda açılma oranı saf polietilen levhaya göre daha fazladır. Yalnız cam liflerinin polietilen malzeme içine girmesi sonucu oluşan kompozit, malzemeyi ısı çarpılmalarına karşı daha mukavim kılmış, saf polietilende görülen ve şeklin tamamına yayılan ekseninden çarpılma durumu cam lifi destekli kompozit levhalarda görülmemiştir. Elbette uzun cam liflerinin matris içinde bulunması mukavemet sağlamış olsa da, lifler ve matris arasında yeterli ıslanmanın sağlanamamasından dolayı hava boşlukları mevcuttur. Bu boşluklar, stress yığılmalarına yol açmaktadır. U formunun verilmesi esnasında kanat ve tabanı birleştiren köşelerde kalan lifler bükülmeye uğramıştır. Cam liflerinin ısıya genleşme, daralma şeklinde belirli bir tepki vermesi sonucu uzun lifler, matris ve lif arasındaki boşluklardan dolayı uzama ekseninde tekrar eski düz formunu almaya çalışmış, ve matrise kuvvet uygulayarak U formundaki şeklin ağızında açılma yapmıştır. Açılma, malzeme içine giren lif miktarı arttıkça daha fazla kendini belli etmiştir. Bunun nedeni; matris içinde ve eksen doğrultusunda hareket eden rastgele dağılımlı uzun lif miktarı arttıkça, belirtilen koşullardan dolayı uzama ekseninde

kompoziti şekil değiştirmeye zorlayan kuvvetinde artmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum kısa lifler kullanıldığında çok daha azalacaktır.

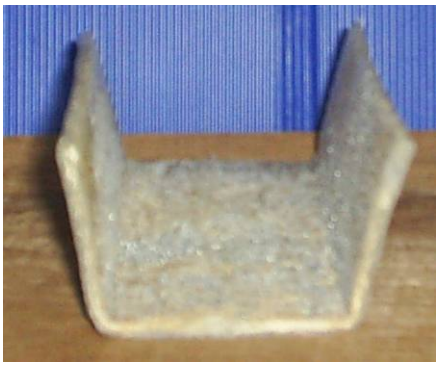
4.1.2. Aloe Vera Elyafı Destekli Polietilen Levhalar



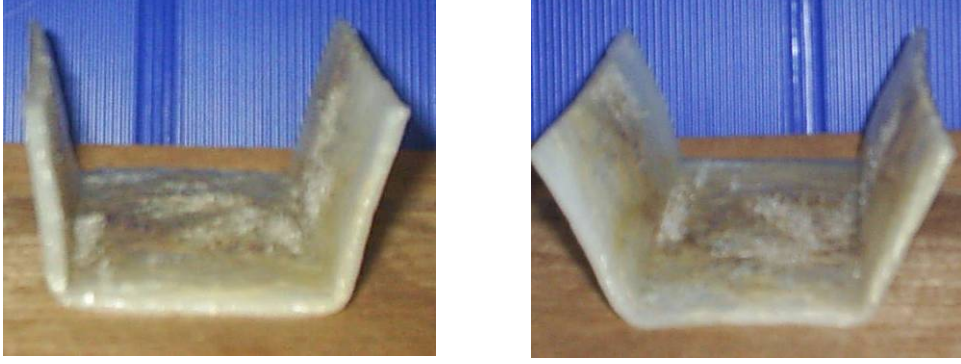
Şekil 4.11. Isı Testi Sonucu 2,5 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha



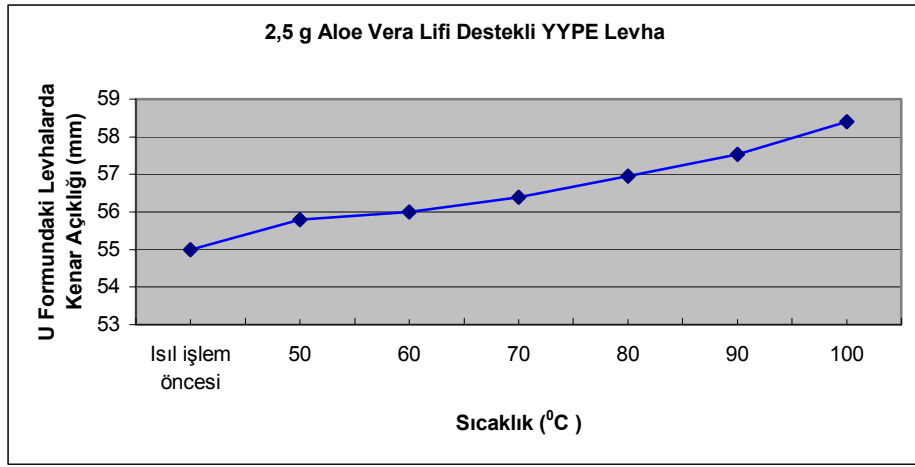
Şekil 4.12. Isı Testi Sonucu 5 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha



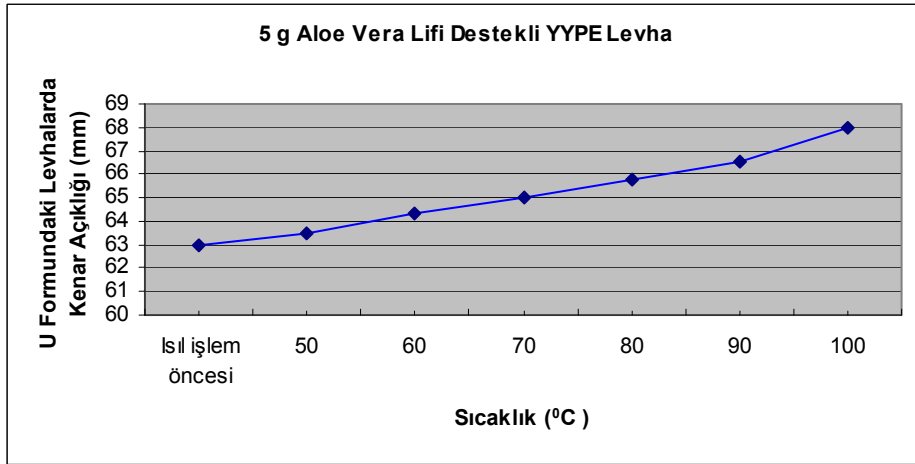
Şekil 4.13. Isı Testi Sonucu 7,5 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha



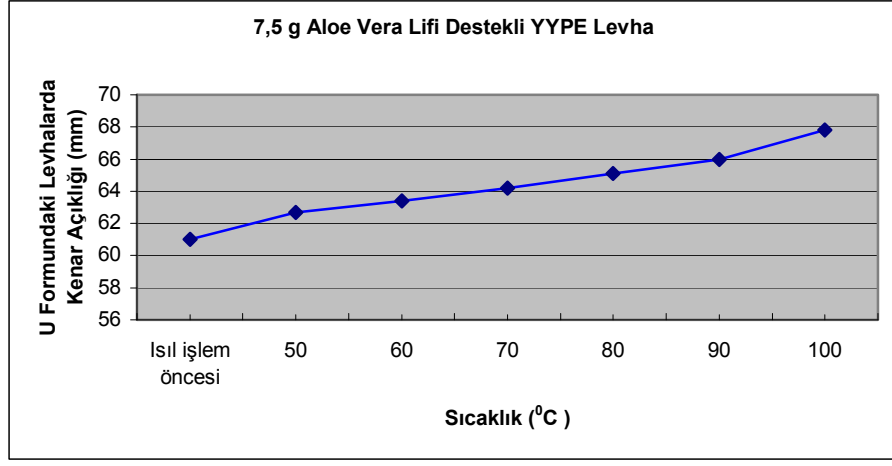
Şekil 4.14. Isı Testi Sonucu 10 Gram Aloe Vera Elyafı Polietilen Levha



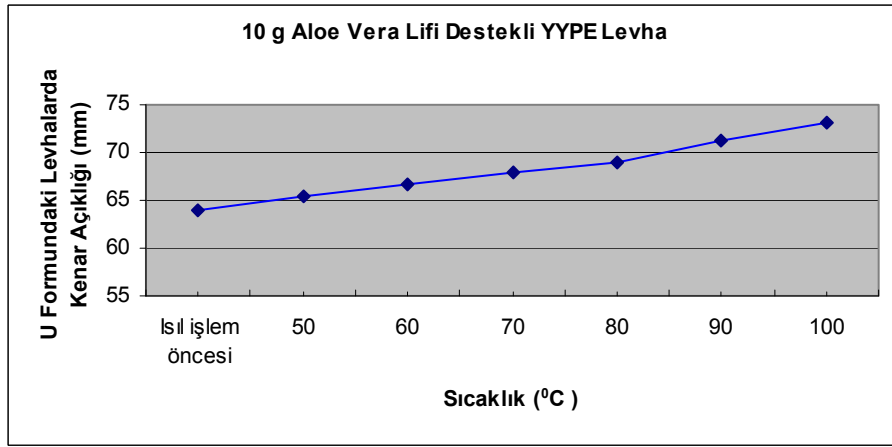
Şekil 4.15. Isı Testi Sonucu 2,5 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



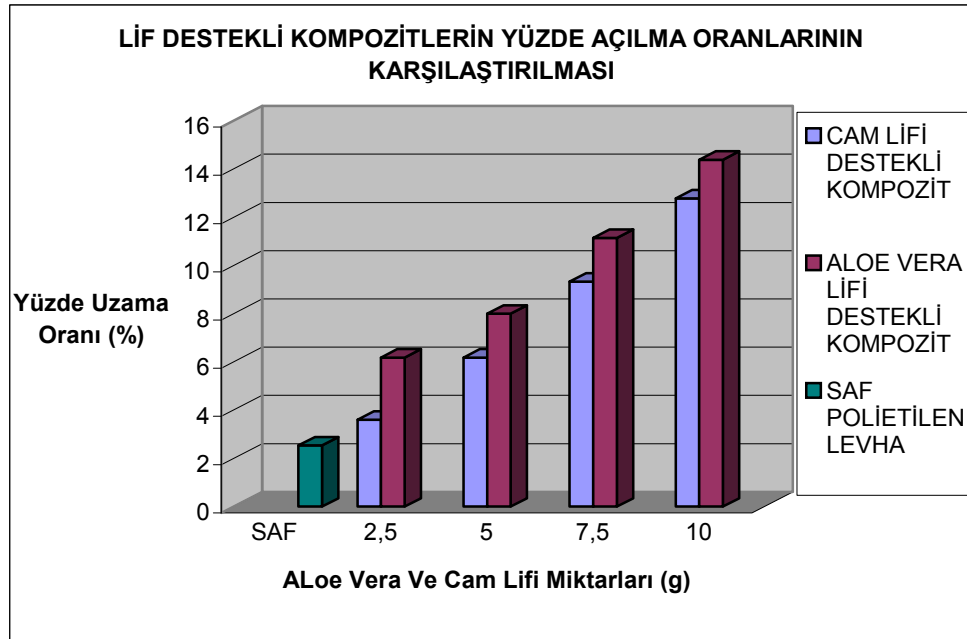
Şekil 4.16. Isı Testi Sonucu 5 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



Şekil 4.17. Isı Testi Sonucu 7,5 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



Şekil 4.18. Isı Testi Sonucu 10 g Aloe Vera Lifi Destekli YYPE Levhadaki Kenar Açıklığı



Şekil 4.19. Lifi Destekli Kompozitlerin Yüzde Açılma Oranlarının İncelenmesi

Şekil 4.11, şekil 4.12, şekil 4.13 ve şekil 4.14' de ısı testi öncesi ve 100 °C'de 20 dakika beklendikten sonraki görünümü verilen; Şekil 4.15, şekil 4.16, şekil 4.17 ve şekil 4.18' de ağız açılma değerleri gösterilen aloe vera lifi katkılı polietilen lavhalarda açılma oranı hem cam lifi destekli levhalara, hem de saf polietilen levhaya göre oldukça fazladır. Tıpkı cam lifli kompozitlerde olduğu gibi, burada da 2.5, 5, 7.5 ve 10 gram aloe vera lifi içeren kompozit malzeme hazırlanmış ve aynı koşullar altında test yapıldığında görülmüştür ki; uzun aloe vera lifleri aynen uzun cam lifleri gibi malzemeye eksen dışında çarpılmaları engelleyecek düzeyde sağlamlık kazandırmıştır. Yalnız cam lifleri ve matris arasında meydana gelen yeterli ıslanmama ve hava boşluğu kalması durumu burada da meydana gelmiştir. Sentetik malzemelerin aksine doğal materyallerin gerek ısı iletim katsayılarının yüksek, gerekse ısıl gerilmelere daha açık olmaları, ısıtma sonucunda liflerde daha fazla genleşme ve uzamaya neden olmaktadır. Bu yüzden, U formunun alt köşelerinde bükülmüş durumda olan uzun aloe vera liflerinin eski formunu alma eğilimi cam liflerine oranla daha yüksektir. Bu durum uzun aloe vera lifinin kompozite uyguladığı kuvvetin, uzun cam lifinin kompozite uyguladığı kuvvetten daha fazla olmasına yol açmış, böylece ağız açılma oranı çok daha fazla olmuştur. Lif oranı arttıkça ısıl gerilme etkileri daha fazla artmakta ve görüldüğü gibi 10 g lif içeren kompozitte en fazla açılma meydana gelmektedir. Şüphesiz kısa lifler kullanıldığında açılma oranı çok daha az olacaktır.

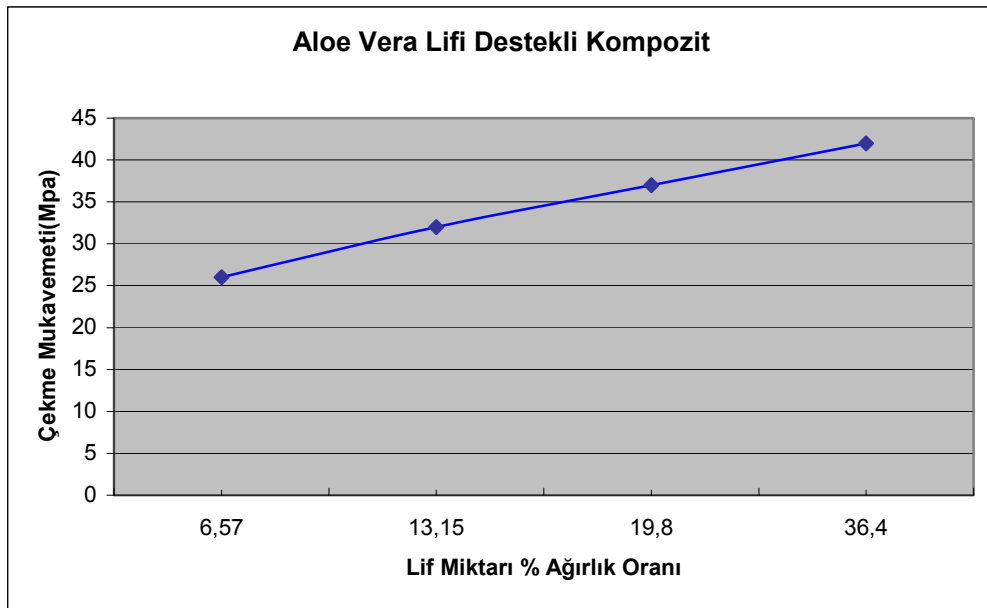
Şekil 4.19' da ise yüzde uzama oranı olarak saf, cam lifi ve aloe vera katkılı kompozitin değerleri görülmektedir.

4.2. ÇEKME TESTİ SONUÇLARI

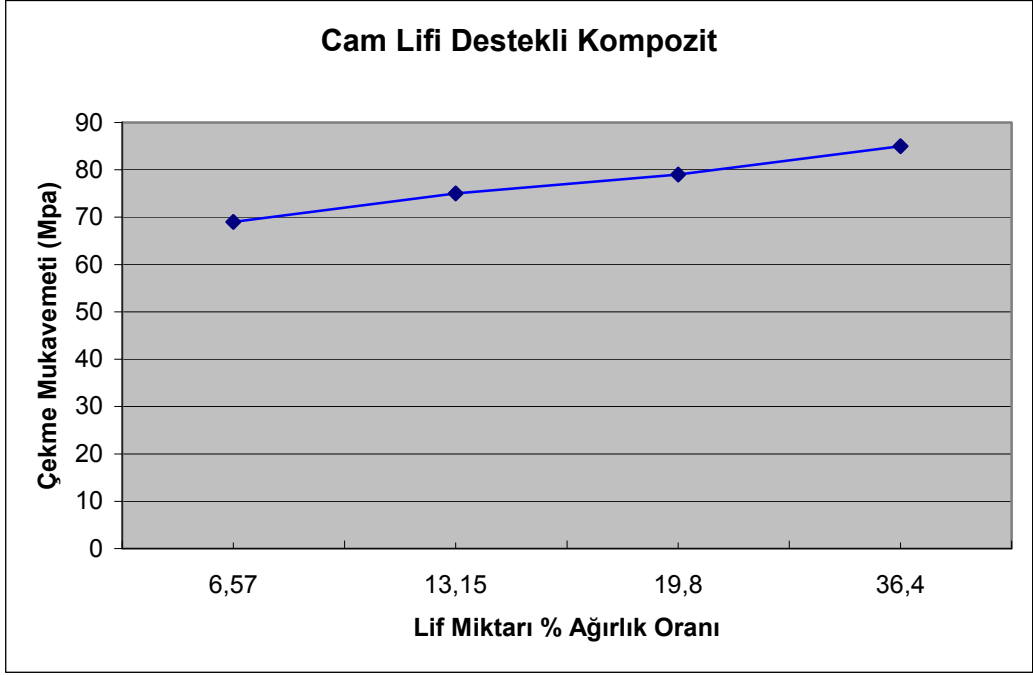
Çizelge 4.1’de Aloe vera ve cam lifi destekli kompozit malzemelerin çekme değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Aloe Vera Ve Cam Lifi Destekli Kompozit Malzemelerden Elde Edilen Çekme Değerleri.

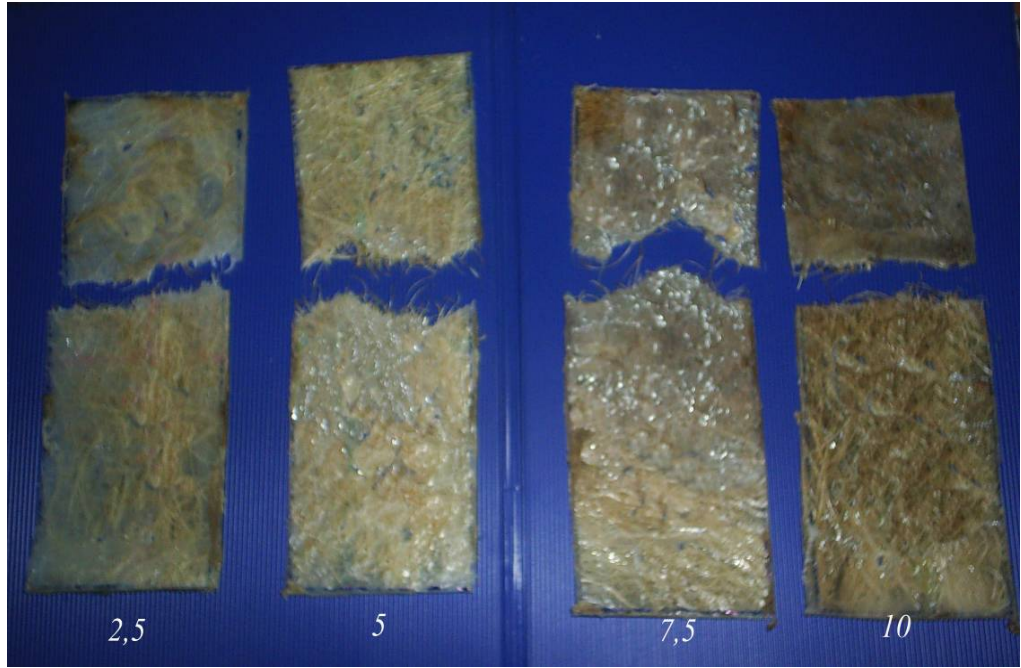
Numune Kodları	Kullanılan Elyaf Miktarı (gram)	Kullanılan Polietilen Miktarı (gram)	Çekme Mukavemet Değeri (Mpa)
SAF	0	38	23
AVD2.5	2,5	35,5	26
AVD5	5	33	32
AVD7.5	7,5	30,5	36,5
AVD10	10	28	42
CD2,5	2.5	35,5	69
CD5	5	33	75
CD7,5	7,5	30,5	80
CD10	10	28	85



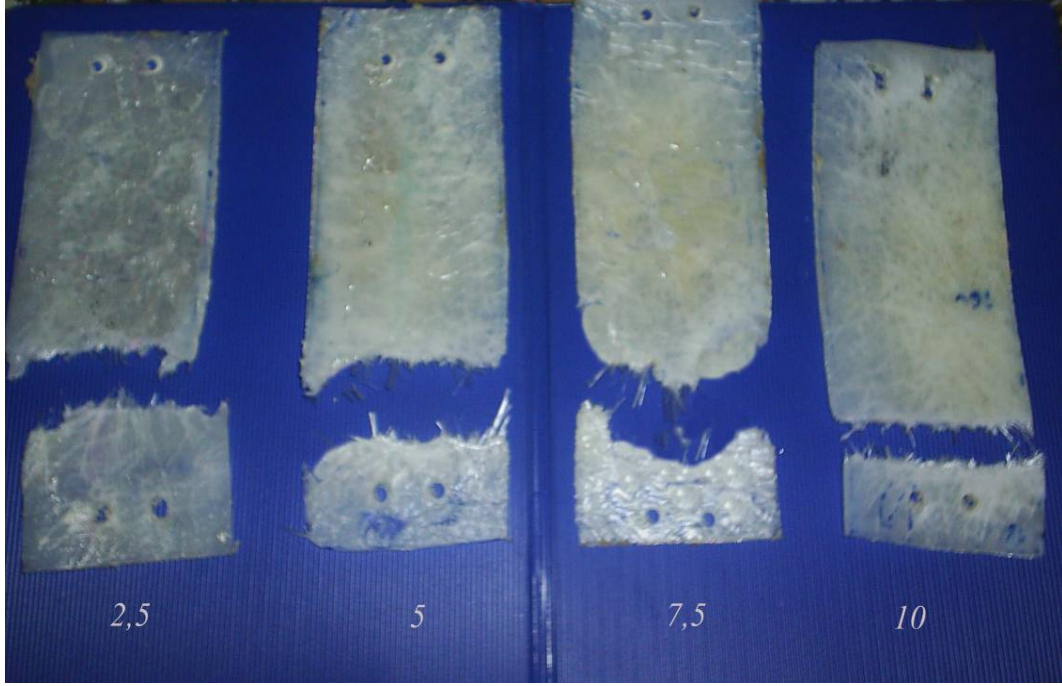
Şekil 4.20. Aloe Vera Lifinin % Ağırlık Oranına Göre Çekme Mukavemetinin Değişimi



Şekil 4.21. Cam Lifinin % Ağırlık Oranına Göre Çekme Mukavemetinin Değişimi



Şekil 4.22. Aloe Vera Destekli Kompozitlerin Çekme Deneyi Sonrası Durumları



Şekil 4.23. Cam Destekli Kompozitlerin Çekme Deneyi Sonrası Durumları

Şekil 4.20, 4.21 ve çizelge 4.1’de görüldüğü üzere polietilen malzemenin doğal ve sentetik liflerle desteklenmesi, malzemenin çekme dayanımını arttırmıştır. Sentetik cam lifleri kompozit malzemeye, doğal liflere nazaran daha büyük bir mukavemet getirmiştir, yalnız üretim tekniklerinden kaynaklanan aksaklıklar nedeniyle daha önce de belirtildiği gibi liflerin plastik matris içinde yeterli ıslanmasının sağlanamaması lif ve matris arasında boşluklar kalmasına neden olmuştur. Matris içine tam yerleşemeyen liflerin etrafında oluşan boşluklarda meydana gelen stress gerilmeleri genel kompozit mukavemetinde fakat; daha da belirgin olarak doğal lif destekli kompozitin mukavemet değerlerinde düşmeye neden olmuştur. Bu yüzden aradaki bu fark ideal koşullar ve cihazlar altında yapılırsa çok daha azalacaktır. Numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri şekil 4.22 ve 4.23’te görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Literatürde aloe vera liflerinin destek malzemesi olarak kullanılmasıyla ilgili daha önce herhangi bir örneğin olmaması sonucu yapılan bu çalışmada aloe vera lifinin kullanımının belirli avantaj ve dezavantajları görülmüştür.

5.1. SONUÇLAR

1. Doğal elyaf destekli kompozit malzemelerin yoğunluğunun diğer malzemelere göre çok daha hafif olduğu tespit edilmiştir. Bu da araçlarda yakıt tasarrufu ve ağırlıktan kazanç sağlamaktadır. Aloe vera liflerinin özellikle aşırı derece de hafif olması sonucu ağırlığın önemli olduğu araba, uçak vb. gibi taşıtlarda kullanılan cam lifli kompozitler yerine tercih edilebilir.

2. Doğal elyaf malzeme olarak, diğer kompozit destek elemanlarına oranla daha düşük fiyatta temin edilebilmektedir.

3. Araç sektöründe doğal lif destekli kompozit malzemedan üretim arttıkça, toplam araç ağırlıklarında azalma sağlanacak ve bu durumda eksoz emisyon oranlarını azaltarak Kyoto Protokol şartlarının yerine gelmesine yardımcı olabilecektir.

4. Aloe vera lifinin en büyük dezavantajı insan vücuduna büyük miktarda rahatsızlık vermesidir. İç sıvılarının asidik ve allerji yapıcı olması sonucu özellikle liflerin çıkartılması ve yüzeylerinden pektinin ayrılması esnasında eğer deri ile temas ederse büyük bir yanma hissi ve tahriş edicilik meydana getirmektedir.

5. Aloe vera'nın tahriş edici etkisi pektinden ayrılınca kadar sürmektedir. Bu koşul sağlanana kadar aloe vera'nın etkilerinden dezavantaj olarak bahsedilebilir fakat gerekli koşul sağlandıktan sonra liflerin çalışma esnasında hiçbir yan etkisi bulunmamaktadır. Çıplak elle çalışılabilir. Cam lifiyle yapılan herhangi bir uygulamada, liflerin yüzey özelliklerinden dolayı irite edici bir yapıda olması ve sürekli koruyucu bir eldiven ile kullanılmak zorunda kalınması, işlem esnasında aloe vera lifinin tercih edilmesinde büyük bir neden olabilir.

6. Aloe vera bitkisinin iç sıvılarının asidik etkisi özellikle metal yüzeylerde, yüzeye zarar vermeden pas sökücü bir etki yapmaktadır. Doğru kimyasal araştırmalarla ve katkılarla farklı bir alanda kullanıma sokulma potansiyeli vardır.

7. Çekme testi sonucu görülmüştür ki; çekme dayanımında aloe vera ve cam lifi arasında neredeyse yarı yarıya bir fark oluşmaktadır. Yalnız çekmeye uğramayan uygulamalarda aloe vera destekli kompozitler rahatlıkla kullanılabilir.

8. Isıl şekil verme yöntemi kullanılarak lif destekli kompozitlerin üretilmesi hem ekonomik açıdan hem de kalite açısından büyük avantajlar içermektedir. Fakat yapılan deneyler sonucunda; ısıl şekil verme yönteminde destek malzemesi olarak uzun lifler yerine kısa lifler kullanılmasının, üretim sonrasında daha kaliteli ürün elde edilebilmesi açısından dikkat edilmesi gereken önemli bir husus olduğu anlaşılmıştır. Uygun cihazların kullanılması sonucu plastik matris ve liflerin ıslanması ideal şekilde sağlanarak üstün özelliklere sahip çeşitli kompozit malzemeler elde edilebilir. Ayrıca ısıl şekil verme yöntemleri seri üretim için ideal olmakla beraber, doğal ya da sentetik her türlü lifle de üretim esnasında bir problemle karşılaşmadan çalışma imkanı sağlar. Bozuk malzeme ve fire verme oranı düşüktür. Kısacası ısıl şekil verme yöntemi lif destekli kompozitlerin üretimi için en ideal yöntemlerden biridir.

5.2. ÖNERİLER

Ülkemizde bulunan doğal liflerin kompozit malzeme içerisinde kullanılması ekonomik açıdan çok uygun olacaktır. Hem tarım sektörüne katkı sağlamış olup hemde liflerin yakılması sonucu çevre kirliliği engellenmiş olacaktır. Dünya üzerindeki bir çok devlet doğal lif destekli kompozit malzemeler konusunda ciddi yatırımlar yapmıştır. Bununla beraber tarım yoluyla üretilmesi gereken çok daha fazla doğal life ihtiyaç vardır. Aloe vera bitkisinin tropikal olması ve dekoratif amaçlarla kullanılması, çoğu kişi tarafından ise sadece kozmetik amaçlı bilinmesinden dolayı yaygın bir üretimi yoktur. Dünya çapında 500'den fazla çeşidinin bulunmasına rağmen "barbadensis" cinsi insan sağlığı açısından faydalı olduğu için yönelim bu cinsin üretilmesi üzerinedir. Eğer ülkemizde buna yönelirse hem tıbbi açıdan hem de ekonomik ve lif desteği açısından yüksek özellikli bir ürün elde edilmesi mümkün olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- [1] <http://www.uslanmam.com/organik-kimya/194281-polimer-kimyasi.html>, (09.02.2007), Erişim: (15.10.2007)
- [2] Kuyulu, A. "Polimerlerin İşlenmesi" Ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 34 s.(2001)
- [3] Altınışık F. "Hasat Sonrası Muz Bitkisi Atıklarından Elde Edilen Doğal Liflerin Plastik Bazlı kompozitlerde Takviye Elemanı Olarak Kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Mezitli, İçel, 61s. (2006)
- [4] Harper, C.A. "Modem Plastics Handbook", Mc Graw Hill, s.80-90, (1999)
- [5] Manap İ. "Yüksek Yoğunluklu Polietilen Malzemesinin ekme ve arpma Deneyleriyle Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi", Bitirme Projesi, İzmir, 28 s. (2007)
- [6] Rosen R. S. "History Of Thermoforming", Thermoforming Quarterly, **1(2)**: 18-21, (2007)
- [7] Trantina, G., Mimmer, R., "Structural Analysis of Thermoplastic Compomemts", McGraw Hill, New York, 366 s, (1994).
- [8] <http://www.turkcadcam.net/rapor/vakum-kaliplama/index.html>, Erişim: (17.10.2007)
- [9] Akkurt, S., "Plastik Malzeme Teknolojisi", İ.T.Ü. Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, 91, (1995)
- [10] <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/thermoforming/vacuum-forming/>, Erişim: (9.11.2006)
- [11] <http://www.turkcadcam.net/rapor/vakum-kaliplama/index.html>, Erişim: (10.11.2006)
- [12] <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/thermoforming/plug-assist-forming/>, Erişim: (10.11.2006)
- [13] <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/thermoforming/pressure-forming/>, Erişim: (11.11.2006)
- [14] <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/thermoforming/drape-forming/>, Erişim: (13.11.2007)
- [15] <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/thermoforming/twin-sheet-forming/>, Erişim: (14.11.2006)

- [16] <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/thermoforming/tool-design.htm>, Erişim: (14.11.2006)
- [17] F.G. Torres, S.F. Bush, “Sheet Extrusion and Thermoforming of Discrete Long Glass Fibre Reinforced Polypropylene”, *Composites: Part A* **31** (2000): s.1289-1294, (1999),
- [18] Malik, P.K. “Fiber Reinforced Composites: Manufacturing and Design”, Marcel Dekker, New York,(1990)
- [19] J. Gassan, A.K. Bledzki. “The Influence of Fiber Surface Treatment On The Mechanical Properties of Jute—PP Composites”, *Composites: Part A* **28A**: s.993–1000, (1997),
- [20] Panthapulakkal S. , Torres F.G. “Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute and Kapok Fibers by Alkalization” , *J. Appl. Polym. Sci.* **84**: s. 2222–2234. (2002),
- [21] P.J. Herrera-Franco, A. Valadez-Gonza’lez,”A study of the mechanical properties of short natural-fiber reinforced composites” Mexico (2005)
- [22] M. Abdelmouleh, S. Boufi, M.N. Belgacem, A. Dufresne, ”Influence of Interfacial Adhesion on The Mechanical Properties and Fracture Behavior of Short Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites”, *Eur. Poly. J.* **32**: s. 1243-1250, (1996),
- [23] Jayaraman K., “Manufacturing Sisal–Polypropylene Composites With Minimum Fibre Degradation”, *Polym. Testing* **20**: s: 368–369, (2002),
- [24] Karmarkar A. , S.S. Chauhan, Jayant M. Modak, Chanda M. , “Mechanical properties of wood–fiber reinforced polypropylene composites: Effect of a novel compatibilizer with isocyanate functional group” *Wood Science* **23**: s. 1-4 (2006)
- [25] Bhattacharyya D. , Bowis M. , Jayaraman K. ,” Thermoforming woodfibre–polypropylene composite sheets” *Wood Science* **23**: s. 353-357, (2002)
- [26] http://www.vejetaryen.net/Vejetaryen_beslenme_Aloe_Vera.mht/ Erişim: (14.09.2007)
- [27] http://www.camelyaf.com.tr/turkce/soru_cevap/ce_diger_1.php, Erişim: (14.08.2007)

ÖZGEÇMİŞ

04.06.1981 yılında İstanbul'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi İstanbul'da Özel Doğan Koleji'nde, lise öğrenimimi ise Amasya Lisesi'nde tamamladım. 2005 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği'nden mezun oldum. Yine 2005 yılında Mersin Üniversitesi Makine Mühendisliği'nde yüksek lisansa başladım. Yüksek lisans eğitimimde plastikler üzerine çalıştım ve 2007 yılında mezun oldum.