



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ,
ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ ÜZERİNE
ARAŞTIRMALAR**

**Ömür Fatma SÜİNANÇ
Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Turgay AKBULUT**

Mayıs, 2007

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ,
ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ ÜZERİNE
ARAŞTIRMALAR**

Ömür Fatma SÜİNANÇ

Odun Mekaniği ve Teknolojisi

Programı

Danışman

Prof.Dr. Turgay AKBULUT

Mayıs, 2007

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof.Dr. Turgay Akbulut' a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ocak, 2007

Ömür Fatma SÜİNANÇ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN TANIMI	3
2.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN TARİHİ GELİŞİMİ	4
3. ODUN POLİMER KOMPOZİTLERİ.....	7
3.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTİ	
ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER.....	7
3.1.1.1. Lifsel Hammaddeler.....	7
3.1.1.2. Odun.....	20
3.1.1.3. Atık Kağıt.....	22

3.1.2. Plastik Hammaddeler.....	23
3.1.2.1. Polystyrene (PS).....	24
3.1.2.2. Polypropylene (PP).....	25
3.1.2.3. Acrylonitrile Bütadien Styrene (ABS).....	26
3.1.2.4. Polivinil Klorür (PVC).....	27
3.1.2.5. Polietilen (PE).....	28
3.1.2.6. Polietilen Teraftalat (PET).....	29
3.1.2.7. Polikarbonat.....	30
3.1.2.8. Polyester.....	31
3.1.2.9. Termoplastik Tedariki ve Fiyatları.....	32
3.1.2.10. HDPE ve Polypropylene Reçinesi İçin Seçim Kriterleri.....	34
3.1.2.11. Atık Plastikler.....	35
3.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	35
3.2.1. Termoplastikler İçin Üretim Yöntemleri.....	35
3.2.1.1. Ektrüzyon Yöntemi.....	36
3.2.1.2. Enjeksiyonlu Kalıp Yöntemi.....	41
3.2.1.3. Thermoforming(Sıcaklıkla Şekillenme).....	41
3.2.1.4. Polystyrene Dağılımlı Kalıp (EPS).....	42
3.2.2. Termosetler İçin Üretim Yöntemleri.....	45
3.2.2.1. Reçine Transfer Kalıbı (RTM).....	46
3.2.2.2. Pultrüzyon.....	48
3.2.2.3. SMC/DMC Kalıbı.....	49
3.2.2.4. Diğer GRP Kalıp Teknikleri.....	49
3.2.3. Odun-Plastik Karışımından Levha Üretimi.....	51
3.2.4. Pres Metodu.....	51
3.2.5. Tabakalı Kalıplı Bileşim.....	52

3.3. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN	
ÖZELLİKLERİ.....	53
3.3.1. Odun Plastik Kompozitlerinin	
Mekanik Özellikleri.....	53
3.3.2. Şok Özellikleri.....	57
3.3.3. Fiziksel Özellikler.....	58
3.3.4. Odun Plastik Kompozitlerinin Dayanıklılık	
ve Sünme Davranışları Üzerine Mantar Saldırılarının Etkisi.....	59
3.3.5. Odun Lifli Plastik Kompoziti Uygulamalarını	
Etkileyen Faktörler.....	60
3.3.5.1. Fiyat.....	62
3.3.5.2. Nem.....	62
3.3.5.3. Termik Duyarlılık.....	63
3.3.5.4. Özgül Ağırlık.....	63
3.3.5.5. Diğer Yönler.....	63
3.3.6. Ağırlık ve Aşındırma.....	64
3.3.7. Termik Özellikler.....	64
3.3.8. Ultraviyole Işık Dayanıklılığı.....	65
3.3.9. Tasarım Özellikleri.....	65
3.3.10. Sünme.....	67
3.4. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN	
KULLANIM YERLERİ.....	67
3.4.1. Deck Yapımı.....	68
3.4.2. Odun Polimer Kompoziti İçin Diğer Uygulamalar.....	72
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	79

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	: Liflerin farklı kaynaklara göre fiyat ilişkisi	14
Şekil 3.2	: Odun liflerinin küçük fibril yapısı, zengin lignin yüzeyinin gösterimi.....	15
Şekil 3.3	: Farklı bitki kaynaklarındaki hücrelerin ortalama uzunluğu.....	15
Şekil 3.4	: Liflerin çekme direnci.....	16
Şekil 3.5	: Lif demetlerinin çekme elastikiyet modülü.....	17
Şekil 3.6	: Tek hücrelerin çekme elastikiyet modülü	
Şekil 3.7	: Sentetik, keten tohumu, ve buğday samanı tek hücrelilerin çekme kuvveti.....	17
Şekil 3.8	: Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı tek hücrelilerin çekme elastikiyet modülü.....	18
Şekil 3.9	: Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı liflerinin kendine özgü çekme dayanıklılığı.....	19
Şekil 3.10	: Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı liflerinin kendine özgü elastikiyet modülü.....	23
Şekil 3.11	: Tek vidalı ekstruder.....	37
Şekil 3.12	: Konik çift vidalı ekstruder.....	37
Şekil 3.13	: Maine Üniversitesinde ki profil ekstrüzyon hattı.....	39
Şekil 3.14	: Odun polimer kompoziti ekstrüzyon dişi kalıp ve soğutucu.....	39
Şekil 3.15	: Odun ve plastikten yapılmış karışım toprakları.....	39
Şekil 3.16	: Ekstrüzyon yöntemiyle üretilmiş Kapı paneli örneği.....	40
Şekil 3.17	: Ekstrüzyon akış kalıbı.....	41
Şekil 3.18	: Enjeksiyonlu kalıp yöntemi.....	43
Şekil 3.19	: Odun polimer kompoziti ekstrüzyon dişi kalıp ve soğutucu.....	44
Şekil 3.20	: Enjeksiyonlu kalıpla üretilmiş kapı kapı paneli örneği.....	45
Şekil 3.21	: Termoforming akış kalıbı.....	45
Şekil 3.22	: EPS.....	45
Şekil 3.23	: Reçine Transfer Kalıbı.....	48
Şekil 3.24	: Pultrüzyon akış yöntemi.....	48
Şekil 3.25	: Baasınçlı kalıp örneği.....	49
Şekil 3.26	: Lif-plastik karıştırma ve havalı taslak oluşturma sistemi.....	50
Şekil 3.27	: Masif odunun nem içeriği ve çeşitli metotlara göre işlenmiş % 50 odun unu içeren yüksek yoğunluklu polietilen.....	61

Şekil 3.28	: Odun lifli plastik kompozitlerinin sertliği üzerine atık kağıt lif içeriğinin etkisi.....	69
Şekil 3.29	: Odun plastik kompozitlerinden (OPK) yapılan deck levhası.....	70
Şekil 3.30	: Amerikada ki U.S deniz kuvvetleri için güverte levhası profilleri.....	71
Şekil 3.31	: Doğal lif ve termoplastiklerden yapılan çatı padavrası.....	72
Şekil 3.32 a	: Odun plastik kompoziti dayanıklılığı hakkında yer alanı testi.....	73
Şekil 3.32 b	: Odun plastik kompoziti dayanıklılığı hakkında üst zemin alanı testi.....	74

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 : Ticari olarak önemli lif kaynakları.....	11
Tablo 3.2 :Farklı liflerin karşılaştırmalı özellikleri.....	12
Tablo 3.3 : Bitki liflerinin kimyasal bileşimi.....	14
Tablo 3.4 : İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının hücre tipleri ve oranları.....	21
Tablo 3.5 : 1993 yılında Amerika da termoplastik satışı dağılımı.....	32
Tablo 3.6 : Çeşitli kullanım yerlerine göre 1993 yılındaki Polypropylene ve HDPEsatışı.....	33
Tablo 3.7 : Doğal lif kompozitlerinin mekanik özellikleri.....	54
Tablo 3.8 : Lifli güçlendirilmiş polyester styrene kompozitinin mekanik özellikleri.....	55
Tablo 3.9 : Polypropylene ile çeşitli dolgu/ lifsel maddelerden yapılan kompozitlerin bazı özellikleri.....	57
Tablo 3.10 : Termik çizgisel dağılımın emsal rakamları.....	66
Tablo 3.11 : Küçük ve kusursuz örnek niteliğinin karşılaştırılması.....	66
Tablo 3.12 : Amerika da ki deck ve demiryolu pazarı.....	71

ÖZET

ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Bu çalışmada odun plastik kompozitlerinin (OPK) üretim teknolojileri, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kullanım alanları detaylı bir literatür çalışması yapılarak ortaya konulmuş, ayrıca kullanılan plastik tipleri ile çeşitli ağaç türlerinin bu plastiklerle uyumunu ortaya koymak da amaçlanmıştır.

Odun hammaddesinin hafifliği, ısıyı kötü iletmesi ve lifsel yapıda olması gibi olumlu özellikleri ile plastik maddelerin suya dayanıklılık, çürümezlik ve yapışma özelliklerinin kombine edilmesiyle tek başına odun ve plastikte bulunmayan özellikler, odun- plastik kompoziti denilen ürünlerde bir araya getirilmektedir.

Böylece elde edilen odun- plastik kompozitleri bahçe mobilyaları, peyzaj yapıları, otomotiv aksesuarları gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Ayrıca atık plastiklerin yeniden değerlendirilmesi konusunda bir imkan sağlamakta ve çevre kirliliği açısından da önemli bulunmaktadır. Lifsel hammadde olarak ham odundan başka odun artıkları ve atık kağıt ürünlerinin kullanılması da mümkündür.

SUMMARY

INVESTIGATIONS ON MANUFACTURING, PROPERTIES, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND USING AREAS OF WOOD PLASTIC COMPOSITES

In this study, manufacturing technologies, physical and mechanical properties, and using areas of wood plastic composites (WPC) were investigated.

Wood – plastic composites is formed both good properties of wood materials such as lightness and low heat conductivity, and plastic materials such as water resistance, decay resistance, adhesive properties.

Thus, wood – plastic composites could be used in garden furniture, landscape construction, and accessories of automotive.

In addition to above mentioned positive properties of wood – plastic composites, waste plastics could be recycled to use in wood – plastic industry and decrease environmental pollution. Furthermore, waste wood materials and papers obtained from industry could be used in wood plastic industry alternative to solid wood materials.

1. GİRİŞ

Plastiklerin (termoplastik) odun lifi ya da odun unuyla karıştırılarak şekillendirilmesiyle elde edilen ürünler odun plastik kompozitleri (OPK) olarak adlandırılmaktadır. OPK'nin üretimi tipik olarak, ince odun atıklarının (% 40-60 oranlarında bıçkı tozu) çeşitli plastiklerle karıştırılması sonucunda olmaktadır. Odun plastik kompozitleri %70 oranına kadar selüloz materyalinden oluşabilmektedir. (Ford,1999).

Odun plastik kompozitleri, kendisini oluşturan plastik ve oduna kıyasla daha üstün özelliklere sahip olmaları sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu özellikler arasında plastik malzemeye kıyasla daha düşük maliyetli olmaları ve doğada daha kolay bozularak çevre dostu olmaları; ağaç malzemeye kıyasla ise daha iyi boyutsal stabiliteye sahip olmaları, istenilen boyut ve şekilde, farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri; çatlamalara, mantarlara ve böceklere karşı daha dayanıklı olmaları; geri dönüşümlü / atık malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir. Odun lifli-dolgu kompozitler, çevresel problemlerin çözümüne katkı sağlamakta ve güverte yapımı, balkonlar, çitler, bahçe mobilyaları, kapı ve pencere doğraması, otomotiv iç döşeme parçaları, müzik ve spor aletleri yapımı, çöp kovaları ve çiçek saksıları yapımı vb. alanlarda kullanılmaktadır. Farklı plastik materyaller, kompozit üretiminde kullanılabilir ve odun yüzdesi oranı % 10 ile 70 arasında çeşitlilik gösterir. Odun parçacıkları (lif veya un) dolgu maddesi ya da güçlendirici eleman olarak kullanılabilir. Kompozitlere hedeflenen kullanım yerine bağlı olarak odun unu, bıçkı tozu, küçük parça, lif ya da özel işlem görmüş atık kağıt eklenebilir. Odun lifli plastik kompozitleri plastik işleme endüstrisinde kullanılan ekstrüzyon, enjeksiyonlu kalıp, sıcaklıkla şekillenme, pres ve perdahlama gibi plastik işleme teknolojisiyle işlem görmektedir (Bledzki ve Sperber, 1999).

Tezin amacı, odun plastik kompozitlerinin üretim teknolojileri, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kullanım alanlarını detaylı bir literatür çalışması yaparak ortaya koymaktır. Ayrıca kullanılan çeşitli plastik tipleri ve ligno-selülozik lifli maddeler hakkında bilgi vermek te amaçlanmıştır. Odun plastik kompozitleri esas olarak atık plastiklerin yeniden değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Ancak daha sonraki yıllarda atık plastiklerin yanı sıra ham plastikler de bu amaçla değerlendirilmektedir. Endüstriyel amaçlı odun- plastik kompozitlerinin üretimi 1990'lı yıllardan itibaren özellikle ABD ve Japonyada başlamış olup, birçok ülke için olduğu gibi ülkemiz içinde oldukça yeni bir üründür. Türkiyede henüz üretilmemekte olup, yeni yeni tanınmaya ve ithal edilmeye başlanmıştır.

Odun hammaddesinin hafifliği, ısıyı kötü iletmesi ve lifsel yapıda olması gibi olumlu özellikleri ile plastik maddelerin suya dayanıklılık, çürümezlik ve yapışma özelliklerinin kombine edilmesiyle tek başına odun ve plastikte bulunmayan özellikler, odun- plastik kompoziti denilen ürünlerde bir araya getirilmektedir.

Odun plastik kompozitleri hakkında her yıl ABD ve benzeri gelişmiş ülkelerde sempozyumlar yapılırken ülkemizde bilimsel çalışma yok denecek kadar azdır. Bu teknolojilerin tanıtımı, kullanılan atık ve ham plastikler hakkında bilgi toplanması bu malzemelerin özelliklerinin ve kullanım alanlarının belirlenerek , bu konuda ülkemizdeki bilimsel çalışma eksikliğin giderilmesine katkı sağlamak ve yerli girişimcilerin bu ürünleri üretmeleri konusunda teşvik edilmeleri ülkemiz açısından oldukça yeni ve önemli bulunmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN TANIMI

Odun plastik kompozitleri terimi; herhangi biçimdeki odun ve termosetting ya da termoplastikleri içeren kompozitleri ifade eder. Bunlardan termosetting plastikler sertleştiğinde, tekrar ısıtılması ile birlikte yumuşamaz. Örnek olarak; epoksi ve fenolik reçineler verilebilir. Bu plastikler orman ürünleri endüstrisinde iyi bilinmektedir. Termo plastikler ısıtıldığında tekrar tekrar yumuşayabilir. Örnek olarak polietilen (PE) ve polivinil klorür'ü (PVC) verebiliriz. Termo-plastikler; birçok değişik ticari ürünlerde örneğin; süt kutusu, bakkal torbası ve siding olarak kullanılmaktadır (Clemans, 2002)

Plastik endüstrisinde; geleneksel olarak talk, kalsiyum karbonat, mika ve cam ya da karbon lifleri plastiğin performansını arttırmak amacıyla kullanmakta ve yaklaşık olarak yılda 2.5 milyar kg dolgu maddesi ve kuvvetlendirici kullanılmaktadır. Alışılmış dolgu maddelerine göre daha az kaba olması, liflerin yenilenebilme olanağı, daha ucuz olması ve hafif olmasına rağmen, bu endüstri, kenaf yada keten gibi doğal lifleri ya da odunu kullanma açısından isteksizdir. Birçok plastik işletmecisi odun liflerini; düşük yoğunluk, düşük ısı stabilitesi ve rutubet emme eğilimi nedeniyle görmezden gelmektedirler. Termo plastikler büyük çoğunlukla üreticilere yaklaşık 500 kg/m³ özgül ağırlıkta granül yada serbest – akışkan peletler olarak gelmektedir. Plastik üreticileri düşük yoğunluklu odun liflerinin düzgün bir şekilde nasıl ölçüleceği ve makinede ince delikler içerisine nasıl itileceği problemiyle karşılaştılar. Buna ilave olarak işleme sıcaklığı, erime noktası düşük plastikler için bile termal degradasyon olmadan odun lifleriyle birleştirmek için çok yüksektir. Ayrıca odun veya diğer doğal liflerin yüksek rutubeti de plastik endüstrisi için bir problemdir, ki onlar % 1- 2 rutubeti bile yüksek bulurlar.

Plastik üreticileri delikli ekipmanlarla birlikte işleme sırasında rutubeti yok etmek yerine odun lifleri arasında rutubetin %5-7 olmasını sağlamışlardır. Reçine kurutucuları zaman zaman kuru plastiğe ihtiyaç duymaktadır; ama bu odun parçacıkları ya da lifler için uygun olmamakta, kurutma ince odun parçacıkları için yangın tehlikesi yaratmaktadır. Plastik işletmecileri bazen odun yada diğer doğal liflerin kullanımı deneyiminde, odun hakkında bilgiden yoksun olabilmektedirler ve genellikle odun ve plastiğin birleşimine; başarısız bir teşebbüs yapmalarından ötürü kuşkuyla yaklaşmaktadırlar.

Orman ürünleri endüstrisi için; termo plastikler her ne kadar geleneksel pazarlarda yer alsada yabancı bir dünya olmuştur (Örneğin vinil siding ...gibi). Farklı piyasalardaki rekabette; orman ürünleri ve plastik endüstrisi; çok az malzemede birbirlerine rakiptirler ve tedarikçileri azdır. Onlar malzemeleri tamamen farklı ölçeklerde işlerler.

Bazı plastik endüstrilerinin perspektifi son on yılda etkileyici bir biçimde değişmiştir. Bazı OPK ürünlerinin başarısıyla odunun iyi anlaşılması, ekipman imalatçılarının gelişmesiyle, ek satıcılarla ve yeni pazarlara girme fırsatıyla, özellikle yapı uygulama sektöründe büyük ses getirmesiyle ilgi artmıştır. Orman ürünleri endüstrisi kendi perspektifini de değiştirmektedir. Onlar az bir iyileştirme ile tüketici bölümlerinde OPK'nin dayanıklılığını arttırabilirler. Bazı orman ürünleri firmaları OPK kerestelerinin imaline başlamış ve bir kısmı ise bu ürünlerin dağıtımını yapmaktadırlar. Müşterinin talebine göre yapı ürünlerinde endüstrinin deneyimine göre ürünün piyasaya sürülmesine fırsat vermişlerdir(Clemons, 2002).

2.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN TARİHİ GELİŞİMİ

OPK birkaç on yıldan beri ABD'de üretilmekle birlikte, daha evvel Avrupa'da üretilmiştir. Amerika'daki büyük gelişmeye rağmen; son zamanlara kadar ortaya çıkmamıştır(Clemons, 2002).

Odun-termosetting kompozitlerin tarihi 1900'lerden evvele dayanır. İlk ticari kompozit olan 'bakalite' formaldehit ve odun unundan meydana gelmiştir. İlk ticari kullanımının 1916 yılında Rolls Royce için vites topuzu olduğu ifade edilmektedir. Odun- termo plastik kompozitleri (OPK) ise yaklaşık birkaç on yıldan beri Amerika'da üretilmektedir ve bu endüstri son yıllarda büyük bir gelişme göstermektedir (Clemons, 2002).

1983'te Amerikan ahşap pazarında; İtalyan ekstrüzyon teknolojisinin kullanımıyla otomotiv iç kısımlarının üretimine başlamışlardır. Polypropylene yaklaşık %50 oranındaki odun unu ile birlikte düz bir yüzey içerisinde kalıptan çıkarıldıktan sonra; otomotiv panellerinin iç kısmı için çeşitli biçimlerde kalıba sokulmaktadır. Odun polimer kompozitleri için ilk önemli uygulama Amerika'da olmuştur.

1990'lardan önce ABD'de bir firma, polietilen içerisine yaklaşık %50 oranında odun unu katarak OPK üretmeye başlamıştır. Bu kompozitler; güverte tahtası, bahçe mobilyası, piknik masası, endüstriyel zemin malzemesi olarak satılmaktadır. Benzer kompozitler pencere ve kapı parça profilleri içinde frezelenmektedir. Bugün güverte piyasasında çok geniş yer almakta ve OPK marketleri ise son derece hızlı büyümektedir.

1990'lardan önce, Strandex Cemiyeti (Madison, Wisconsin) geliştirdiği patent ile; OPK'lerini kalıptan çıkarmak ya da fazla kalıba gerek duymadan direk olarak son şeklini vermek suretiyle üretmekteydi. Strandex lisans aldığı bu teknolojisini geliştirmeye devam etmektedir.

Anderson Dernekleri (Bayport, Minnesota) 1993'te Fransız kapıları için odun liflerini takviye edici PVC üretimine başlamışlardır. Odun – PVC kompoziti pencere doğrama malzemeleri daha fazla gelişime kılavuzluk etmişlerdir. Bu ürün artıkları dönüştürmek amacıyla; hem odun hem plastik işleme sürecinde Anderson'a kılavuzluk etmiştir. Bu market OPK pencereleri ve kapı profilleri için büyümeye devam etmektedir.

1996'da çeşitli Amerikan şirketleri odun ve plastik karışımından üretime başlamışlardır. Bu şirketler, birçok işletmeci için odun ve plastik birleşiminden oluşan parçacıklar sunmuşlardır; fakat onlar kendi sahip oldukları materyalle karıştırmak istememektedirler. 1990'ların ortasından beri odun polimer kompoziti endüstrisindeki

hareketlilik etkileyici bir biçimde artmaktadır. Teknoloji hızla gelişmektedir ve birçok üretici odun polimer kompoziti üretimine başlamıştır.

1991'de ilk defa uluslar arası bir konferansta, odunlifleri-plastik kompozitleri hakkında; araştırmacılar ve endüstriyel temsilcilikler ile birlikte hem plastik hem de orman ürünleri endüstrisindeki düşüncelerini paylaşmak ve odun polimer kompoziti teknolojisi hakkındaki amaçlarını ortaya koymak için Madison ve Wisconsin'de ilgililer toplanmışlardır. Benzer konferans Toronto ve Ontario' da başlamıştır; bir sonraki yıl ve yıllarda da bu organizasyonlar desteklenmiştir. Bu konferanslar 1990'lı yıllarda düzenli bir şekilde gelişmiştir ve ek konferanslar Kuzey Amerika'da ve başka yerlerde piyasa geliştikçe desteklenmiştir.

Odun polimer kompoziti endüstrisi; tüm ahşap ürünleri endüstrisinde küçük yüzdelere sahip olmasına rağmen; bazı pazarlarda önemli ölçüde tüketilmektedir.

Mevcut son ürün imalatçıları; önemli ölçüde hem plastik hem de orman ürünleri endüstrisi olmak üzere birleşmiştir. Son pazar araştırmasına göre odun polimer kompoziti pazarı yılda 320000 ton ile 2001'de 2005' de beklenenin iki katı ses getirmiştir.

Odun – dolgulu kompozitler, tek başına plastik ve oduna göre önemli özelliklere sahiptirler:

- Kolay işlem görmekte, odun gibi kolay işlenebilmektedir.
- Uygun doldurulmamış plastikten daha yüksek sertliğe sahiptir.
- Yüksek boyut stabilitesi,
- Mineral dolgu maddeleriyle karşılaştırıldığında düşük özgül ağırlık,
- Pahalı plastiklerle kombine edildiğinde fiyat avantajı,

- Kısa işleme süresi
- Çeşitli tipteki odun ve renk pigmenti ile yeni yüzeyler ve güzel görüş etkisi,
- Odun dolgusu; plastiğin devir performansını iyileştirir
- Atık odunua ekonomik bir yönden kullanım imkanı vermesi,
- Arzu edilen profil özelliklerine bağlı olarak çeşitli profiller üretilebilir (Bledzki ve Sperber, 1999).

Tipik odun lifli komponentler içerisinde; testere talaşı, odun yongası, işlem görmüş selüloz, ve yapı odunu yer almaktadır. Tipik plastik komponentlerin içerisinde ise; polypropylene, polietilen, polivinilklorid, karıştırılmış plastik, polystyrene, PET ve ABS yer alır. (Bledzki ve Sperber, 1999)

3. ODUN POLİMER KOMPOZİTLERİ

3.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

3.1.1. Lifsel Hammaddeler

3.1.1.1. Odun Dışı Lignoselülozik Esaslı Hammadde Kaynakları

Orman Ürünleri endüstrisinin önemli çalışma konularının başında gelen kompozit materyaller, odun ve odun dışı lignoselülozik materyalin inorganik veya organik bağlayıcılarla (tutkal) oluşturduğu matris yapılar olarak tanımlanabilir.

Yeterince tahrip edilmiş doğal orman kaynaklarının, orman ürünleri üretimi için daha fazla tahrip edilmesinin önlenmesi için son yıllarda dünya genelinde, hızlı yetişebilen ağaç türleri ile otsu bitkilerin orman ürünleri endüstrisinde kullanılabilirliği üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda, odun dışında birçok otsu ve tarımsal bitkilerin orman ürünleri sanayisi için uygun hatta daha yüksek kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Şahin, 2006).

Değişik lignoselülozik bitkisel materyalin kompozit ürünlerinin üretiminde alternatif olarak kullanılabilmesi öncelikle yeni hammadde kaynaklarının yetiştirilmesi, toplanması, taşınması ve depolanması için gerekli olan maliyetin, oduna göre daha ekonomik olması gerekir. Ayrıca bu kaynaklardan üretilen ürünlerin kalite ve performans özelliklerinin benzer ürünler için oduna yakın olması piyasada kabul görmesi bakımından önemlidir(Şahin, 2006).

Özellikle tropik ve yarı tropik iklim kuşağında bulunan, Güney Amerika, Afrika, Asya kıtasındaki bazı ülkelerde tarıma dayalı üretimin bol olması, tarımsal atık ve artıklardan konstrüksiyon işlerinde kullanıma uygun, ekonomik ve performans özellikleri yüksek kompozit levha ürünlerinin üretimine imkan sağlamıştır (Şahin, 2006).

Her yıl odun ve odunsu olmayan bitki lifleri büyük miktarlarda üretilmektedir. Kompozit olarak odun olmayan liflerin kullanımı ilgiyle artmaktadır. Bu liflerin çoğunluğunun ticareti dünya çapındadır ve fiyatları saptanmıştır. Fiyat alanı pamuk için ton başına 2500 dolar, saman için 35 dolardır. Lifler farklı oranlarda kimyasal bileşenlere sahiptir. Örneğin hindistan cevizi lifi % 45 oranında lignin içerirken pamuk içermemektedir. Odun olmayan bitki lifleri (hücreleri) odun liflerinin 30 katı daha geniş, odun liflerinin iki katı daha sağlam ve odun liflerinin üç katı daha serttir. Bitki liflerinin fiziksel özellikleri genellikle fiyatını yansıtmamaktadır. Bitki lifleri cam lifleri ile karşılaştırıldığında sağlamlık ve sertlik açısından daha iyidir.

Bitki lifleri büyük oranlarda dünya çapında elde edilebilmektedir. Avrupa'da kompozitler için bu liflerin kullanımıyla önemli derecede ilgilenilmekte ve teşvik edilmektedir. Bu teşvik Avrupa Birliği Genel Gıda Tarımsal Politikadan gelmekte ve gıda üretiminde değişiklik göstermektedir.

Buna rağmen bitki liflerini güçlendirme talebi için kompozitlerde perspektif belirtilmesi gerekmektedir. Avrupa'da kullanılan tüm cam lifleri direkt olarak bitki liflerinin yerine konursa her yıl yalnızca 500 bin ton lif gerekli olmaktadır. Yaklaşık 40 bin hektar yumuşak odun ormanı, 250 bin hektar buğday samanı yada 1 milyon hektar keten tohumu samanı bununla eşdeğerdir.

Odun ve pamuk için mevcut olmasına karşın; odunsu olmayan diğer bitki liflerinin yapısal özellikleri hakkında az bilgi bulunmaktadır. Burada bitki liflerinin bilinen ve bilinmeyen özellikleri (mevcudiyeti, kimyasal, anatomik ve fiziksel özellikleri) gözden geçirilecektir. Bu özelliklerin sentetik liflerle karşılaştırılabilmesi mümkün olabilecektir (Robson ve Hague,1995).

Genellikle lifler ya meyveden (pamuk ipliği, hindistan cevizi lifi, pamuk), sap (jüt, kenevir, kenaf, ramie) yada yapraktan (sisal, manila kendiri) elde edilmektedir. Tablo 3.1'de ticari olarak yetiştirilmiş liflerin bazı çok önemli kaynakları yaklaşık olarak dünyadaki yıllık üretim şekline göre listelenmiştir. Tabloda her lif kaynağı için yetiştirilme bölgesi de belirtilmiştir. Diğer belirlenen bitki lif kaynakları içerisindeki urena (*Urena labata*), heneguen (*Agave fourcroydes*), Yeni Zelanda keteni (*phormium tenax*) ve Ananas (*Ananas comosus*) bulunmaktadır.

Yaklaşık olarak dünya çapında yıllık 10 milyon ton bambu üretilmektedir. En hızlı yetiştirilebilen ve en yüksek derecede yenilenebilen doğal bir kaynak ürünüdür. Dünyada yaklaşık 75 cins ve 1250 tür mevcuttur. Bambu bu nedenle çok önemli potansiyel bir lif ürünü olmaktadır. Buna rağmen kamış diğer tüm liflerden daha kullanışlıdır.

Tablo 3.1'de birbirinden çok farklı rakamlar mevcut olup, birbirini izleyen yıllarda üretimdeki dalgalanmalardan kaynaklanmaktadır (Robson ve Hague,1995). Birçok bitki lifleri potansiyel kaynak oluşturmaktadır. Bunların içinde muz (*Musa Cavendishi*, *M. Sapiantum*), palmye familyasının üyeleri, *Asclepiadacea* ailesinin üyeleri (Örneğin; milk-weed flais) (*Calatropis procera*), *miscanthus reed* (*Miscanthus sinensis*), nettles (*Urtica sp.*) ve çalı süpürgesi yer almaktadır.

Miscanthus son derece özenle, son zamanda Avrupa'da özellikle canlı demet şeklinde elde edilmiştir. Buna rağmen ortalama hücre uzunluğunun kalıplarda kullanılanlardan oldukça kısa olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Robson ve Hague,1995).

Yıllık yetişen lignoselülozik liflerin plastikte dolgu malzemesi ya da güçlendirici olarak kullanımının; düşük yoğunluk, aşındırıcı olmama , yüksek dolgu malzemesi imkanıyla, yüksek sertlik özellikleri ve hayli sert liflerle işlem sırasında lif aşınmasının azalması sonucu gibi avantajları vardır. Bazı çevresel ve sosyo ekonomik avantajlarda göz ardı edilemez. Bunların bakteri ile bileşenlerine ayrılabilme, dünyadaki geniş çeşitlilikteki lif mevcudiyeti, kırsal işlerdeki üretim, gıda dışı tarımsal / çiftlik bazlı ekonomiyi teşvik, düşük enerji tüketimi, düşük fiyat kullanımı kapsamaktadır.

Termoplastiklerde; lignoselülozik lifler üzerindeki ön çalışmalarda; odun bazlı un ya da liflere yoğunlaştırılmıştır ve birkaç araştırmacı tarafından önemli gelişmeler sağlanmıştır. Yıllık yetişen tarımsal liflerin kullanımında örneğin; kenaf tipik odun bazlı dolgu maddesi ve liflerle mukayese edildiğinde; örneğin odun unu, odun lifi ve yenilenebilen gazete kağıdında önemli üstünlük sağlamaktadır. Uygun poypropylene ve kenafın mekanik özellikleri ticari poypropylene kompozitleriyle mukayese edilebilmektedir (Sanadi ve diğ.,1995).

Bu liflerin kullanımında en önemli engel; düşük işleme sıcaklığına izin verilmesi yüzünden lignoselülozik bozulma olasılığı yada buharlaşma emisyonu olasılığının kompozit özelliklerini etkileyebilmesidir. İşleme sıcaklığı yaklaşık 200 °C olarak sınırlandırılmasına rağmen kısa periyotlarda hayli yüksek sıcaklıklar kullanılabilir. Bu limit termoplastik tiplerinde; tarımsal liflerle birlikte örneğin; poli etilen, polypropylene, polivinil kloride ve polystyrene ticari termoplastiklerde kullanılabilir. Buna rağmen bu plastiklerin, toplam termoplastiklerin % 70 ini teşkil ettiği, plastik endüstrisi tarafından kullanıldığı ve daha sonra bu plastiklerde dolgu maddesi ve güçlendiricilerin kullanıldığı; diğer oldukça pahalı plastiklerin kullanımına göre daha önemli olduğu belirtilmiştir.

İkinci engel; doğal liflerdeki yüksek nem absorpsiyonudur. Nem absorpsiyonu sonucu oluşan liflerdeki şişme, tarımsal lif kompozitlerindeki boyutsal stabilite ile ilgili olduğu

hesaba katılmalıdır. Polimerlerin kapsül şeklinde koyulması yüzünden kompozitlerdeki liflerin nem içeriği minimize edilmiştir. Nem absorpsiyonunu, kompozit yüzeyleri üzerinde pahalı yüzey engelleri kullanılmaksızın tamamen ortadan kaldırmak zordur. Liflerde rutubetin engellenmesi gerekiyorsa; liflerin mevcut hidroksil gruplarının bazılarının asetile edilmesiyle etkileyici bir biçimde su absorpsiyonu düşebilir. Orijinal lif kaynaklarından liflerin ayrılması yüksek kalitedeki liflerin temini için önemli bir adımdır. İşlem sıcaklığının limiti termoplastikle birlikte lignoselülozik materyalin kullanımında işlem tekniklerinin saptanmasında önemlidir. Yüksek işlem sıcaklığı (> 200 °C) erime viskozitesini düşürmekte (kısa periyotlar dışında) iyi karışmayı kolaylaştırmaktadır; ve diğer yöntemler için liflerin karışmasını kolaylaştırmak ve tarımsal lif termoplastikleri için kalıplar gerekmektedir.

Diğer teknik yüksek yoğunluktaki bileşimde türbin karıştırıcının kullanımıyla kabul görmektedir (thermokinetik mikser). Bu teknik termoplastiklerde lignoselülozik liflerin dağılımında etkili bulunmuştur(Sanadi ve diğ.,1995) .

Tablo3.1: Ticari olarak önemli lif kaynakları (Robson ve Hague, 1995)

Lif Kaynakları	Dünya üretimi	Yetiştirme bölgesi
	(10 ³ ton)	
Pamuk (Gossypium sp.)	18,450	E, W
Hint Kenevir (Corchorus sp)	2, 300	W
Kenaf (Hibiscus cannabinus)	970	E, W
Keten (Linum usitatissimum)	830	UK, E, W
Sisal (Agave sisilana)	378	W
Roselle (Hibiscus sabdariffa)	250	W
Kendir (Cannabis sativa)	214	UK, E, W
Hindistan Cevizi Lifi (Cocus nucifera)	100	W
Kenevir (Boehmeria nivea)	100	W
Abaka (Musa textilis)	70	W
Sunn hemp (Crotalaria juncea)	70	W
UK: İngiltere	E: Avrupa	W: Dünya

Tarımsal lifler cam liflerinin bir bölümü ya da tamamı yerine kullanılabilir. Camla karşılaştırıldığında bitki lifleri düşük özgül ağırlık, hayli yüksek çekme kuvveti, düşük fiyat ve işleme sırasında düşük enerji sarfiyatına sahiptir.

Uygulamaların çoğunda; ligno selülozik lifler pazarlar için göz önüne alınırsa daha düşük performans, daha düşük fiyat ve yüksek üretim oranıyla talep edilmektedir. Bu lifler pazarlarda bazı tarzlarda tutulmaktadır ve yapı, askeri işler, hava taşıtı, spor ve otomotiv endüstrisi gibi imalatçıların ürünleri için özel ihtimam gerekmemektedir. Selüloz kristalitleri içerisindeki ligno selülozlar buna rağmen E-cam, asbest lifleri ya da kevlarlara göre oldukça yüksek özel çekme modülüne sahiptir. Cam ve mineral liflerle kıyaslandığında ligno selülozikler, daha az aşındırıcı, daha düşük fiyatlı ve çevresel uyumludur. Bu avantajları nedeniyle lignoselülozik lifler düşük performanslı materyallerle sınırlandırılması gerekmektedir.

Tablo 3.2’de ligno selülozik liflerin hem cam hem de karbon liflerine göre özel çekme dayanıklılığı, özgül ağırlık, fiyat ve üretim enerjisi gösterilmiştir. Ligno selülozik lifler; cam ve karbon lifleri ile karşılaştırıldığında daha düşük özgül ağırlık ve daha yüksek çekme kuvvetine sahiptir.

Cam lifleri, inorganik lifler örneğin; karbon ve boran ve sentetik polimerler örneğin; kevlar ve aramid lifleri sıvı kompozit kalıplarında güçlendirici olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojiye ligno selülozik liflerin çeşitli avantajları bulunmaktadır (Sanadi ve diğ.,1995).

Tablo 3.2: Farklı liflerin karşılaştırmalı özellikleri (Rowell, ve diğ.,1995)

Lif	Özgül ağırlık	Spesifik Çekme Dayanıklılığı	Maliyet	Enerji Üretimi
		(N/mm ²)	(\$ / ton)	(GJ /ton)
Lignoselülozik	0. 6 – 1. 2	1. 6 – 2. 95	200 – 1, 000	4
Cam	2. 6	1. 35	1, 200- 1, 800	30
Karbon	1. 8	1. 71	12, 500	130

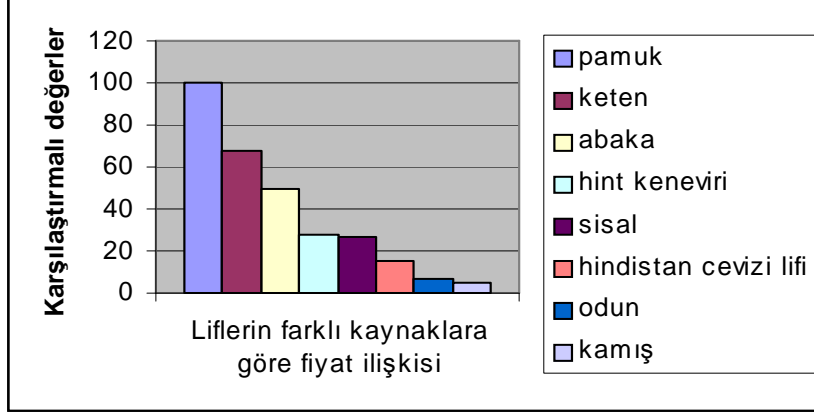
Tarımsal esaslı materyal; gıda amacıyla üretilen ve birincil prosten sonra (gıda elde etme) atık ve artık olarak kalan ürünler ile lifleri için özel olarak üretilen veya doğadan doğal olarak elde edilen bitkisel materyal olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Birinci gruptakilere Pirinç atıkları (çeltik), Tahıl samanı, Ayçiçek sapı, Şeker kamışı artığı, ikinci grup hammadde kaynaklarına ise Jüt, Kenaf ve Bambu örnek olarak

verilebilir (Şahin, 2006). Kuzey Amerika' da geleneksel kompozit paneller sert lif levha, orta yoğunluktaki lif levha (MDF) ve yonga levha özellikle odun atıklarından üretilmektedir; ve ikinci olarak yuvarlak odundan elde edilmektedir. Tarımsal lif kaynakları geleneksel kompozit üretimi ya da doğal lifli plastik kompozitleri için çekici bir alternatif oluşturmaktadır.

Her yıl pek çok ülkede çok miktarda tarımsal lif üretilmektedir. Örneğin tahıl, buğday, süpürge darısı, yulaf, arpa ve pirinç lifleri sayılabilir. Potansiyel kullanışlılıktaki bakış açısından; bu lif kaynaklarının miktarı şimdi ve yakın gelecekte odun kompozit panel endüstrisinin gereksinimine göre bir hayli çoğalacaktır. Lif tedariki şeker kamışı ya da tarımsal liflerden elde edilebilirse; atık olmayan kaynaklardan örneğin kenaf göz önünde bulundurulursa; bu lif mevcudiyeti kolayca görülebilecektir. Tarımsal liflerin kullanımıyla birçok lifin mevsimsel düzenlemeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle depolama olanakları gerekmektedir (Backiel, 1995).

Batı Avrupa'da yıllık tahıl samanı üretiminin 100 milyon tondan fazla olacağı tahmin edilmektedir. Bu miktarlardaki saman hayvan yatağı ya da yem olarak kullanılmakta ama geleneksel olarak ya pullukta toprak altında kalmakta ya da yanmaya maruz kalmaktadır.

Keten tohumu, artan miktarda Avrupa'da ve bilhassa Birleşik Devletlerde yetiştirilmektedir. Yıllık saman üretimi Birleşik Devletlerde 100 bin tonu geçmektedir. Lif özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, ketenin lif ürünü olarak tekstilde kullanılması ikinci derecededir. Samanı muntazam bir şekilde birleştirip ve yerleştirmek büyük bir problemdir. Şekil 3.1 de liflerin farklı kaynaklara göre fiyat ilişkisi gösterilmektedir.



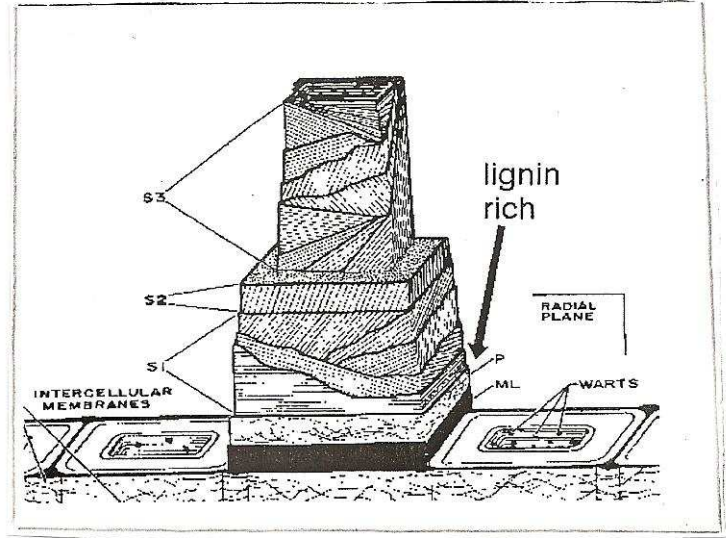
Şekil 3.1: Liflerin farklı kaynaklara göre fiyat ilişkisi (Robson ve Hague,1995)

Pamuk ve ketenin oldukça yüksek fiyatı tekstilde kendini göstermektedir. Odun ve samanın fiyatı oldukça düşüktür ama bu fiyatlar yuvarlak odun ve demet formundaki samana aittir (Robson ve Hague).

Liflerin kimyasal bileşimi Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Odun liflerinin yapısı geniş ölçüde araştırılmıştır. Odun liflerinin endüstriyel kullanımında hücre çeperinde ligninin pozisyonu çok önemlidir. Zengin lignin içeren orta lamel hem kimyasal kağıt hamuru ve hemde lif levha üretimi için önemlidir. Odun liflerinin çeper yapısı şekil 3.2’de verilmiştir.

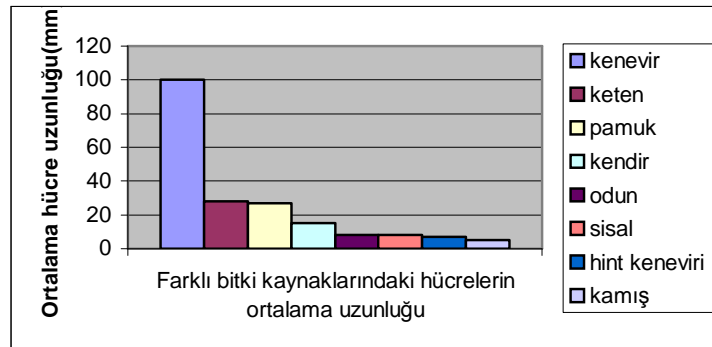
Tablo 3.3:Bitki liflerinin kimyasal bileşimi (tam kuru halde) (Robson ve Hague,1995)

Madde	Selüloz	Hemiselüloz	Lignin	Pektin
Keten	81	14	3	2
Hint Keneviri	72	13	13	<1
Kendir	74	18	4	1
Sisal	73	13	11	1
Pamuk	92	6	**	**
Kenevir	76	15	1	2
Odun	45	23	27	**
Hindistan Cevizi Lifi	43	<1	45	4
Kamış	40	28	17	8

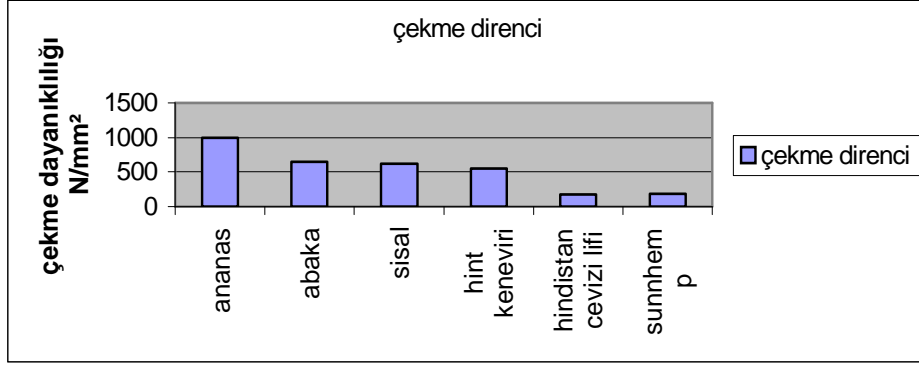


Şekil 3.2: Odun liflerinin küçük fibril yapısı, zengin lignin yüzeyinin gösterimi (Robson ve Hague, 1995)

Pamuk hariç, odunsu olmayan lifler daha düşük niteliktedir. Odun olmayan bitki liflerinin kompozitlerde etkili ve gelişmiş bir şekilde kullanımından önce bu alanda çok sayıda araştırma yapılması gerektiği belirtilmiştir. Şekil 3.3’de hücrelerin ortalama uzunluğu birçok lif kaynağı için verilmiştir. Odun için verilen (yaklaşık 3 mm) hücre uzunluğundan yumuşak odun kastedilmektedir. Tamamen (% 97 ağırlıkta) traheidi kapsamaktadır. Genellikle sert odunun ortalama hücre uzunluğu daha düşüktür. Sert odunun hücre tipi nispeten ağaç türlerine bağlı olmaktadır. Başlıca hücre tipilerinin uzunlukları ortalama olarak şöyledir: lifler (1-2 mm), trahe (0.2-1.2 mm), ve paranzim (0.2 mm).



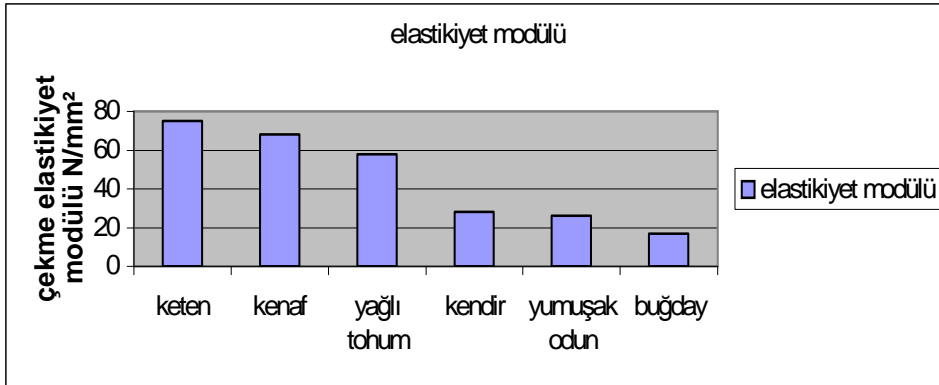
Şekil 3.3: Farklı bitki kaynaklarındaki hücrelerin ortalama uzunluğu (Robson ve Hague,1995)



Şekil 3.4: Liflerin çekme direnci (Robson ve Hague,1995)

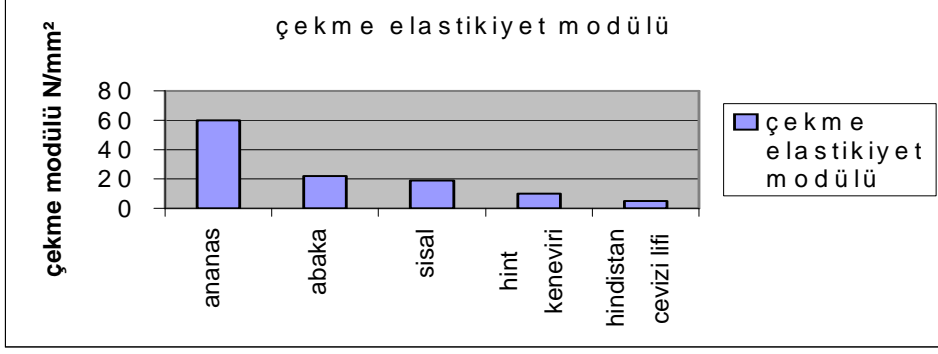
Şekil 3.4 de liflerin çekme direnci, Şekil 3.5 ve 3.6'da lif demetlerinin ve tek hücrelerinin çekme elastikiyet modülleri verilmiştir.

Genellikle, hem çekme direnci ve hem de elastikiyet modülü tek hücreler için lif demetlerinden daha yüksektir. Buna rağmen bireysel liflere ait değerler laboratuarda farklı tekniklerin kullanımıyla dikkatlice ayrılmalıdır. Hücrelerin mukavemet özelliklerinde oluşacak zarar düşünülürse endüstriyel ayırma işleminin önemi ortaya çıkar. Örneğin; endüstriyel keten hücrelerinin laboratuarda hazırlananlarında çekme direnci % 55 oranında azalma göstermiş ve çekme modülü üçte iki oranında düşmüştür. (Robson ve Hague,1995).

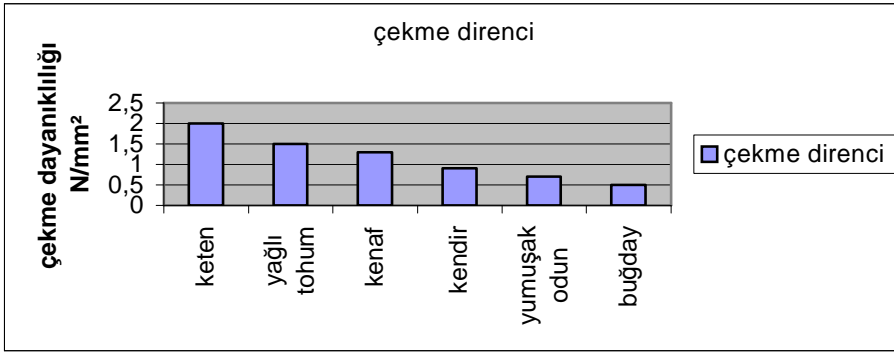


Şekil 3.5: Lif demetlerinin çekme elastikiyet modülü (Robson ve Hague,1995)

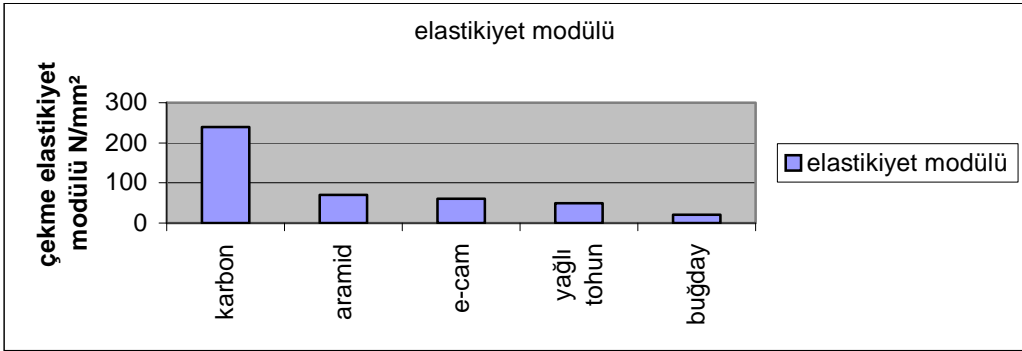
Bitki ve sentetik liflerin mukavemet özelliklerinin karşılaştırılması ilginçtir. (Şekil 3.7,3.8). Keten tohumu ve buğday samanı liflerinin çekme mukavemeti sentetik liflerden önemli ölçüde daha düşüktür. Buna rağmen keten tohumu liflerinin elastikiyet modülü özellikle aramid ve cam lifleri ile karşılaştırıldığında oldukça iyidir.



Şekil 3.6: Tek hücrelerin çekme elastikiyet modülü (Robson ve Hague,1995)



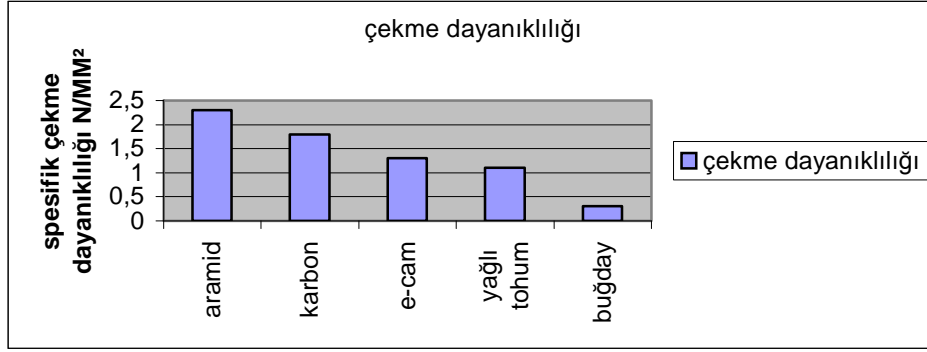
Şekil 3.7: Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı tek hücrelilerin çekme direnci(Robson ve Hague,1995)



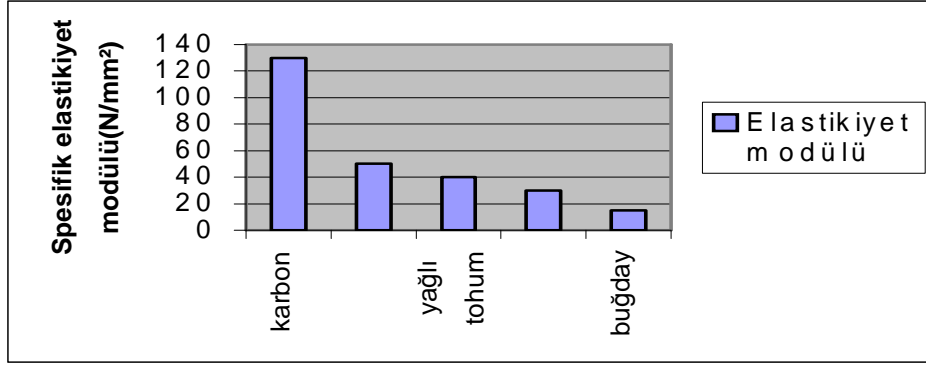
Şekil 3.8: Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı tek hücrelilerin çekme elastikiyet modülü(Robson ve Hague,1995)

Sağlamlık özellikleri özel kurallar dahilinde açıklanmıştır. Keten tohumu lifleri sağlamlık ve sertlik açısından cam lifleriyle şekil 3.9 ve 3.10 da karşılaştırılmıştır.

Sert ve sağlam bitki lifleri cam liflerinin yerine konduğunda özellikle yüksek matrslı kompozitler elde edilmiştir. Buna rağmen bitki liflerinin sağlamlık değerleri izolasyon yoluyla laboratuarda yumuşatılarak elde edilmiştir. Pratikte; izolasyon metoduyla liflerde zarar meydana gelmesinden dolayı, zayıflama olması muhtemeldir. (Robson ve Hague,1995)



Şekil 3.9 Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı liflerinin kendine özgü çekme dayanıklılığı (Robson ve Hague,1995)



Şekil 3.10: Sentetik, keten tohumu ve buğday samanı liflerinin kendine özgü elastikiyet modülü (Robson ve Hague,1995)

Endüstriyel öneme sahip bazı odun dışı lifsel kaynaklar aşağıda açıklanmıştır:

Şeker Kamışı

Selüloz bakımından zengin, kağıt ve kompozit üretimine uygun şeker kamışı lifleri, şeker kamışının birincil prosesi sonrası artık olarak bulunduğundan, bu materyalin hasat edilmesi veya özel olarak yetiştirilmesi gibi bir problem bulunmamaktadır (Şahin,2006)

Tahıl Samanı

Dünyanın birçok bölgesinde bol olarak yetiştirilen Buğday, Arpa, Çavdar, Yulaf, gibi tarımsal bitkilerin birincil prosesinden sonra (tanelerinin çıkarılması) artık olarak kalan kısımdan elde edilen tahıl samanı lignoselülozik panel üretimi için en önemli tarımsal liflerin başında gelmektedir. Dünyanın değişik bölgelerinde samandan tek başına veya odun lifleri karışım olarak kağıt ve kompozit ürünleri uzun süredir başarılı bir şekilde üretilmektedir (Şahin, 2006)

Samanın kullanımını sınırlayan problemlerin başında düşük yoğunlukta, hacimli bir malzeme olması ve yüksek miktarda silika içermesi gelmektedir. Silika proses esnasında ekipmanların aşınmasına, hacimli düşük yoğunlukta olması ise taşınması ve depolanmasını güçleştirmektedir. Ayrıca, hasat zamanı liflerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin değişmesine, heterojenliğin artmasına sebep olmaktadır. Fakat, tahıl üretiminin bol olduğu alanlarda ekonomik olarak toplanması ve taşınması sağlandığında kompozit ürünlerinin üretiminde başarılı bir şekilde kullanılmaları mümkündür. (Şahin, 2006)

Pamuk Sapı

Pamuk bitkisi, genel olarak Tekstil endüstrisi için yetiştirilen ve zaten geniş kullanım alanı bulunan bir bitkidir. Bu sebeple Orman Endüstrisi için özel olarak yetiştirilmesi çok pahalı hammaddenin elde edilmesini sağlar. Fakat hasat sonrası geri kalan pamuk sapı değişik alanlarda değerlendirilebilir. (Şahin,2006)

Jüt (Hint Keneviri)

Corchorus familyasından yıllık bir bitki olan jüt, esas olarak Hindistan, Bangladeş, Pakistan gibi ılıman ve nemli alanlarda doğal yayılış göstermektedir.

Jüt, birbirinden farklı kimyasal ve fiziksel özellik gösteren odunsu bir öze (%50-60) ve bunu saran yumuşak lifsel tabakadan oluşmaktadır. Genel olarak yumuşak tabakadan elde edilen lifler uzun ve lif levha üretimine daha uygun olmakla birlikte bu iki kısım ayrılarak veya ayrılmadan bir bütün olarak kağıt ve kompozit üretimi için kullanılabilceği belirtilmektedir. (Şahin, 2006)

Kenaf

Kompozit levha ve kağıt üretiminde alternatif hammadde kaynağı olarak son yıllarda üzerine en çok çalışılan bitkilerden olan kenaf, Hibiscus familyasından yıllık bir bitkidir. Genel lifsel özellikleri itibari ile Jüt ve Kenevire benzerlik göstermektedir. Kenaf ta jüt gibi, odunsu orta tabaka (öz) ve bunu çepeçevre saran yumuşak lif tabakasından oluşmaktadır. Odunsu gövdeyi saran dış kısımdaki yumuşak lifsel tabaka tüm bitkinin yaklaşık % 20-25 ini oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilere göre, kenaf bitkisinden, bütün olarak kullanılması sonucu kaliteli ürünler elde edilebileceği gibi, gövde ve odunsu öz kısmı ayrılarak da kağıt ve kompozit üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabilceği ortaya konmuştur. (Şahin, 2006)

3.1.1.2. Odun

Odunu meydana getiren temel kimyasal bileşenler üç ana grupta incelenir:

Selüloz; beyaz renkte güneş ışığı etkisi ile rengini değiştirmeyen oduna esneklik ve eğilme kabiliyeti veren maddedir. Odun içindeki oranı kuru odun ağırlığının %50-60'ı kadardır. Kağıt üretiminin temel maddesidir.

Lignin; selüloz yapısının miselleri arasına yerleşmiş olan lignin maddesi selülozun aksine esneklik kabiliyeti olmayan gevrek bir maddedir, ve ağaca sertliğini kazandırır. Lignin ağaçların otsu bitkilerden ayrılmasını sağlayan madde olup ağacın yapısındaki lignin miktarı % 14-23 oranındadır.

Hemiselüloz; kimyasal bileşikleri itibarıyla polisakkaritlerden olan hemiselülozlar hidrolize edildikleri zaman şekere dönüşürler. Ağaç içerisinde % 15-25 oranında bulunurlar.

Odunsu hücreler yaptıkları göreve ve türlerine göre farklı yapı gösterirler. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının destek, iletim ve depolama görevi yapan elemanları vardır. Hücrelerin bu farklı özelliklerinden dolayı bazı türler bazı kullanım yerlerinde daha üstün tutulurlar. Örneğin, uzun lifli türler lif levha ve kağıt yapımı için daha uygundur. Yapraklı ağaç odunları anatomik yapı bakımından, iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha karmaşık bir yapı gösterirler (Akbulut,2001). Tablo 3.4 te iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının hücre tipleri ve oranları gösterilmektedir.

Tablo 3.4: İğne yapraklı ve Yapraklı Ağaç odunlarının Hücre Tipleri ve Oranları (Akbulut,2001)

İğne Yapraklı Ağaçlar		Yapraklı Ağaçlar	
Hücre Tipi	Hücre Oranı (%)	Hücre Tipi	Hücre Oranı (%)
Traheidler	90-95	Lifler	15-60
Paranşimler	4-10	Traheler	20-60
Reçine Kanalları	0-1	Özışınları	5-30
		Boyuna Paranşimler	0-15

Tablo 3.4 de görüldüğü gibi iğne yapraklı ağaçlar büyük oranda traheidlerden oluşmakta, odunun yapısına %4-10 oranında paranşim hücreleriyle çok az oranda da reçine kanalları katılmaktadır. Yapraklı ağaç odunları ise genellikle lifler ve trahelerden oluşmakta, türlere göre buna paranşim hücreleri çok az veya çok fazla miktarda katılmaktadır. Yine türlere göre özışınlarının oranı % 30'a kadar çıkmaktadır. Traheler genişlikleri çok fazla buna karşılık boyları kısa olan hücrelerdir. Traheidler lümenleri dar, bilhassa ilkbahar odunlarında çeperleri ince, boyları uzun hücrelerdir. İğne yapraklı ağaç odunlarının %90-96 sı traheidlerden meydana gelmiştir. Bazı iğne yapraklı ağaç odunlarının maserasyon yapılan hücreleri arasında özışını traheidleri vardır. Bunlar mikroskopta küçük büyültme altında paranşim hücrelerine benzerler. Ancak hem çekirdekleri düzensizdir hem de traheidlere benzer geçitleri vardır. Yapraklı ağaçlarda hücreler şekil ve büyüklük bakımından çok büyük farklılık gösterirler. Hücrelerin çoğunluğu ince, uzun, uçları kapalı ve sivridir. Genel görünüm olarak iğne yapraklı ağaçların traheidlerine benzerler ise de onlardan çok daha kısırdırlar. Bu hücrelere libriform hücreleri denir. Türlerle göre ince ve kalın çeperli olabilirler. Maserasyon maddeleri içinde yine tuğlaya benzeyen paranşim hücreleri vardır. Bazıları uçları açık olan trahelenden daha kısa olup şekil ve büyüklük bakımından farklıdırlar. Bazıları uzun ve dar, bazıları kısa ve geniş bazılarının ise genişliği uzunluğundan daha fazladır(Akbulut,2001).

Atık odun ise örneğin; zarar görmüş odun, eski odun parçacıkları ve gemi konteynırları ve atık odun yapı mahalinden yararlı ürünlere dönüştürülebilir. Örneğin; yapı materyali

yapmak; atık odun ve liften ürün için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ev yapımından başka tamir ve yeniden şekil verilmesi de ev için göz önünde bulundurulmalıdır. Ahşap yapı ürünlerinin çeşitliliği maksadıyla örneğin; yapı kerestesi, tornacılık, kapı ve pencere için büyük miktarlarda yatırım yapılmıştır. Halen neredeyse tüm ahşap ürünler ham keresteden üretilmektedir.

Artan rekabet, talep çeşitliliği; ham kerestelerin kullanımı orman ekosistemine alternatif oluşturmakta, müşterilerle imalatçılar için oldukça cazip hale gelmektedir. İşlem görmüş odun bazlı atığın kullanımı yapı ürünleri için ormanı muhafaza etme açısından önemli bir fırsattır.

Pazarda varılan sonuca göre; örneğin atık odun ekonomik fırsat yaratmakta ve tanzim problemini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Genellikle masif atık sınıfına eğilim görülmektedir. Yapı ürünlerinin yaklaşı % 5'i geri kazanılmaktadır. İşlem görmüş odunların yeni ürünlere dönüştürülmesi büyük bir potansiyel oluşturmaktadır (Backiel,1995).

3.1.1.3. Atık Kağıt

Kağıt endüstrisinin bir parçası olan dönüşüm sonucunda atık kağıtlarda işlem görmüş kağıt ürünlerine dönüşümde iyileşme amacına ulaşmak tasarlanmıştır. Şimdiki durumda atık kağıt %40 oranında geri kazanılmaktadır. Kullanım oranı ise % 32 dir. Buna rağmen yıllık 100 milyon ton kağıt ve kağıt karton kullanımı sözkonusudur. Kağıt endüstrisinde atık kağıdın kullanım miktarı artmıştır. Ayrıca, birçok kağıt ürünü % 100 atık kağıtla üretilmez. Bu yüzden bir başka pazar için atık kağıtlar kullanılabilir. Kompozit ürünler bu pazarı oluşturmanın yanısıra birçok fayda da sağlamaktadır.

Kompozit imalatındaki ekonomi küçük- ölçekli işlemler için; kağıt endüstrisinden oldukça uygundur. Kompozitler her türlü atık kağıttan yapılabilir (kil, mürekkep, yapıştırıcılar vs. kapsamaktadır)(Backiel,1995).

3.1.2. Plastik Hammaddeler

Plastikler genel olarak %50 ve %80 oranında odun- lifli plastik kompozitleri içinde yer almakta ve bu kompozitlerin işlenme özellikleri iyileşmektedir. Kompozitlerin fiyatları kullanılan plastikte yakından ilgilidir. Atık kağıt ve diğer liflerden üretilen kompozitlerde; eşitliğin plastik yanı için daha az dikkat gerekmektedir. Bu tipteki kompozitlerle ticari başarı elde edilmiş olup, makul fiyattaki termo plastiklere ulaşılabilir. Bu kompozitlerin üretiminde kullanılmış polietilen ya da polpropylene kullanılma olanağı vardır (Killough, 1995).

Termoset ve termoplastik olmak üzere iki genel tip plastik bulunmaktadır. Termoset plastikler genellikle nihai sertleştiklerinde erimez ve çözülmezler, bu nedenle genellikle fazla kullanılmazlar. En önemli termoset plastikleri; epoksi reçinesi, fenolik reçine ve izosiyanatır. Bu plastikler pazarlarda tipik olarak elektrik izolasyon malzemesi ve yapıştırıcı olarak bulunmaktadır. Termoplastik reçineler ise ısı ile tekrar yumuşatılabilir. Bu nedenle termoplastik reçineleri genel olarak kullanılmaktadır. Bu reçineler pazarlarda tipik olarak, şişe, ev eşyası, barınak uygulamaları ve yiyecek ambalajı olarak kullanılmaktadır (Killough, 1995).

3.1.2.1. Polistiren (PS)

Polystyrene styrenic familyasından biridir. (Bu familya içerisinde diğer iki plastik ABS- acrylonitrile bütadiene styrene ve SAN- styrene acrylonitriledir) ve bu familyanın tümü açık hava performansı bakımından zayıflık göstermektedir. Temel PS gevrek, sert ve şeffaftır. Kolay işlem görür, (daralma düşüktür), düşük fiyatlıdır; kokusu ve tadı belirgindir. Yüksek etki katmanı (PS- HI) PS'nin değişik katmanları lastik olup, buradaki plastik maddeler temel polimerler içerisinde ortaya çıkmakta, kırılmadan önce deformasyonu ve etki direncini iyileştirmektedir (www.tangram.co.uk)

Polistiren, monomer haldeki stiren'den polimerizasyon ile üretilen bir polimerdir. Petrolden elde edilir. Plastik endüstrisinde daha çok *PS* kısaltması ile kullanılır. Oda sıcaklığında, polistiren katı halde bir termoplastiktir, fakat enjeksiyon veya ekstrüzyon yolu ile işlenirken yüksek sıcaklıklarda eriyik hale getirilir. Daha sonra soğutulmuş olarak tekrar katılaştırılması sağlanır. UV ışınlarına iyi direnç gösterir, iyi darbe ve gerilme

direnci, düşük fiyat ve işleme kolaylığı vardır. Asit alkali ve tuzlara karşı da üstün bir direnç gösterir.

İzolasyon malzemesi olarak, ince cidarlı kaplarda, soğutma kulelerinde, boru köpük, kauçuk, çeşitli aletler, otomobil parçaları, paneller ve elektronik aletlerin plastik aksamlarında yaygın olarak kullanılır. Tek kullanımlık bardak, tabak, yoğurt kapları, ayran kaplarında sıklıkla kullanılır. Genetik ve moleküler biyolojinin en temel uygulamalarından biri olan hücre kültürlerinde kullanılan kapların yapısında bulunur.

Bazen PS, kristal PS anlamına gelmektedir. Perdahlanmış ürünler belirgin olmakta ve moleküler strüktür kristal içermemektedir. (Polyolefins'in çoğu PP ve diğerleridir.) Kristal strüktürün olmaması PS'nin birçok iyi özelliğinin olmasını sağlamaktadır. Örneğin; örneklerin açıklığı, işleme giriş için düşük enerji gereksinimi (kristal olmayınca erir) ve düşük daralmayla birlikte işlem hafiflemektedir.

Polystyrenin genel kullanım amacı; çeşitli katmanların elde edilebilmesidir. PS kolay dönüştürülebilir ve buradaki dönüşüm PS'nin dönüşümü ile ilgilidir.

PS- HI (HIPS eski terminoloji) katmanı plastik komponentleri kapsamakta ve zincirler içerisinde farklı plastik maddelerin kullanımıyla ürünler geniş alandaki özellikleriyle birlikte üretilebilir.

PS'nin başlıca uygulamaları EPS üretiminde ya da polystyrenin esnemesiyle köpüklü plastik geniş ambalaj malzemeleri üretiminde kullanılmasıdır.

Polystyrenin düşük fiyat, kolay işlenebilme, düşük daralma, saydam ve geniş renk mevcudiyeti, iyi kimyasal direnç özelliği gibi avantajlarına karşılık, 70 °C'nin üzerindeki mekanik özelliklerin düşük olması, oda sıcaklığında gevrek olması, dış kullanımlarda UV den dolayı hızlı bozulma gibi dezavantajları vardır.

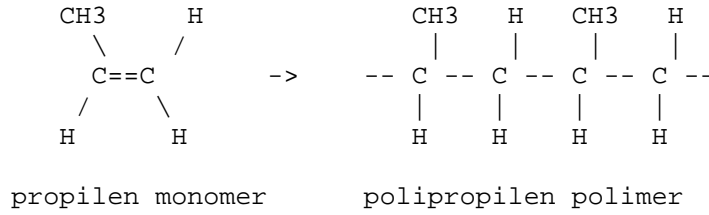
İşleme metotlarında enjeksiyon kalıbı, ekstrüzyon, enjeksiyon akış kalıbı, döndürmeli kalıp, thermoforming, bükme ve birleştirme, PS ve PS-HI'nin her ikisinde de uygulanabilir.

Enjeksiyon kalıbında; antistatik biçimlendirmeler için ya da yüksek saydamlık ve yüzeysel görünüm yerlerde 80 °C’de 1-3 saat ön kurutma operasyonu gerekmektedir.

Styrene tipi düşük erime indeksiyle birlikte yüksek vicat yumuşama noktası ekstrüzyon için uygundur. Bu materyaller higroskopik değildir ve kurutma gerekmez (www.tangram.co.uk).

3.1.2.2. Polypropylene (PP)

Polipropilen, otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve yiyecek paketlemesine kadar çok geniş kullanım alanı olan termoplastik bir polimerdir. Monomer propilenin polimer hale getirilmesi ile elde edilen polipropilen kimyasal solventlere (asit ve bazlar) karşı aşırı derecede dirençlidir.



En yaygın ticari polipropilenin, kristal yapısı düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) arasında bir seviyeye sahiptir. Young modülü (elastiklik modülü) de orta seviyededir. Bununla beraber, LDPE’ den daha az sert ve HDPE ‘den çok daha az gevrektiler. Bu polipropilenin ABS gibi mühendislik plastiklerinin yerine kullanılmasına izin verir.

Polipropilen, yorulmaya karşı çok iyi direnç gösterir. Düşük maliyetlidir, iyi bir darbe dayanımı vardır. Sürtünme katsayısı düşük olup, çok iyi elektrik yalıtımı sağlar. Kimyasal direnci iyidir. Tüm termoplastik işleme proseslerine uygundur. Polipropilenin, erime sıcaklığı 160 santigrat derece civarındadır.

Buna karşın şu dezavantajlara sahiptir. UV ışını dayanımı azdır, yüksek termal genişleme gösterir. Boya ve kaplaması zordur. Dış hava şartlarına dayanımı azdır, oksitlenmeye açıktır. Yanıcı olup, klor içeren solventler ile etkileşime girer.

İyi mekanik özellikler ve düşük fiyatla, birçok uygulamada seçilen ilk materyal olmakta ve bazı durumlarda diğer polimerlerin yerini almaktadır.

Polypropylene oldukça düşük yüzey enerjili olmakta ve nemli yüzeylerden dolayı yapışma, birleştirme ve kaplama güç olmaktadır. PP, kristal polimerler şeklindedir; ve işlemiden sonra kalıptan çıkarıldıktan bir zaman sonra önemli boyutsal değişiklikler meydana gelebilir. PP, yarı sert, şeffaf polimerlerle birlikte iyi dayanıklılık ve hava şartlarına dirençli olma özelliklerine sahiptir (www.tangram.co.uk).

Homopolimerlerin erime noktası 155-160 °C ve blok kopolimerlerin ise 160-165 °C'dir. Şayet PP kısımları mekanik basınca maruz kalmadığında kullanım sıcaklık limiti 110 °C'dir.

Kimyasal direnci polietilenle benzerdir (birçok inorganik, asit, alkalik ve tuzlara direnci) fakat polietilenden daha pahalıdır. Oldukça iyi yorulma direncine sahiptir. -17 °C'nin altında gevrek özellik gösterir. Mükemmel dielektrik özelliklidir. Kullanım sıcaklığı 90-120 °C'nin altındadır. Polietilenden oldukça serttir. Çünkü yüksek erime sıcaklığı korunmuştur. Düşük yoğunluğa sahiptir. Kağıt, tabaka ve enjeksiyon kalıpla elde edilebilir.

Enjeksiyon kalıbı, ekstrüzyon, ekstrüzyon akış kalıbı, döndürme kalıbı, thermoforming, döküm uygulanabilir. Bükme ve birleştirme de uygulanabilir ama ön işlem görmeden birleştirmek zordur. PP, çeşitli yöntemlerle üretilme özelliğine sahiptir. Enjeksiyon kalıbında materyal sıcaklığı 180-300 °C arasındadır. Kalıp sıcaklığı 20-60 °C arasındadır. Ekstrüzyon sıcaklığı 240 ve 270 °C arasındadır ve en iyi kısa vida ile kullanılabilir (www.tangram.co.uk).

3.1.2.3. Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

ABS (Acrylonitrile- butadiene- styrene termpolimerler) styrene familyasının polimer üyelerindedir ve birçok özelliği PS tipi polimerle paylaşmaktadır. Genel ABS materyalinin gerçek özellikleri üç önemli bileşenin karışım oranına bağlı olmaktadır. Acrylonitrile, butadiene ve styrene'dir (www.tangram.co.uk).

İyi leke direncine sahiptir. Havaya karşı zayıf direnç gösterir. Düşük sıcaklıklarda iyi etki direnci gösterir. İşlenmeden evvel kurutulması gerekmektedir. Düşük su absorpsiyonuna sahiptir. Zayıf ısı direnci gösterir. Geniş renk alanı mevcuttur. İyi

sürtünme ve aşınma direncine sahiptir. Kolay çizilebilir. ABS amorf materyaldir ve çabucak eriyen kristal materyallerine göre daha geniş alanda yumuşar.

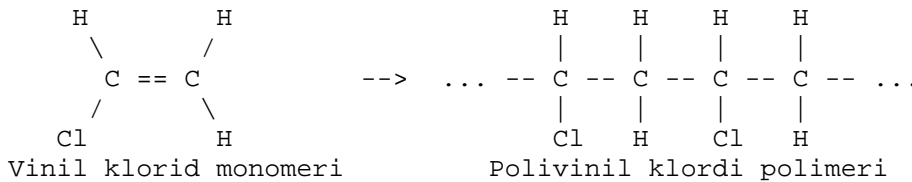
Enjeksiyon kalıbı, ekstrüzyon, dödürme kalıbı, termoforming, döküm, bükme ve birleştirme uygulanabilir ama ekstrüzyon akış kalıbı ve enjeksiyon akış kalıbı uygulanamaz. Enjeksiyon kalıbında kalıp sıcaklığı 30-80 °C arasındadır ve hayli yüksektir. Ekstrüzyonda vidanın kromla kaplanması gerekmektedir. Basınç oranı 2:1'den 2.5:1'e artması gerekmektedir. Özel ABS vidanın olmaması durumunda, düşük-basınçlı PVC ya da geniş dişli PS vida kullanılabilir (www.tangram.co.uk).

3.1.2.4. Polivinil klorür (PVC)

Polivinil klorür, (genelde kısaltılmış olarak **PVC** diye kullanılır) oldukça geniş kullanım alanı olan bir plastik. Kimyasal endüstrisinde en değerli ürünlerden biridir. Dünyada PVC'nin % 50'den fazlası yapı sektöründe kullanılır. Bina malzemesi olarak, PVC ucuz ve kolay monte edilebilirdir. Son yıllarda, PVC geleneksel yapı malzemeleri olan ağşap, beton ve kilin birçok alanda yerini almıştır. İdeal yapı malzemesi olmasına rağmen, çevre ve insan sağlığı için PVC hakkında kaygılar vardır.

PVC'nin kullanım alanları arasında, kapı ve pençere profilleri, vinil cephe kaplaması, boru ve tesisat malzemeleri , elektrik kabloları, döşeme, hobi malzemeleri sayılabilir. Esnek ve ucuz olması nedeni ile malzeme su ve atık su endüstrisinde boru hatları için çok yaygın olarak kullanılır.

Polivinil klorür, monomer haldeki vinil kloridin polimerizasyonu ile üretilir. PVC sert bir plastik olup, daha yumuşak ve daha esnek hale getirmek için plastikleştiriciler ilave edilir.



Polivinil klorür 19. yüzyılda iki farklı halde , 1835'te Henri Victor Regnault ve 1872'de Eugen Baumann tarafından kaza eseri keşfedilmiştir. 20. yüzyılın başlarında, Rus kimyacı Ivan Ostromislensky ve Fritz Klatte Alman kimya şirketi Griesheim-Elektron

ile PVC'yi ticari ürünlerde denemiştir, fakat katı halde işlem görme zorlukları ve polimerin gevrekliği çabaları durdurmuştur.

1926'da, B.F. Goodrich şirketinden Waldo Semon PVC'yi farklı katkı maddeleri ile karıştırıp, plastikleştirme metodu geliştirmiştir. Bu sonuç, daha esnek ve daha kolay işlenebilir malzemeyi vermiş ve ticari alandaki yaygın kullanım bundan yakın bir zaman sonra başarılmıştır.

PVC çok yönlü, büyük polimerlerden birisidir. Ya sert ya da yumuşak formun (plastik) her ikisinde pazarlarda nadir güvenilen materyal olarak yer almaktadır. Bu materyal şeffaf ya da renkli biçimlerde elde edilebilir ve iyi mekanik özellikleriyle beraber dayanıklı aleve karşı dirençlidir (www.tangram.co.uk).

PVC amorf, polar termoplastiktir. Özellikleri ortalama polimerizasyon derecesine, üretim yöntemine ve plastik içeriğine bağlı olmaktadır. Sert PVC katıdır. Sert materyaldir. Çekme yükü altındayken, yüksek çekme dayanıklılığına ulaşılır. Plastik durumu devam ederken, plastik kırılana kadar çekme basıncı ihmal edilebilir seviyededir. Plastik PVC'de mekanik özellikler başlıca, eklenen plastiğin tip ve kalitesine göre belirlenir.

Enjeksiyon kalıbı, ekstrüzyon, ekstrüzyon akış kalıbı, döndürme kalıbı, termoforming, bükme ve birleştirme uygulanabilir. Döküm uygulanamaz. Enjeksiyon kalıbı yönteminde sert PVC' de termal stabilite için PVC nin işlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde materyal işlem sırasında bozulabilir. Materyal sıcaklığı tipe bağlı olarak 150-210 °C arasında olması gerekmektedir. Kalıp sıcaklığı için 20-60 °C uygundur. Enjeksiyon basıncı sert PVC için 800-1600 bar'dır. Daralma sert PVC için % 0.2-0.5'dir.

Plastik PVC için, kalıp sıcaklığı 20-60 derece uygundur. Enjeksiyon basıncı 600-1000bar olup, geri basınç 50-100 bar'dır. Plastik PVC için daralma % 1-2.5 'tur. Ekstrüzyon da PVC-E yada PVC-S materyali özellikle plastik PVC'nin olması durumunda oldukça uygundur (www.tangram.co.uk).

3.1.2.5. Polietilen (PE)

Polietilen, çok çeşitli ürünlerde kullanılan bir termoplastiktir. İsmi monomer haldeki etilenden alır, etilen kullanılarak polietilen üretilir. Plastik endüstrisinde genelde ismi kısaca PE olarak kullanılır. Etilen molekülü C_2H_4 , aslında çift bağ ile bağlanmış iki CH_2 'den oluşur. $(CH_2=CH_2)$ Polietilenin üretim şekli, etilenin polimerizasyonu ile olur. Polimerizasyon metodu, radikal polimerizasyon, anyonik polimerizasyon, iyon koordinasyon polimerizasyonu ve katyonik polimerizasyon metodları ile olabilir. Bu metodların her biri farklı tipte polietilen üretimi sağlar.

Polietilen yoğunluk ve kimyasal özellikleri baz alınarak çeşitli kategorilerde sınıflandırılır. Mekanik özellikleri, moleküler ağırlığı, kristal yapısı ve dallanma tipine bağlıdır.

- UHMWPE (ultra yüksek moleküler ağırlıklı PE) (ultra high molecular weight PE)
- HDPE (yüksek yoğunluklu PE) (high density PE)
- HDXLPE (yüksek yoğunluklu çapraz bağlı PE) (high density cross-linked PE)
- PEX (çapraz bağlı PE) (cross-linked PE)
- MDPE (orta yoğunluklu PE) (medium density PE)
- LDPE (düşük yoğunluklu PE) (low density PE)
- LLDPE (lineer bağlı düşük yoğunluklu PE) (linear low density PE)
- VLDPE (çok düşük yoğunluklu PE) (very low density PE)

Özellikleri tiplere göre değişiklik gösterebilir; dış ortam koşulları ve neme karşı iyi direnç, esneklik, zayıf mekaniksel kuvvet ve üstün kimyasal direnç genel özellikleri olarak sayılabilir. Kaplar, kutular, mutfak eşyaları, kaplamalar, boru ve tüp, oyuncak, kablolarda yalıtkan tabakalar, paketleme ve ambalaj filmi gibi çok yaygın bir kullanım alanı olup. Düşük maliyetlidir.

3.1.2.6. Polietilen Tereftalat (PET)

Polietilen tereftalat, (PET, PETE, PETP) polyester ailesine ait termoplastik bir malzemedir. Meşrubat, yiyecek ve içecek kapları, sentetik fiber gibi kullanım alanları vardır. Isıl işlenmesine bağlı olarak, amorftir (şeffaf) ve yarı-kristal (opak ve beyaz) malzeme olarak mevcuttur. En önemli kullanım avantajı, tamamen geri dönüşebilir olmasıdır. Diğer plastiklerden farklı olarak, polimer zincirleri, sonraki kullanımlar içinde eski halini almış durumdadır.

PET kalınlığına bağılı olarak yarı-rijit (yarı-katı) ve rijit (katı) olabilir. Çok hafiftir. İyi bir gaz ve nem bariyeri olarak kullanılır. Serttir ve darbeye karşı dayanıklıdır. Doğal olarak renksiz ve şeffaftır.

İnce film olarak üretildiğinde, PET sıklıkla alüminyum ile kaplanır ; yansıtıcı ve opak bir hale gelir. PET şişeler, mükemmel bariyer malzemesi olup, özellikle meşrubatlar için çok yaygın kullanım alanı vardır.

Fiber veya cam partikül dolgulu olduğunda, kayda değer bir şekilde sert ve daha uzun ömürlü bir hal alır. PET, 1941 yılında Calico Printer's Ortaklığı tarafından Manchester'da patentlenmiştir. PET şişe ise 1973 yılında patentlenmiştir.

3.1.2.7. Polikarbonat

Polikarbonatlar, termoplastiklerin özel bir grubudur. İşlenmesi, kalıplanması, ısıl olarak şekillendirilmesi kolaydır, bu tip plastikler modern imalat sektöründe çok geniş kullanım alanı olan plastiklerdir. Polikarbonatlar olarak isimlendirilmişlerdir, çünkü uzun moleküler zincirleri içinde karbonat grupları (-O-CO-O-) tarafından bağlanmış fonksiyonel gruplara sahiptirler.

En yaygın polikarbonat plastik tipi, Bisphenol A grupları ile bağlanmış karbonat gruplarının oluşturduğu polimer zincirlere sahip olanıdır. Bu tip polikarbonat çok dayanıklı bir malzemedir, kurşun geçirmez cam yapımında kullanılır. Polikarbonatların karakteristikleri polimetil metakrilat'a (*PMMA* ; *akrilik*) oldukça benzer, fakat polikarbonat daha güçlü ve daha pahalıdır. Ayrıca bu polimer oldukça şeffaf ve ışığı geçiren bir yapıdadır. Bir çok cam türünden daha iyi ışık geçirgenlik karakteristiğine sahiptir. CR-39 özel bir polikarbonat malzeme olup iyi optik ve mekanik özelliklere sahiptir ve sıklıkla gözlük camı yapımında kullanılır.

Başlıca özellikleri; Yoğunluk, 1.20 g/cm³ Kullanım sıcaklık aralığı, -100°C den +135°C'ye Erime sıcaklığı, 250°C civarı Kırılma indeksi, 1.585 ± 0.001 Işık geçirgenlik indeksi, 90% ± 1% UV ışınlarına karşı dayanım, zayıftır.

Polikarbonat, endüstri ve laboratuvarlarda olduğu kadar ev eşyalarında da yaygın kullanılır. Koruma amaçlı parçaların yapımında kullanılır (Bankalar ve bazı binalarda kırılmayan veya ışığı yansıtan pencereler gibi). Polikarbonatdan yapılan diğer ürünler arasında gözlük ve güneş gözlüğü camları, CD (kompakt disk), otomobil far camları sayılabilir. Ayrıca iki ya da daha fazla cidarlı (multicell) gözenekli levhalar halinde imal

edilen polikarbonat, her türlü açıklıkların kapatılmasında kullanılabilen bir çatı kaplama malzemesidir. İyi ısı izolasyon özelliği nedeniyle seralarda cam ve naylona alternatif olarak kullanılmaktadır

3.1.2.8. Polyester

Polyester, polimerlerin bir kategorisi veya daha özel olarak ana bağları içinde ester fonksiyonel grupları içeren yoğuşma polimerleridir. Polyesterler doğada bulunmasına karşın, polyester genel olarak tüm polietilen tereftalat ve polikarbonat içeren sentetik polyesterlere ait geniş bir aileyi belirtir. PET, termoplastik polyesterlerin en önemlilerinden biridir.

İlk sentetik polyester olan gliserin ftalat su geçirmezlik özelliği elde etmek için 1. Dünya Savaşı'nda kullanılmıştır. Doğal polyesterler 1830'lu yıllardan beri bilinmektedir. Polyester kelimesinin yaygın kullanımı polyester liften gelen kumaşı belirtir. Polyester giysiler, doğal liflerle karşılaştırıldığında, daha az doğal hissedilir. Polyester lifler sıklıkla pamuk lifleri ile beraber , daha iyi özelliklere sahip giysiler üretmekte kullanılır.

Uygulamaları

Kumaş üretimi için lifler (ve mikrolifler)

Şişeler

Film şeritler

Fotoğraf filmleri

Yaygın olarak kullanılan camla güçlendirilmiş (fiberglas) kompozit malzeme ve diğer kompozit malzemeler

LCD (likit kristal ekran)

Hologramlar

Filtreler

Sığaclar için dielektrik film ve teller için yalıtım filmi ve yalıtım bandı

Halı

Likit kristal polyesterler, endüstride kullanılan likit kristal polimerlerdir. Genelde oldukça iyi mekanik özelliklere ve ekstra ısı direncine sahiptirler. Bunun için, jet motorlarında aşınma contası olarak kullanılırlar.

Termoset polyester reçineler genellikle döküm malzemeleri olarak kullanılırlar, fiberglas kaplanmış reçineler ve metalik olmayan oto gövde dolguları gibi. Bir çok

uygulamada, polimerizasyon ve çapraz bağlar, metil etil keton peroksit veya benzol peroksit gibi organik peroksit içeren ısıveren (ekzotermik) tepkime başlatırlar.

3.1.2.9. Termoplastiklerin Tedariki ve Fiyatları

Büyük miktarlarda ticari termoplastik reçine kullanılmaktadır. En son 1993 yılındaki istatistiklere göre; yalnızca Amerika'da yaklaşık olarak 25,6851 milyon ton termoplastik satılmıştır. En önemli pazarlara göre analiz Tablo 3.3'de gösterilmiştir. Büyük oranda satılan iki termoplastik reçinesi, HDPE ve polypropylen olup, termoplastik reçine pazarında yaklaşık % 35 ya da 8,8335 milyon ton satıldığı belirlenmiştir. Bu reçinelerin satış analizi bazı önemli pazar kategorilerine göre Tablo 3.5 de gösterilmiştir.

Tablo 3.5: 1993 yılında Amerika'da termoplastik satışı dağılımı (Killough, 1995)

Başlıca Pazarlar	Miktar	Toplam Pazar Yüzdesi
	(Milyon lb.)	(%)
Taşımacılık	2, 603	4.6
Ambalaj	19, 489	34. 3
Yapı ve İnşaat	8, 256	14. 6
Elektrik ve Elektronik	2, 747	4. 8
Mobilya	2, 612	4. 6
Tüketici	5 , 664	10. 0
Endüstri ve Makine	577	1. 0
Yapıştırıcı, Mürekkep ve Kaplama	1, 404	2. 5
Tüm Diğerleri	6, 964	12. 3
İhracat	6, 419	11. 3
Toplam	56, 735	100

Bunlara kısaca değinmeden önce; bu tip kompozitlerin ticari başarısı büyük oranlardaki odun liflerinin işlem görmesi ya da kullanımı, büyük ses getiren metotlarının geliştirilmesinden kaynaklanmaktadır.. Bu ses getiren uygulamaların geliştirilmesinde kompozitler için makul fiyatlı HDPE ve polypropylenin hazır tedariki gerekmektedir.

Çeşitli kullanım yerlerine göre 1993 yılındaki polypropylene ve HDPE satışı Tablo 3.6'da verilmiş bulunmaktadır.

Tablo 3.6: Çeşitli kullanım yerlerine göre 1993 yılındaki polypropylene ve HDPE satışı
(Killough, 1995)

Başlıca Pazar	HDPE		Polypropylene	
	Miktar	Toplam	Miktar	Toplam
	(Milyon)	(%)	(Milyon)	(%)
Taşımacılık	330	3.1	540	6.0
Ambalaj	5,653	53.3	1,791	20.0
Yapı ve İnşaat	921	8.6	179	2.0
Elektrik ve Elektronik	134	1.3	296	3.3
Mobilya	0	0	1,626	18.2
Tüketici	664	6.3	1,896	21.2
Endüstri ve Makine	189	1.8	0	0
Yapıştırıcı Mürekkep ve Kaplama	0	0	0	0
Tüm Diğerleri	1,491	14.1	1,819	20.4
İhracat	1,222	11.5	792	8.9
Toplam	10,604	100	8,939	100

3.1.2.10. HDPE ve Polypropylene Reçinesi İçin Seçim Kriterleri

İlk temel reçinenin seçimi; kompleks metotlar için son ürünün performans özelliklerine bağlı olmaktadır. (Örneğin; kimyasal direnç, aşınma direnci ...vs.). Pazardaki başarılı olmuş ürünlerin son kullanım özelliklerinin tam anlamıyla yeniden incelenmesi önemlidir.

3.1.2.11. Atık Plastikler

Endüstriyel ve tüketici tipi olarak iki genel tip atık plastik vardır. Bu ikisinden endüstriyel olanı genellikle daha kolay elde edilir; ve genellikle üretim sürecinde parça ya da ıskartaya çıkarılan parçalardan oluştuğundan dolayı oldukça uygun kalitededir. Bu reçineler genellikle karıştırılmaz ve genellikle tedariki sürekli olarak sağlanmaktadır. Tüketici tarzında yeniden kullanılabilen plastikler çeşitli kaynaklardan elde edilirken bir dereceye kadar problem yaratmaktadır; ve çeşitli maddelere bulaşabilmesinin yanında reçine tipleriyle karıştırılabilir. Tüketici tipindeki HDPE süt ve su şişelerinin yanında ev tipi kimyasal şişelerin (örneğin; çamaşır suyu, deterjan...vs.) koleksiyonundan elde edilebilir. Polypropylene tüketici tipli plastiklerin elde edilmesi zor olup; polypropylene den elde edilen son kullanımlı maddeler kolayca tanınabilir. İşlem görmüş polypropylenin bir kaynağı da otomotiv bataryalarıdır. Bu kaynağın kullanımında birçok mahsur bulunmasına rağmen iç uygulamalarda; büyük miktarda kadmiyum ve kurşunla temas edebilir. Muhtemelen batarya yeniden işlem görmek üzere taşınırken parçalanabilir. İkincisi birçok bataryada kalıpların renkleri çeşitlilik içermektedir (Siyah, beyaz, kırmızı) ve genellikle uygun olmayan kısımlar meydana gelebilir. Birçok batarya imalatçılarına ek olarak; bataryanın siyah kısımlarını üretmek üzere karbon siyahı yeniden kullanılmak için reçine üretmişlerdir; ve diğer kısımlar için hiç işlem görmemiş reçine üretilmektedir. Odun polimer kompozitlerinin seçimi tamamen estetik amaçlıdır. Bu uygulamalarda geniş metal içeriği olsa da kompozitler kullanılmaktadır. Yeniden kullanılabilen plastiklerle odun polimer kompozitlerinin üretimiyle ilgili sınırlı çalışma olduğu ve hiçbir sebep olmadan daha fazla araştırmaya gerek duyulmadığı belirtilmiştir. (Killough,1995)

Plastik mobilyalar genellikle karıştırılmış tüketici tipinde çeşitli plastikten üretilmiştir. Geniş ölçüde kullanılan bu materyalin kullanımındaki tek engel bükme modülü özelliğidir. Çürüklere karşı dirençli plastik kereste, rıhtım, çit, kısa direk... vs gibi

birçok uygulamada kullanılmaktadır. Plastik kereste; dekoratif çimenlik, çiçek çiti ve bahçe kerestesine uygundur. Son olarak plastik kılıf askısı büyük miktarlarda dolgu malzemesi ve uygun şekilde polypropylene ile doldurulmuştur (Killough,1995).

3.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Odun plastik kompoziti üretim yöntemlerini termoplastiklerle üretim, termosetlerle üretim ve odun plastik karışımından levha üretimi şeklinde üç grupta toplayabiliriz. Termoplastik kompozitlerin imalatı çoğu kez iki aşamada gerçekleştirilir. Ham maddeler ilk olarak karıştırılır, bu işlem birleşim diye adlandırılır ve birleşmiş materyalden ürün biçimlendirilir. Birleşim için birçok opsiyon mevcuttur, ya bölünerek kullanılır ya da sürekli karıştırılır. Birleştirilmiş materyal; sonraki işlem için aniden preslenebilir, ya da son ürün biçimlendirilebilir. Bazı ürün imalatçıları odun polimer kompozitleri için; perdahlar arasında soğuk kalıp içerisinde kalıba enjekte edip; güç kullanarak materyali eritmek (tabaka ya da profil ekstrüzyonu) ya da iki eşit kalıba bölme şeklinde üretim yaparlar (Isı ile şekillenen ve basınçlı kalıp yöntemi).

Aşağıda termoplastiklerle kullanılan üretim yöntemleri, termosetlerle kullanılan üretim yöntemleri ve odun plastik karışımından levha şeklinde üretimi yöntemleri açıklanmış bulunmaktadır.

3.2.1. Termoplastikler İçin Üretim Yöntemleri

Termoplastikler düzenli parçacıklar ya da granül şeklinde olup önceden eritilebilirler.

3.2.1.1. Ekstrüzyon Yöntemi

Odun polimer kompozitlerinin büyük bir kısmı profil ekstrüzyonu ile imal edilmekte olup, erimiş kompozit materyal arzu edilen şekle göre kalıp içerisinde güç kullanılarak sürekli profil oluşturulur. Ekstrüzyon vericileri işlem sırasında; yüksek vizkoziteli erimiş odun polimer kompozitleri ile karıştırılıp şekil boyunca genel yapı materyali için sürekli profil oluşturulur. Bu profiller boşluksuz veya boşluklu yapılabilmektedir. Genellikle üretim hızı 3m/dak. kadar mümkün olabilmektedir.

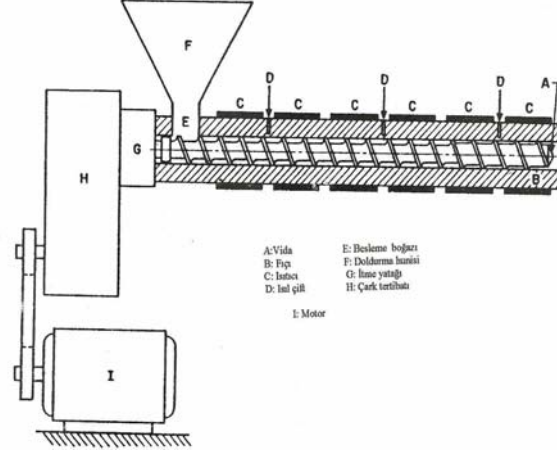
Ekstrüzyon; odun polimer kompozitleri için çok daha yaygın bir metot olmasına rağmen; işletmeciler çeşitli kalıp tiplerini ve işleme stratejilerini kullanmaktadırlar. Bazı işletmeciler birleşik parçacıkları tek adımlı kalıpların içerisinde son şeklini alması için bekletmektedirler. Diğer birleşik ve kalıptan çıkanlar; iki vidalı kalıbın kullanılmasıyla, tek aşamada nihai şekil oluşmaktadır. Bazı işletmeciler birbirinin ardından gelen, biri birleştirme, diğeri profil için birbirinden bağımsız birleşik adımlarda ya da tek kalıplı birbirini izleyen adımlarda olmak üzere iki tane kalıp kullanmaktadırlar. Rutubet işlemden evvel odundan uzaklaştırılmalıdır. Bazen tek aşamalı işlemlerde tek parçalı kalıbın kurutucu olarak kullanılmasıyla; odun polimer kompozitlerinin birçok durumu için; materyal kullanımı, kurutucu ve verici sistemi, kalıptan çıkarmak için dizayn, kalıp dizaynı, akış ekipmanı dahil (ekstrüzyondan sonra ekipmana gerek duyulmaktadır; örneğin soğutucu tankları, çekici, kesici) ekipman geliştirilmiştir. Şekil 3.11’de tek vidalı, 3.12 de ise çift vidalı ekstruder görülmektedir. Şekil 3.13’de profil ekstrüzyon hattı gösterilmektedir. Ekipman imalatçıları özellikle odun polimer kompozitleri olmak üzere tüm işleme hattı için ortak bir yöntem geliştirmişlerdir. Bazı imalatçılar oldukça farklı yeni ekstrüzyon teknolojisine sahiptirler(Clemons,2002)

Ektrüzyon; oldukça popüler bir yöntem olup, özellikle sonsuz kısımların uygun ve ekonomik üretimi için; örneğin profil ve pervazlarda kullanılmaktadır. Çok büyük parçalarda soğuma ve soğutma süresi problem olabilmektedir.

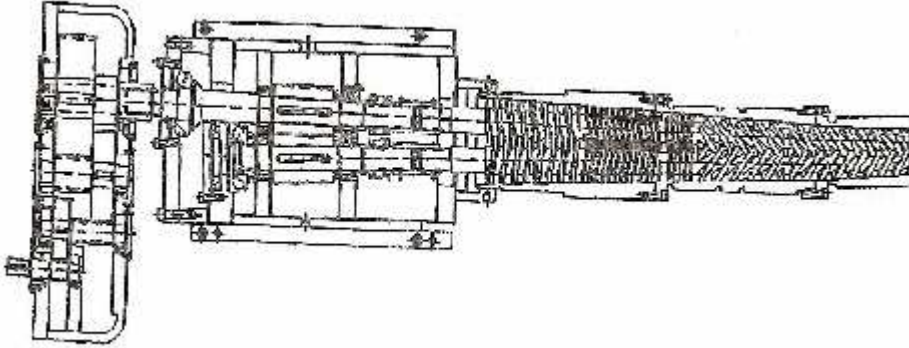
ICMA, İtalyan şirketi, ekstrüzyon ve ekipman mühendislik şirketi, odun – plastik karışımı için teknik gelişimine 1974 yılında başladı (Bledzki ve Sperber,1995).

Amerikan (Örneğin; Strandex) ve Japon (Örneğin; EIN Mühendislik) şirketi; ekstrüzyon için uygulamalar kapsamında yöntem geliştirmişlerdir. Mobilya, yapı, ev ve peyzaj endüstrisi için uygun üretim olanağı oldukça ümit vaat etmektedir. EIN Mühendislik ve Japonya’daki diğer şirketler kalıptan çıkarılmış kavisli levhaların mükemmel kalitedeki üretimini göstermişlerdir. Enjeksiyon kalıbı oldukça esnek olup yöntem olarak ekstrüzyondan daha çok fırsat yarattığından önerilmiştir. Özellikle; küçük parçalar için örneğin; döşeme, oyuncak, mobilya için dekerasyon parçaları vs. çok değerli ürünlerin üretiminin; bu teknolojiyle üretilmesi mümkündür. Enjeksiyon kalıbı

ile bileşim sıvı odun gibi olmaktadır. Ürünlerin kalitesine örneğin; vida geometrisi, basınç oranı, ısıya maruz kalma süresi vs. etki etmektedir(Bledzki ve Sperber,1995).



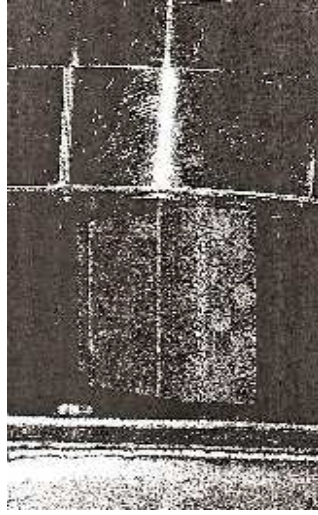
Şekil 3.11: Tek vidalı ekstruder (Martin,1999)



Şekil 3.12: Konik çift vidalı ekstruder (Martin,1999)

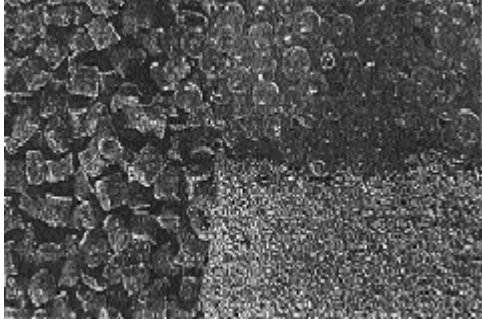


Şekil 3.13: Maine Üniversitesindeki profil ekstrüzyon hattı (Clemons,2002)



Şekil 3.14: Odun polimer kompoziti (merkez) ekstrüzyon dişi kalıp ve soğutucu (Clemons,2002)

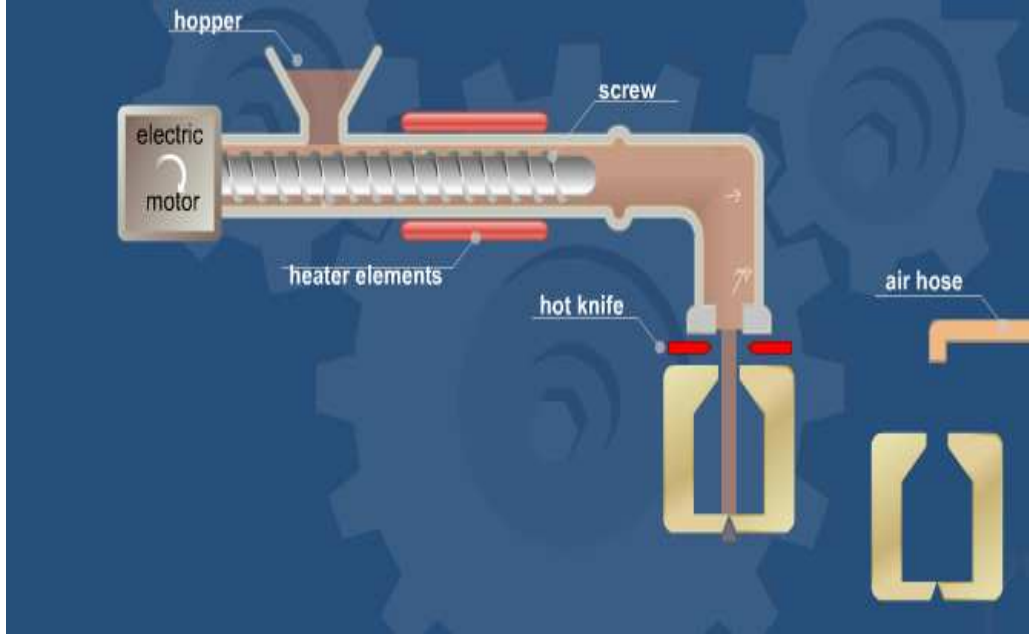
Diğer işleme teknolojileri; örneğin kalıp enjeksiyonu ve kalıp baskısı odun polimer kompozitleri için kullanılmaktadır; ama toplam oranı ekstrüzyon ile olan üretimden daha azdır. Şekil 3.14'de odun polimer kompoziti üretimde kullanılan ekstrüzyon dişi kalıp ve soğutucu gösterilmektedir. Bu alternatif işleme metotları; sürekli işlem görmüş parça arzu edilmemekte yada oldukça karışık bir biçim gerekli olduğu durumlarda avantajlıdır. Kompozit formülasyonu işleme ekipmanlarının gereklerini karşılamak için uygulanmalıdır (Enjeksiyon kalıplama için gerekli olan düşük viskozite odun miktarıyla sınırlandırılabilir.) Şekil 3.15 de odun ve plastikten yapılmış karışım topakları gösterilmektedir. (Clemons, 2002) Şekil 3.16 de ekstrüzyon yöntemiyle üretilmiş kapı paneli örneği gösterilmiştir. Şekil 3.17 de ise ekstrüzyon akış kalıbı gösterilmektedir.



Şekil 3.15: Odun ve plastikten yapılmış karışım topakları (sağda) odun (sol üst) ve plastik (sol alt) (Clemons,2002)



Şekil 3.16:Ektrüzyon yöntemiyle üretilmiş kapı paneli örneği (Lavisci ve diğ., 1999)

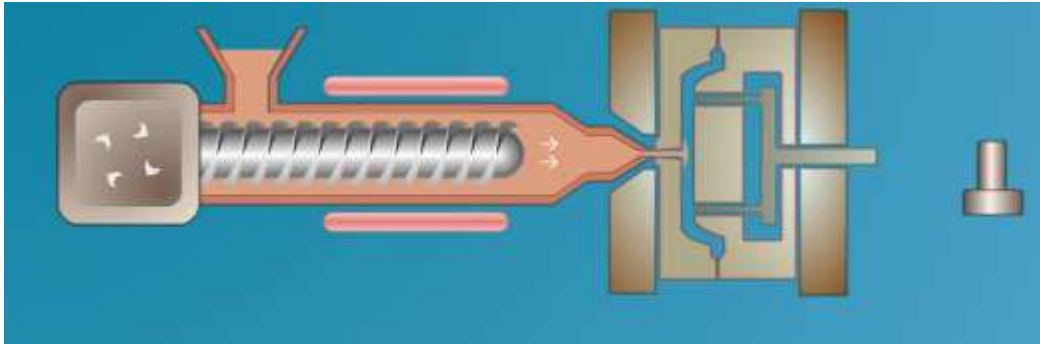


Şekil 3.17 : Ektrüzyon akış kalıbı (<http://bpf.co.uk>)

Diğer ektrüzyon yöntemleri ise; ektrüzyon döküm filmi, ince tabaka/filmlerin perdahlanması ve birleşik ektrüztonla tabakalama olarak sayılabilir.

3.2.1.2. Enjeksiyonlu kalıp yöntemi

Aşağıdaki şekil 3.18 de enjeksiyonlu kalıp yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 3.18 : Enjeksiyonlu kalıp yöntemi (<http://bpf.co.uk>.)

Enjeksiyon kalıbında, bileşikler ısıtılır, eritilir ve yapışkan sıvı içerisinde homojenleştirilir. Erimiş sıvı daha sonra güçle oldukça soğuk kalıpta soğutulur; ve tamamlanmış kısmı kalıptan fıskırtılır. Enjeksiyon kalıbı parçasının bölümleri çok miktarda kg la tartılır. Enjeksiyonlu kalıp metodunun anahtar parametrelerinden biri

erimiş sıvının yapışkanlığının zorla kalıp içerisinde yerleştirilmesidir. Erimiş sıvının viskozitesi yüksekse; ekipmanların gücü kalıp içerisindeki sıvıyı doldurmaya kafi gelmeyebilir. Şayet kafi miktarda kuvvet mevcutsa raptiyeyi güçle tutturup kalıbı kapatmak yeterli olmayabilir ve kalıp güçle açılarak erimiş sıvıyla basınç kullanılması sonucunda uygun olmayan kısımlar oluşabilir. Reolojik ölçülerle; önemli miktarda odun liflerindeki erimiş plastiğin viskozitesi büyük oranda artma eğilimindedir. Bu problemi azaltmanın iki metodu bulunmaktadır: Termoplastiğin erime akış indeksini (MFI) arttırmak yada odun lifli mevcut plastikli kompozitlerin miktarını azaltmak. Buna rağmen termoplastiklerin MFI'sı çok yüksekse bu kısımlar gevrek olabilir. Odun liflerinin miktarı düşerse; bunların kullanımında avantajı azalabilir.

Genellikle, odun lifli plastik kompozitleri için en iyi metot enjeksiyonlu kalıp sistemidir. Esas reçine MFI'nın değişimi ve halihazırdaki reçinenin reolojik özelliklerinin odun liflerine uygun olması gerekir. Bu her zaman pratik ya da olanaklı olmayabilir. Dizayn için seçilen termoplastik MFI ile birlikte yaklaşık % 50'den daha yüksek oranda enjeksiyonlu kalıp uygulamalarında kullanılmakta, % 30 ağırlıkta odun lifli kullanım amacıyla kompozitler için üretilmektedir. Odun lifleri yoğunluğu ya da makine parametreleri ile uyum sayesinde verimlilik daha sonra en yüksek derecede olmaktadır. Genel olarak kaçınılması gereken bir nokta; bozulmasını önlemek ve yangın olasılığını düşürmek amacıyla erime sıcaklığının 400 °C'den yükseğe çıkmamasıdır.

Ekstrüzyon uygulama metodunda ısı ve basınçla reçine erir ve güçle kalıpta desteksiz film ve tabaka ya da kağıt ve diğer profiller üretilmek üzere biçimlendirilir. Bazı genel prensipler; enjeksiyonlu kalıp için ekstrüzyon uygulamalarının yanı sıra bu metodun genellikle yüksek vizkoziteye uygun olduğu tartışılmıştır. Özellikle odun liflerinde ısı olmadığı zaman üniform tabaka kalınlığını sürdürmek açısından bu sorun meydana gelebilir. Tekrar en iyisi kompozitler için kuru odun lifleri öncelikli olarak yapılmaktadır ya da hava kabarcığı ve köpük ilave edilmektedir. Bu ölçüler her zaman pratik ya da olanaklı değildir. Erime dayanıklılığının ölçümü özellikle kolaydır. Dizayn için pratik kural bu kompozitlerin seçiminde termoplastik bazlı reçine ile beraber yaklaşık % 20 daha düşük erime akış indeksi (MFI) kullanılmakta ve % 30 ağırlıkta; odun liflerinin ilavesiyle test amacıyla başlangıç kompozitler için üretilmektedir. Kompozit karışımı ve makine koşullarının uyumundan sonra kabul edilen çıktı

parametreleri ve fiziksel özellikler elde edilmektedir. Isı taşıma kapasitesinin erime sıcaklığının 400 °C'den yüksek olmaması tavsiye edilmekte ve kompozitlerin karışımı buna uyum sağlamaktadır.

Uygun parça; her iki yöntem için de üretilir ve kompozitleri en iyi seviyeye getirmek için kısa seriler halinde işlenip, tasarlanır ve işlem parametreleriyle maliyet etkili düzenleme yapılır.

Genel tipleri:

- Kuru odun komponentlerini tamamıyla önceden kullanmak olanaklıdır.
- Mümkün olan her zamanda reolojik olarak viskoziteler eşleşir.
- Koyu renkler ve tekstürlü yüzeyler büyük kusurları kapatır.

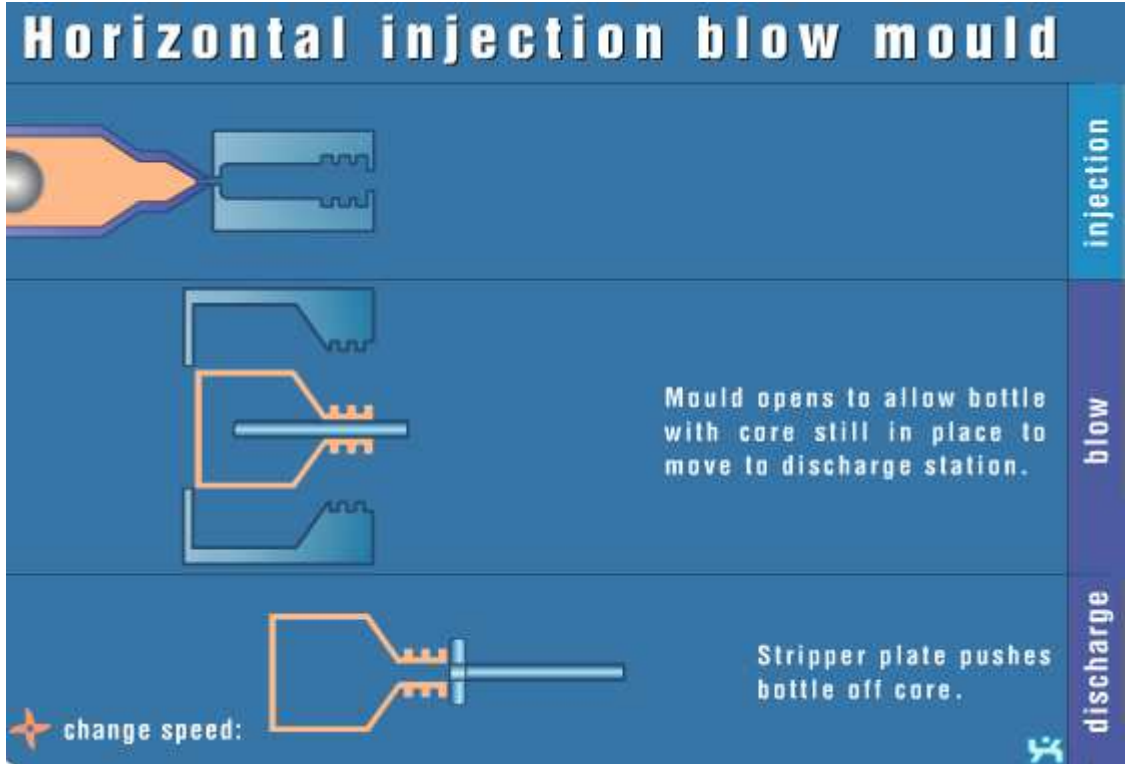
- Enjeksiyonlu kalıp tipi:

- Ön birleşimli materyal genel olarak birlikte daha kolay çalışır.
- Siyah kızaklı kalıp genellikle tercih edilir.
- Polypropylene ile birlikte keskin köşeli kısımlardan kaçınmak gerekir.
- İşleme sıcaklığı 400°C'nin altında tutulmalı

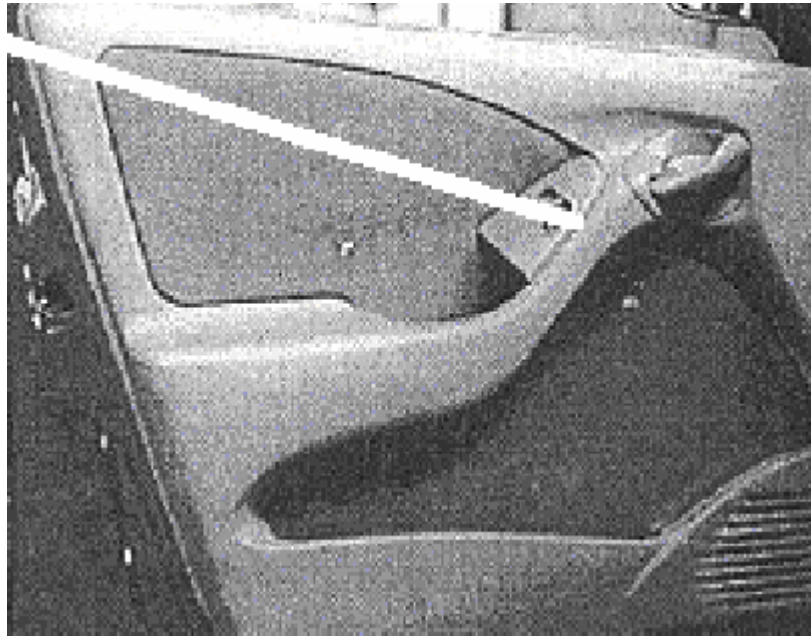
Ekstrüzyon Tipi

- Düşük erime akış indeksi (MFI) materyalinin kullanımıyla erimeye dayanıklılık fiyesi minimum olmaktadır.
- Maksimum soğutma kapasitesi
- İşleme sıcaklığı 400 derecenin altında tutulmalı
- Ön birleşimli materyalle birlikte genellikle kolay çalışır.
- Küçük açıklık (Killough, 1995)

Şekil 3.19'de **Yatay Enjeksiyonlu Akış Kalıbı** gösterilmektedir.



Şekil 3.19 Yatay enjeksiyonlu bir akış kalıbı (<http://bpf.co.uk>)

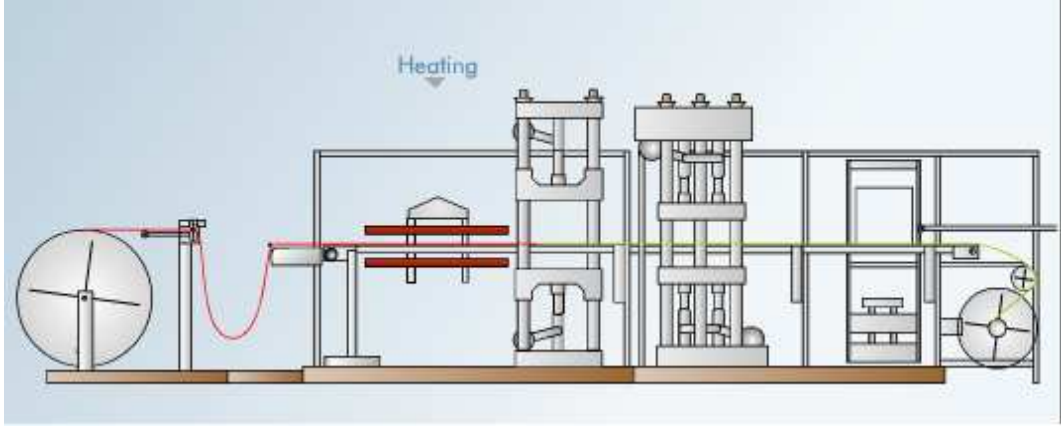


Şekil 3.20: Enjeksiyonlu kalıpla üretilmiş kapı paneli örneği (Lavisci ve diğ.,1999)

3.2.1.3. Thermoforming (Sıcaklıkla şekillenme)

Sıcaklıkla şekillenme; vakumla şekillenme ile yakın benzerlikte olup; daha büyük hava basıncı yapması ve yumuşatılmış tabakaların tıkaç desteğiyle şekillenmesi yönünden farklılık göstermektedir. Bu yöntem daima otomatiktir ve vakumla şekillenen yöntemle

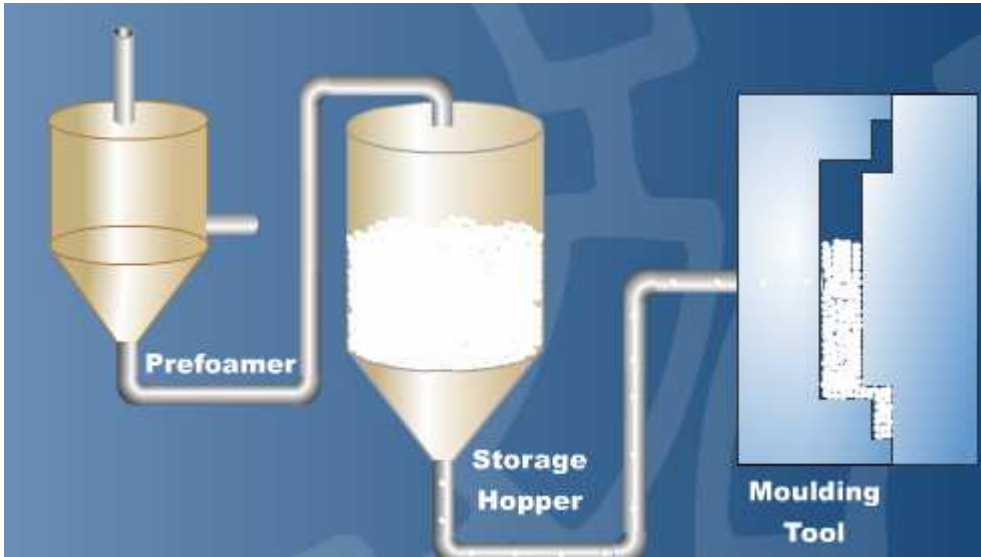
göre devir zamanı hızlıdır. Yalnızca termoplastikler, bu metotla işlenebilmektedir. Şekil 3.21’ de termoforming akış kalıbı gösterilmektedir.



Şekil 3.21 : Termoforming akış kalıbı (<http://bpf.co.uk>)

3.2.1.4. Polystyrene Dağılımlı Kalıp (EPS)

Polystyrene dağılımlı kalıp ise; birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bunların başlıcasını; elektronik ürünlerin tüketiciye ulaşması için kullanılan koruyucu ambalaj ve beyaz eşya oluşturmaktadır.Şekil 3.22 de polystyrene dağılımlı kalıp görülmektedir.



Şekil 3.22: Polystyrene dağılımlı kalıp (<http://bpf.co.uk>)

3.2.2. Termosetler İçin Üretim Yöntemleri

Termoset materyaller sıvı halinde olup reçine olarak isimlendirildiğinden toz ya da kısmen sertleşmiş ürünlerde (önceden şekillenmiş) biçimlenme aşamasında ısı

gerekmektedir. Biçimlenme kimyasal reaksiyonla gerçekleşmekte olup, bu materyallerin yumuşatılması yada önceden ısıtılması gerekmemektedir. Bu reaksiyon ekzotermik (ısı veren) olup soğutma gerekmektedir.

3.2.2.1 Reçine Transfer Kalıbı (RTM)

RTM düşük basınçlı kalıp yöntemi olup, reçine ile karıştırılır ve katalizör lif demetleri ya da önceden biçimlenmiş kapalı kalıba enjekte edilir. Reçine transfer kalıp teknolojisinde sıvı reçine; serbest olarak karıştırılır (ya da sıvı reçine ısıtılır ve karıştırılır) ve kapalı kalıp içerisine genellikle keçe halindeki güçlendirilmiş, ön hazırlık yapılmış lifler enjekte edilir. Reçine ve lifler çapraz bağlantı meydana gelene kadar tutulur, daha sonra kompozitler kalıptan çıkarılabilir. Reçinenin kalıp içerisine tamamen akması ve liflerin ıslanması için 15 dakikadan fazla bir zaman gerekmektedir. Donarak katılaşma hızının dengesiyle kalıbın dolma zamanı ve güçlendirilmiş liflerin ıslatılması önemlidir. Genellikle polyester ya da vinil ester kullanılmasına rağmen epoksi ve akrilatlar da bu ekipmanlarda kullanılabilir. Polyester/styrene sisteminin kullanımıyla düşük fiyat ve yüksek hacimli kalıp; bugün termoset sistemin önemli kullanımını temsil etmektedir. Uygulamalar tüketim ürünlerinde, örneğin banyo aksesuarlarında, gemilerde, kamyonetlerde, yapı levhalarında ve bazı otomotiv ürünlerinde kullanılmaktadır.

Reçine transfer kompozitlerinin özelliği; polyesterle yapılmış olup, reçine enjeksiyonlu sisteme göre iyi bir sertlik ve oldukça yüksek yoğunluğa sahip olmasıdır; polyester Kompozitlerin her iki yüzü de pürüzsüzdür. Bu materyaller oda sıcaklığında sertleştirilebilir; ya da seçilen uygun bir katalizörle kalıp ısıtılabilir. Bu teknolojilerin her ikisinde de monomerlerin katalizöre oranı 50:1 ya da 100:1 dir. Oda sıcaklığı kataliziyle birlikte monomer çözeltisi ve başlatıcı hepsi birlikte jel meydana gelmeden evvel kısa periyot diliminde karıştırılması gerekir. Isı değişimi oldukça düşüktür. Sertleşme zamanı 15 dakikadan çeşitli zaman dilimine kadar olabilir.

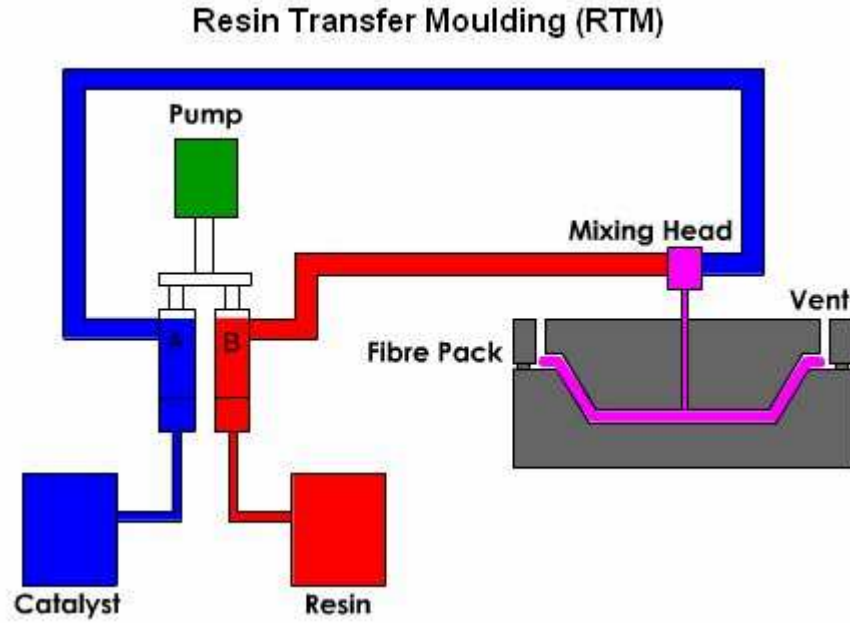
Kalıp ısıtıldığı zaman farklı bağımsız başlatıcı polimerasyon reaksiyonunun oldukça hızlı olmasına kalıbın sıcaklığının yükselmesine neden olur. Katalize olmuş reçinenin raf ömrü oda sıcaklığında günlerce olmakta ve reaksiyonun gerçekleşmesi için ısı

gerekmektedir. Reaksiyon başlayıp ısı tekamül ettiğinde sertleşme oranı artar ve bir dakikada tamamlanmış olup, ürün için kısa zaman uygun olmaktadır. Kalıp dizaynı için ısı gerekmektedir ve 300C- 400 °C sıcaklığın göz önünde bulundurulması gerekir.

Epoxy reçine transfer kalıbında kullanılmaktadır. Bu sistem geniş ölçüde uçak endüstrisinde karbon lifleri ile birlikte kullanılmaktadır. Yüksek hammadde fiyatı dolayısıyla yüksek değerli ürünler oluşur; ama yüksek sağlamlık yüksek fiyat demektir. Talepler daha çok uçak endüstrisi, yüksek performanslı bisiklet iskeleti ve otomotiv ürünleri gibi kritik alanlarda kullanıldığından yüksek sağlamlık ve düşük ağırlık gerekmektedir. Örneğin; kimya endüstrisinde havalandırma kanalı gibi. (Rowell ve diğ.,1995).

RTM kullanımının avantaj ve faydaları:

- Kalıplar sınırlı toleranslarla imal edilebilir.
- Lif hacminin kırılma yükü; %65'e kadar olabilmektedir.
- Yoğunluk yeknesaklığı ve lif yükü neticesinde muntazam daralma
- Alet fiyatları diğer imalat yöntemleriyle karşılaştırıldığında düşüktür.
- Yalnız düşük basınçlı kalıpla elde edilebilmektedir.
- Yöntem sırasında düşük buharlaşma emisyonu
- Yöntem otomatik olup yüksek üretim oranları neticesinde ıskarta az olabilmektedir.
- Karmaşık yapısal kalıp ve boş biçim elde edilebilmektedir.
- Kalıp komponentleri arasında az boşluk meydana gelmektedir.
- Tabaka kalınlığı 0,5 mm'den 90 mm'ye kadar elde edilebilmektedir. Şekil 3.24de Reçine transfer kalıbı gösterilmektedir.



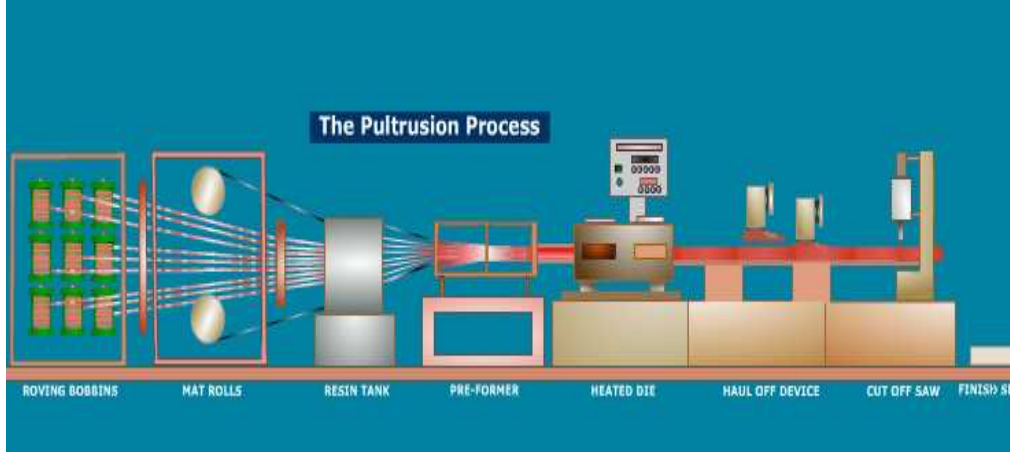
Şekil 3.23: Reçine transfer kalıbı (<http://bpf.co.uk> .)

3.2.2.2. Pultrüzyon

Bu yöntem taşımacılık, havaalanı, inşaat ve mühendislik uygulamalarında uygulanmaktadır. Şekil 3.24 de pultrüzyon akış kalıbı gösterilmektedir.

Pultrüzyon yöntemi; uygun tekrarlanan mekanik özelliklerle birlikte; yüksek kaliteli kompozit profillerin elde edilmesinde denenmiş bir imalat yöntemidir. Bu yöntemle üretilen ürünlerin; ayrı ayrı ya da kombine olmuş biçimde yüksek performanslı liflerden oluşması gerekmekte; (cam, karbon, aramid) polimer kalıpların içerisine (polyester, vinylester, epoksi yada fenolik) yerleştirilmektedir. Pultrüzyon yönteminin bazı özellikleri:

- Karmaşık şekil ve limitsiz uzunluk elverişliliği
- Hassas güçlendirici pozisyonu
- Düşük ıskarta oranı
- Geniş çeşitlilikte güçlendirici ve reçine seçimi



Şekil 3.24: Pultruziyon akış yöntemi (<http://bpf.co.uk>)

3.2.2.3 SMC/ DMC kalıbı

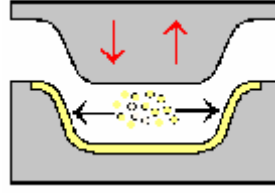
Bu materyaller geniş ölçüde hamur ya da büyük hacimli kalıp birleşimleri olarak bilinmektedir (DMC ya da BMC). Tabaka biçimi tabaka kalıplı birleşim olarak bilinmektedir.

3.2.2.4 Diğer GRP Kalıp Teknikleri

Genellikle; cam lif keşesinin, likit polyester karışımı ile birlikte aşılması ile sözkonusu olmaktadır. Jel kaplama; kalıp kenarları üzerinde iyi yüzey sağlamaktadır. Örneğin; gemi dış yüzeyi, kamyon kasası...vs.büyük kalıplarda kullanılmaktadır.

Basıncı kalıp; belki de termoset kalıplarının en genel tekniklerinden biridir. Birleşim ya da karışım, kalıp içerisine yerleştirilir ve buharla ısıtılmış pres platenleri içerisinde basınç altında ısıtılır. Reaksiyon tamamlandığı zaman, ürünler soğutulur ve çıkarılır.

Basıncı kalıp materyali; düz platenlerle birlikte; genellikle kavisli formlarda büyük preslerde yapılabilir. Bu teknik büyük kalıplar ve bazı kaplama ürünlerinde kullanılmaktadır. Basıncı kalıp; diğer yavaş yöntemlere tercih edilmektedir. Şekil 3.25 de basıncı kalıp örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.25: Basınçlı Kalıp Örneği (<http://bpf.co.uk>)

Güçlendirilmiş reçine enjeksiyonlu kalıp teknolojisinde; kalıpta güçlendirilmiş lifler kullanılır; iki ya da daha fazla reaktif komponent akımları hızlıca karıştırılır ve daha sonra kapalı kalıba enjekte edilir; burada polimerizasyon ve çapraz bağlamanın meydana gelmesi için (zaman ölçüsü minimum 3-5 dakikadır) tipik olarak üretan (isocynate- polyol) kullanılmaktadır. Köpük endüstrisinde; düşük fiyatlı; yüksek hacimli uygulamalarda kullanılmakla birlikte hızlı sertleşikten sonra karıştırılabilir. Zaman kısa tutulmalıdır. Bu sistemin dezavantajı hızlı kombine olması için özel dinamik karıştırıcıları gerektirmekte ve sertleşmeden önce karışımın, kalıba enjekte olması gerekmektedir. Düşük son ürün yoğunluğunun özellikleri hafif kısımlar için iyidir. Güçlendirilmiş liflerin sertlik ve sağlamlık özellikleri geliştirilmiştir. Reçine enjeksiyonlu kalıp uygulamaları başlıca otomotiv kısımları ve izolasyonu, bazı uçak endüstrisi alanlarında kullanılmaktadır. (Rowell, ve diğ.,1995)

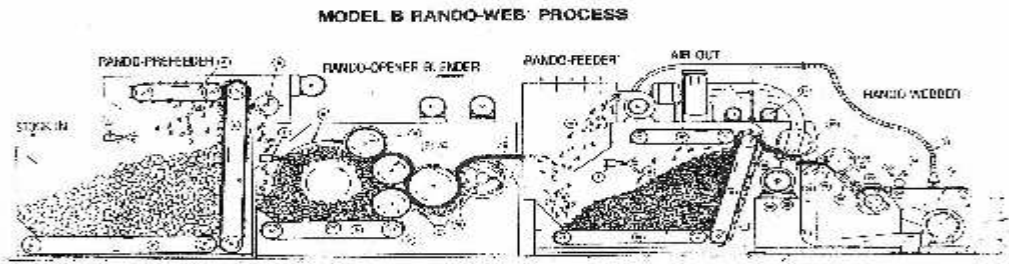
Reçine enjeksiyonlu kalıp varyasyonunda; güçlendirilmiş lifler sürekli keçe şeklinde doldurulmadan önce kalıba yerleştirilir. Birçok durumda lif keçeleri ön kalıbın kullanımıyla; küçük miktarda liflerdeki termo plastikler (ön biçimlendirilmiş olarak çağrılır) reçinenin akışkanlığı düşük miktarlarda reçinenin lif keçesine nüfuz etmesine reçine jelleşmeden evvel izin verilebilir. Kalıp içerisine yüksek hızda basınç altında reçine enjekte edilmesi sonucu son ürünlerin rengi solmuş liflerin biçimlendirilmemiş dağılımı meydana gelir. Kesik lif keçeleri kullanılabilir; ama yüksek basınç altında liflerde solma meydana gelebilmesi mümkündür. Enjeksiyonlu kalıp sistemi; şu anda otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır (Rowell ve diğ.,1995).

Reçine enjeksiyonlu kalıp varyasyonunda; kesik lifler kullanılmakta; iki yada daha fazla reaktif komponentleriyle kalıp içerisine oldukça hızlı enjekte edilmeden evvel ön işlem

olarak karıştırılmaktadır. Güçlendirilmiş liflerle beraber inorganik dolgu maaddeleri kullanılmaktadır. Yüksek akışkanlık için; hayli yüksek enjeksiyonlu basınç; güçlendirilmemiş reçine enjeksiyonlu kalıba göre kullanılması gerekir (Rowell ve diğ.,1995).

3.2.3 Odun – Plastik Karışımından Levha Üretimi

Şekil 3.26 da lif-plastik karıştırma ve havalı taslak oluşturma sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3.26: Lif- plastik karıştırma ve havalı taslak oluşturma sistemi (<http://bpf.co.uk>)

3.2.4. Pres Metodu

Plastikleştirici– pres kombinasyonu hem termoset hem termoplastik ve diğer kompozitlerle birlikte, cam, odun ya da diğer doğal liflerle uygulanmaktadır. Otomotiv endüstrisi için üretilen parçalar bu teknolojiyle popüler olmuştur. Kalıp laminasyonu düşük termik basınçtan dolayı uygulanabilir.

Çift bantlı- sürekli pres, sıcaklık profil kontrolü ile birlikte gerçekleştirilir. Bu teknoloji, yongalevha üretimi ve özellikle zemin materyali gibi büyük boyutlu levhalar için kullanılır. Yatırım fiyatı; ekstrüzyon ya da enjeksiyonlu kalıpla karşılaştırıldığında yüksektir (Bledzki ve Sperber,1995).

Çok katlı pres, odun lifli – plastik ürünlerin üretiminde kullanılabilir. Japonya’da bu makineler levhaların polietilen dolgulu büyük odun parçacıklarının üretiminde kullanılmaktadır.

Zemin kaplaması ve duvar kaplama ürünleri Japonya'da talaş ve yumuşak PVC'nin perdahlama hattında üretilmektedir. Bu teknoloji henüz yenidir ama örnek ürünler ümit verici görünmektedir (Bledzki ve Sperber,1995).

Alışıl gelmiş plastik işleme ekipmanlarında odun lifli plastik kompozitlerinin işlenmesi için sürekli termoplastik kalıp gerekmektedir. Birçok durumda en üst lif limiti yaklaşık % 70 tir. Gerçekte birçok üretici lif limitine yaklaşık % 50 sınırı koymaktadır. Tabi ki odun lifli – plastik kompozitlerin de örneğin; basınçlı kalıplarda % 70'den daha fazla odun kullanılmaktadır (English ve Falk,1995).

Sıvı kompozit kalıpları çeşitli tekniklerle şekilli lif/reçine kompozitleri için tasarlanmış olup; reçine transferi, reçine enjeksiyonu, yapısal reaksiyon enjeksiyonu, güçlendirilmiş reaksiyon enjeksiyonu, tabaka kalıplı bileşim metodları ile işlem yapılabilmektedir. Tekniklerin tümünde lif ya da dolgu maddesi karışımı sıvı reçine ile birlikte şekilli güçlendirilmiş kompozitlere polimerleştirme yolu ile birleştirilmektedir. Şu anda endüstriyel uygulamaların neredeyse tümünde lif olarak cam kullanılmakta ve reçine kapsamında polyester, vinil ester ve poli üretan yer almaktadır. Bu teknolojinin en büyük tek uygulama alanı otomotiv uygulamalarıdır.

Reçine enjeksiyonlu kalıp varyasyonunda; kesik lifler kullanılmakta; iki ya da daha fazla reaktif komponentleriyle kalıp içerisine oldukça hızlı enjekte edilmeden evvel ön işlem olarak karıştırılmaktadır. Güçlendirilmiş liflerle beraber inorganik doldurucular kullanılmaktadır. Yüksek akışkanlık için; hayli yüksek enjeksiyonlu basınç; güçlendirilmemiş reçine enjeksiyonlu kalıba göre kullanılması gerekir (Rowell ve diğ.,1995).

3.2.5. Tabakalı Kalıplı Bileşim

Cam lifleri (kesik ya da sürekli) tipik olarak tabakalı kalıplı bileşimde; iyice polyester reçinesi, bağımsız başlatıcı, koyulaştırıcı madde, ayrı ayrı parçacıklı dolgu (sıklıkla kalsiyum karbonat ya da aliminyum hidroksit) ile birlikte kullanılmaktadır; ve ayrılabilen tabakaların arasında kalıptan çıkarılmaktadır. Bu tabakalar döndürülmekte ve reçine soğutulup koyulaştırılmaktadır. Bu tabakalar daha sonra uygun basınç altında sertleştirilmektedir (basınçlı kalıp). Isıtılmış preslerde sertleşmenin başlaması kısa bir

zaman sürmektedir. Birçok tabaka kalıplı birleşim, otomotiv endüstrisinde cam lifleri ile birlikte levha kenarları ve kesilmiş kısımlar için otomatik ekipmanlarda kullanılmaktadır. Bu büyük hacimli otomatik ekipmanlar için oldukça uygun olmaktadır (Rowell ve diğ.,1995).

3.3. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Odun plastik kompozitlerinin özellikleri; kendisini oluşturan hammaddelere, bu maddeler arasındaki etkileşime, ürün dizaynına ve kullanılan çevreye göre değişmektedir. Odun plastik kompozitlerinin özelliklerini tespit etmek için araştırmacılar ve standart kuruluşları birçok standard test metodu tespit etmeye teşebbüs etmişlerdir. Örneğin; ASTM, yapı malzemeleri kapsamında OPK'leri için iki yönlü bir yaklaşım geliştirmiştir. Eğer malzeme % 50 ve daha fazla oranda plastik içeriyorsa plastik kereste standartları uygulanabilmekte, bu orandan daha az plastik içermesi durumunda ise ağaç malzeme ile ilgili standartlar uygulanabilmektedir (Clemons, 2002).

3.3.1. Odun Plastik Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Kompozitlerin mekanik özellikleri üç faktörle belirlenmiştir. Bileşenlerin mekanik özellikleri, bileşenler arasındaki basınç transferi ve bileşenlerin uyumudur.

Odun- lifli polimer kompozitlerinin sağlamlık ve sertlik özellikleri, karışımın oluşturan plastiklerin mekanik özellikleri ve odun liflerine bağlı olmaktadır. Polimerlerin ve özellikle termoplastiklerin mekanik özellikleri genellikle, odun liflerine göre daha düşüktür. Düşük yoğunluklu polietilen, yüksek yoğunluklu polietilen, polystyrene ve polypropylene yaklaşık olarak 0,00001379 N/mm²-0,000034475 N/mm² elastikiyet modülüne sahiptir ve çekme kuvveti 0,004137 N/mm²-0,008274 N/mm²dir. (Groom ve diğ.,1995).

Son ürünün mekanik özellikleri; sentetik lif kompozitlerinde; kalıpların ayrı ayrı özelliklerine, liflere, iki ara yüzeyin doğal olmasına bağlıdır. Tipik olarak cam lifleri silone ile bağlantılı olarak işlem görmüş reçine ile beraber ara yüzeylerin özelliklerini iyileştirmektedir.

Tablo 3.7’ de doğal lif kompozitlerinin mekanik özellikleri gösterilmiştir. Bu örnekler ya ıslak olarak toplanıp üretilmişlerdir ya da magnezyum oksit ile kesafeti artırılıp basınçlı kalıpla üretilmişlerdir (Rowell ve diğerleri,1995).

Tablo 3.7: Doğal lif kompozitlerinin mekanik özellikleri (Rowell ve diğ.,1995)

Lif / Reçine	Kırılma Hacmi	Çekme Direnci
	(%)	(N/ mm ²)
Hint Keneviri / Polyester	30	125
Sunhemp / Polyester	30	100
Sunhemp / Polyester	30	125
Hint Keneviri / Polyester	22 (Ağırlığa göre)	84
Hint Keneviri / Epoxy	22 (Ağırlığa göre)	104

ABD Orman ürünleri laboratuvarında yenilenebilen liflerle yapılan ön testlerde polyester/styrene reçine karışımı kullanılmıştır. Reçine kullanımında çeşitli örnekler üretilmiş olup basınçlı kalıp teknolojisinde keçe içerisine reçinenin iyi bir şekilde aktığı görülmüştür; ama delikli yüzeylerde küçük boşluklu toplanmalar ve hava kabarcıkları oluşmuştur. Bu boşlukların test örneklerindeki etkileri için ön çalışmalar yapılmış; kalıp tekniği ile birlikte; iyice reçine ve işlem görmemiş tarımsal liflerle bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri saptanmıştır.

Tablo 3.8’de hint keneviri PE (polietilen) kompozitlerinin; çekme dayanıklılığının cam- lifli güçlendirilmiş plastikten daha düşük olduğu görülmüştür. Hint kenevirinin kırılma ağırlığı camdan, lif yoğunluğunun farklılığı dolayısıyla, daha düşüktür. Kırılma hacminin neredeyse benzer olduğu tahmin edilmiştir.

Doğal lifler; yapılan ön çalışmalarda sıvı kompozitli kalıpta cam liflerinin yerine kullanılmıştır. Bu potansiyel liflerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanmasıyla çıkmıştır. Hint keneviri ile güçlendirilmiş polyester styrene reçinesinin çekme kuvveti

camla güçlendirilmiş reçineyle benzerdir ama şok direnci daha azdır. (Rowell ve diğerleri,1995).

Tablo 3.8: Lifli- güçlendirilmiş polyester styrene kompozitinin mekanik özellikleri (Rowell, ve diğ. 1995)

Lif	Lif ağırlığı	Nihai çekme dayanıklılığı (ortalama)	Çentik etkisi	Çentiksiz etki
	(%)	(N/ mm ²)	----- (J/m) -----	
Cam	17. 2	44. 45	427. 04	498. 82
Hint Keneviri	14. 0	29.49	38.07	36.79

Selülozik dolgu maddeleri ve lifleri; plastik kalıpların birleştirici performansına bağlı olarak üç kategori altında sınıflandırılmaktadır. Odun unu, tarımsal bazlı un, ayrı ayrı parçacıklı dolgu maddesi göz önünde bulundurulduğunda kompozitlerin çekme ve elastikiyet modülü artmakla birlikte kompozit dayanıklılığına etkisi az olmaktadır. Odun lifleri ve gazete lifleri hayli yüksek uzunluk oranına sahiptir ve kompozit modülünün artmasına katkıda bulunmaktadır. Uygun katkı maddelerinin kullanımıyla kalıp ve lifler arasındaki basınç transferi düzenlenmekte ve kompozit dayanıklılığı iyileşmektedir. Modüldeki gelişme selülozik ayrı ayrı parçacıklı dolgu maddesinden önemli bir farklılıkta değildir. En etkili selülozik katkı maddeleri bazı doğal lifler örneğin; kenaf, kenevir, keten vs.dir. Spesifik young modülü (kompozit modülünün kompozit özgül ağırlığına oranı) doğal liflerle birlikte örneğin kenafın önemli bir oranda odun liflerinden hayli yüksek çıkması mümkündür. En etkili doğal lifler yüksek selüloz içerikli düşük mikrofibril açısıyla birleştirilmesinin sonucunda yüksek lifli mekanik özelliklere sahip olur. Selülozik dolgu maddeleri ve lifler geniş çeşitlilikteki termoplastiklerle örneğin; polypropylene, polietilen, polystyrene, polivinilklorür ve poliamidle birleştirilmektedirler. Genellikle bağlayıcı maddeler ve/veya birleştirici maddeler liflerle termoplastiklerin birleştirilme özelliklerinin artırılması açısından gereklidir.

Genellikle, selülozik dolgu maddeleri ya da lifler termoplastiklere göre hayli yüksek young modülüne sahip olmakta ve kompozitlerin çok yüksek sertlikte olmasına katkıda bulunmaktadır. Young modülünün artması selüloziklerin ilavesiyle birlikte; Örneğin; lif miktarı, lif yönü, birbirine tesiri ve lifle kalıp arasındaki adezyon gibi birçok faktöre

bağlı olmaktadır. Dolgu maddesi / lifin young modülü biliniyorsa; kompozitlerin young modülü karışımın basit kuralında ve diğer basit modellerde ham olarak değer biçilebilir.

Her bir modelde kompozit özelliklerini değerlendirmek için; liflerinin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Genellikle doğal lifler örneğin; kenaf ve kenevir lif formunda ve bireysel olarak 2.6 mm uzunluğundadır. Kompozitlerin çoğunluğu selüloz olmak üzere lignin ve hemiselülozdan oluşmaktadır. Lif ve ayrı ayrı lif özellikleri geniş çeşitlilikte bulunmakta; lif kaynağı, ayırma teknikleri, nem içeriği, test hızı ve lif tarihi.vs. gibi özellikler, kompozitin mekanik özelliklerini etkilemektedir.(Sanadi, ve diğ.,1995).

Uygun birleştirilmemiş kompozitlerin çekme dayanıklılığında; lif mevcudiyetini hesaba katmadan uygun dolgu yapılmamış polypropylene göre küçük bir farklılık vardır. Kutupsal olmayan polypropylene ve kutupsal liflerin farklı yüzey özellikleri arasındaki uygunsuzluktan dolayı kalıptan liflere olan basınç transferinin küçük olması önerilmektedir. Birleştirilmiş sistemlerin çekme dayanıklılığı lif mevcudiyet miktarına göre artmaktadır. Çekme direnci, uygun birleştirilmemiş kompozitlerin eğilme direnci, çekme direnci, tüm lif düzeylerinde küçük miktarlarda geliştirilmiş uygun dolgu yapılmamış polypropylene eşittir.

Spesifik çekme ve elastikiyet modülü ağırlıkça 50 % kenaf ile birleştirilmiş kompozitlerde tipik olarak 40 % cam – polypropylene enjeksiyonlu ile yapılan kompozitlere göre eşdeğer ya da yüksek çıkmaktadır. Tipik ticari polypropylene kompozitleriyle kenaf – polypropylene kompozitleri Tablo 3.9 de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.9: Polypropylen ile çeşitli dolgu/lifsel maddelerden yapılan kompozitlerin bazı özellikleri (Sanadi ve diğ.,1995)

Lif / güçlendirici polypropylene	ASTM standartı	Dolgu maddesi oranı	Kenaf	Talc	Cam	Mika
(%)						
Ağırlığa göre dolgu maddesi yüzdesi (%)		0	50	40	40	40
Tahmin edilen dolgu maddesi yüzdesi (%)	D 638	0	39	18	19	18
Elastikiyet Modülü (Gpa)		1.7	8.46	4	9	7.6
Şesifik çekme modülü (Gpa)	D 638	1.9	7.9	3.1	7.3	6.0
Çekme dayanıklılığı (N/mm ²)	D 638	33	69	35	110	39
Gerilme kırılma yüzdesi	D 638	>>10	2.2	X	2.5	2.3
Çentikli izod etkisi (J / m)	D 256 A	24	37	32	107	27
Özgül ağırlık		0.9	1.07	1.27	1.23	1.26

Ürün dayanıklılığı; Bazı örnekler tipik olarak kırılmazlar ama basınç altında gevşerler. Ürün dayanıklılığı ilk olarak basınç gerilimli kavisin başlangıç noktası olarak belirlenmiştir. Bu noktanın çoğu örnekte ya kırılmadan önce gevşediğini ya da tamamen kırılmadığı belirtilmiştir. (Örneğin; basit olarak örnekler test makinesinin taşıma limitine kadar bükülmeye devam etmişlerdir). Dengeli ürün dayanıklılığı; Bu örneklerde ne kırılma nede gevşeme noktası görülür. Basınç gerilimli kavis bu durumda başlangıç eğimi göstermez ama test makinesinin hareket limitine göre düz eğimin artması tercih edilir (Simonsen, 1995).

3.3.2. Şok Özellikleri

Kompozitlerin şok direnci; lif miktarı ve test tipine (örneğin numunelerin çentikli olup olmaması .vs) bağlı olmaktadır. Çentikli numuneler olması durumunda şok direnci; % 45 lif ağırlığı elde edilinceye kadar bir miktar lif ilavesiyle; MAPP'nin (maleik anhidridle karıştırılmış polypropylene) kullanılıp, kullanılmamasını hesaba katmadan artmaktadır. Buna ek olarak liflerin ortaya çıkacağı bölgedeki basınç yoğunlaşmasında çatlakların başlaması için daha az enerji gerekmektedir. Lif – kalıp adezyonunun geliştirilip MAPP'nin kullanımıyla; lif kalıp ara yüzeylerinde çatlakların başlamasına karşı olan direnç artmaktadır ve eklenen liflerin şok direnci düşmektedir. Şok direnci, kompozitlerde esnek ara aşama bölgelerinin sağlanmasıyla ya da etkili değişkenlerle artırılabilir (Sanadi ve diğ.,1995).

3.3.3. Fiziksel Özellikler

Lignoselülozik lif kompozitlerinin özgül ağırlığı ve su absorpsiyonu önemli fiziksel özellikleri arasında yer almaktadır. Su absorpsiyonunun bazı özelliklerin azalmasına neden olduğundan bazı uygulamalarda göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kompozit yüzeylerinde; pahalı yüzey engelleri kullanılmadan kompozitlerdeki nem absorpsiyonunu tamamen bertaraf etmek güçtür. Lignoselülozik bazlı kompozitlerdeki su absorpsiyonu lif hücrelerinde ve lif- kalıplı ara aşama bölgelerinde nemin oluşmasını kuvvetlendirmektedir. Hücre çeperlerindeki nem sonucu olarak lif şişmesi ve bununla ilgili olarak da boyutsal stabilite göz önünde tutulmalıdır. Tipik olarak ağırlıkça %50 kenaf- homopolymer karışımında; 24 saat suya batırılma testinde % 1.05 oranında su absorbe edilmiştir. Bu oran mineral dolgulu sisteme göre hayli yüksektir. Bu yüzden seçilen uygulamalarda oldukça önem taşımakta olup, örneğin elektrikli ev aletlerinde yüksek su absorpsiyonu kritik bir faktör değildir.

Lignoselülozik – bazlı kompozitlerde özgül ağırlık; mineral dolgulu termoplastik malzemelere göre oldukça düşüktür. Polypropilen ile lignoselülozik liflerden elde edilen kompozitlerde yoğunluk 1.4 g / cm^3 iken, mineral dolgulu kompozitlerde yaklaşık 2.5 g / cm^3 tür. Ağırlıkça %50 kenaf ve polypropylen kompozitlerinde özgül ağırlık yaklaşık 1.07 g / cm^3 iken; ağırlıkça 40 % cam lifi – polypropylen kompozitlerinde 1.23 g / cm^3 dür. Selülozik- bazlı katkı maddelerinin düşük özgül ağırlığı yüzünden (yaklaşık olarak 1.4 mineral bazlı sistemlerde ise yaklaşık 2.5) kompozit özellikleri; otomotiv ve diğer taşıma uygulamalarında avantajlıdır. Üstelik benzer ağırlıktaki liflerin kullanımında; örneğin; plastik / cam lifleri % 20 den daha fazla kullanılabilir. Selülozik liflerin yumuşak ve aşındırıcı olmaması ve yüksek dolgu maddesi düzeyli olması mümkündür.

Termoplastiklerin; ev, otomotiv, ambalaj ve diğer düşük fiyatlı; yüksek ses getiren uygulamalarda kullanımı muazzamdır. Materyallerin çevresel etkisinin azalması yeni materyallerin gelişimiyle yada kompozitlerin çevreye göre basıncının azalmasıyla ilgilidir. Gaz yakacağının kıtlığı ve basıncın azalması; gaz ürünlerine ve yenilenebilen kaynakların kullanımının büyüklüğüne bağlıdır. Endüstride tarım materyalin

kullanımındaki; ham materyal kaynakları sadece yenilenebilen kaynakların sağlanmasına değil; aynı zamanda çiftlik ve kırsal alanlardaki ekonomik gelişmenin gıda dışı üretimine de bağlıdır. Tarımsal bazlı dolgu maddesi ve liflerin lif- plastik kompozitlerindeki gelişme ve uygun araştırmalar tarımsal materyalin gıda dışı kullanımına yeni değerler katmaya kılavuzluk etmiştir (Sanadi ve diğ.,1995).

3.3.4. Odun Plastik Kompozitlerinin Dayanıklılık ve Sünme Davranışları Üzerine Mantar Saldırılarının Etkisi

Odun plastik kompozitleri; dayanıklılığı ve kolay onarım açısından kullanıcıların artan oranlarda dikkatini çekmektedir. OPK'nin nem absorbesi; masif ahşaba göre oldukça yavaş olmaktadır (Silva ve diğ. 2001).

İmalatçılar; mantar saldırılarına riskine karşı; ekstrüzyondan önce çinko borat içeren maddelerin katılması yoluna gitmektedirler. Çinko borat bu amaç için kullanıldığında dominant materyal konumundadır. Çünkü düşük su çözünürlüğü, genel ekstrüzyon sıcaklığına karşı koyma ve düşük fiyat özelliklerine sahip olmaktadır. Yapılan testlerle; çinko borat varlığı; mantar saldırılarını potansiyel olarak düşürmüştür. Çinko boratın olmaması durumunda 4 haftalık bir süre içinde *G. trabeum* hem elastikiyet modülünü, hemde sünme özelliklerini düşürür. *P. Placentada* ise yalnızca sünme davranışları etkilenir (Silva ve diğ. 2001).

Odun polimer kompozitlerinde, çinko borat kullanımıyla zaman içerisinde görsel çürüme oranının azalması, şok direnci ve eğilme direnci, nem absorpsiyonu ve kalınlığına şişme büyük ölçüde etkilenmektedir. Laboratuardaki toprak kütle testi; alana maruz kalarak kullanılan kompozitlerin mantar saldırılarına karşı çok hassas olduğunu göstermiştir. Kompozitlerin fiziksel özellikleri üzerinde nem absorpsiyonun negatif etkisi, mantar saldırılarına maruz kalmış alanlarda görülmüştür.

Kompozitlerin mantar dayanıklılığı üzerinde kütle blok testinin kullanılmasıyla; imalat değerlerinin etkisi değerlendirilmiştir. Odun yükünün etkisi ve yüzey absorpsiyonu, parçacık büyüklüğü, odun türü ve koruyucu miktarı araştırılmıştır. Bunların sonucunda:

- Çürüme hassasiyeti odun yüküyle birlikte artar.

- Yüzey aşınması; mantar dayanıklılığını negatif etkileyebilir, düşük ağırlık kaybının olması durumunda örneğin; yumuşak odun- döşenmiş kompozitlerde beyaz çürük saldırıları görülmüştür.
- **Ponderosa çam** bazlı kompozitlerin çürümesi parçacık büyüklüğünün 20- 40 mesh azalmasıyla hem beyaz hemde kahverengi çürüklük saldırıları görülmüştür,
- Çinko boratın etkili olduğu görülmüştür (Verhey ve diğ., 2001).

3.3.5. Odun Lifli Plastik Kompoziti Uygulamalarını Etkileyen Faktörler

Güçlendirilmiş ve dolgu maddesi içeren termoplastik materyallerinin kullanımı iyi gözetlenmiştir. Genel olarak sertlik, dayanıklılık ve termoplastik materyallerin stabilitesi diğer özellikler örneğin şok direnci düşmesine rağmen artmaktadır. Dolgu maddeleri; örneğin kalsiyum karbonat ya da cam lifleri gibi tipik inorganik materyallerdir. Odun lifleri ya da diğer doğal liflerin kullanımı bu uygulamalarda son zamanlarda kabul edilebilirlik kazanmıştır. Odun lifli plastik kompozitleri için en büyük ticari uygulamalardan biri otomotiv iç tabakaları, olmakta ama ticari uygulamaları mobilya, ambalaj ve binada ortaya çıkmaktadır. Burada odun lifli plastik kompozitlerin de fiyat ve yöntem, fiziksel özellikler ve kullanım performansı gibi çeşitli anahtar faktörler üzerinde durulmalıdır.

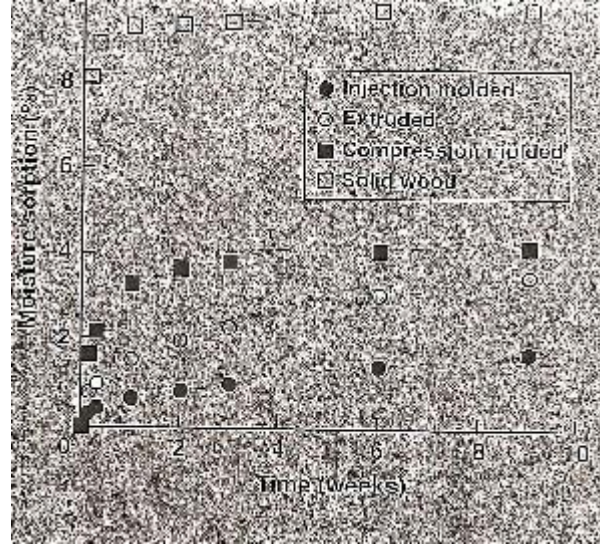
Geniş yelpazedeki odun polimer kompozitlerinin performansını tartışmak zor olmaktadır. Performans, materyaller arasındaki etkileşim; işleme, ürün dizaynı ve çevre dayanıklılığı gibi ayrılmaz özelliklere bağlı olmaktadır. Üstelik yeni teknolojiler, performansı sürekli iyileştirmektedir. Odun ilave edilmiş, uygun doldurulmamış plastik iyice sert olmakta birlikte zaman zaman gevrekleşmektedir. Birçok ticari odun polimer kompozit ürünleri masif oduna göre oldukça sert olmaktadır. Lif ilavesi; una nazaran mekanik özellikleri artırması, örneğin; dayanıklılık, uzama ve çentiksiz, izot etkili enerji açısından tercih edilmektedir. Buna rağmen işleme güçlükleri, örneğin;

beslenme ve düşük özgül ağırlık lifleri ölçme açısından odun polimer kompozitleri liflerin kullanımını sınırlandırmaktadır.

Odun polimer kompozitleri; masif ahşaba göre, oldukça ağırdır. Rutubete maruz kaldığında mantarlara karşı direnç ve boyutsal stabilite açısından daha iyi olanaklara sahiptir (Şekil 3.27). Yüksek odun içerikli kompozitler için bazı imalatçının kullandığı katkı maddeleri; örneğin çinko borat mantarlara karşı direnci iyileştirmektedir. Herhangi bir rutubete maruz kalma durumunda, uygun doldurulmamış plastik daha az su absorbe etme yeteneğine sahiptir. Mantar saldırılarına karşı oldukça dirençli ve rutubete maruz kaldığında iyi boyutsal stabiliteye sahiptir. Buna rağmen birçok plastik ısıtıldığında genişler; odun ilave edildiğinde ise ısı genişmesi azalır (Clemons,2002).

Odun polimer kompoziti materyalinin ve ürünlerinin yangın performansı araştırılmaya başlanmıştır. Bu kompozitler eriyebilmelerinin yanı sıra yanma özellikleri açısından birçok yapı materyalinden farklıdır. Yangına dayanıklılık testinin yapımı güç olmaktadır. Yakma stabilitesi önemle araştırılmıştır. Birçok odun polimer kompozitinin zamanla hafiflemeye eğilimi vardır. Bazı imalatçılar pigment ekleyerek bu etkiyi yavaşlatmaktadır. Diğer eklenen gri renkteki pigmentlerde renk değişmesi daha az göze çarpar (Clemons, 2002).

Odun lifli – polimer kompozitlerinin performans özellikleri lif özelliklerine, polimer kalıplarına ve lif- polimer ara yüzeylerine göre tanımlanmaktadır. Sentetik polimerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında geniş ölçüde veri tabanı mevcut olmakta ve ayrı ayrı ligno selülozik liflerin karakterleri hakkında bir hayli gelişme kaydedilmiştir. Lif / polimer ara yüzeyleri – iki farklı materyalin sınırları saptanmış olup; ne yazık ki kompozit elementlerinin öneminin anlaşılması sağlanamamıştır. Odun liflerinin yapısal ara yüzeylerinin aydınlatılmasıyla güçlendirilmiş amorf termo plastikler (örneğin; polystyrene, polimetil metakrilat) tutulmaz olduğu açıklanmış olup, bu kısımdaki amorf polimer karakteristiklerinden yoksun kalınmıştır.



Şekil 3.27: Masif odunun nem içeriği ve çeşitli metotlara göre işlenmiş % 50 odun unu içeren yüksek yoğunluklu polietilen. Koşullar: 27 F (80 F) ve % yüzde 65 bağılnem (yayımlanmamış veriler) (Clemons,2002)

3.3.5.1.Fiyat

Termoplastiklerde; bazı tip dolgu maddeleri fiyatı azaltırken, performansı arttırmaktadır. Çeşitli atık – kağıt pazar koşulları karşılaştırıldığında odun ve kağıt lifleri genellikle inorganik dolgu maddeleri ya da güçlendiricilerle fiyat rekabeti yapmaktadır (English ve Falk,1995).

3.3.5.2. Nem

Odun lifleri, inorganik dolgu maddelerinden çeşitli yönlerden farklıdır. En önemlisi, odun liflerinin nemidir. Birçok alışlagelmiş plastik yönteminde suya karşı az toleransa sahiptir, havalandırma ekipmanları plastik endüstrisinde bazı higroskopik materyallerde örneğin naylon gibi ortaya çıkmaktadır. Normal yöntem sıcaklıklarında su odunda buhara dönüşmekte ve yayılmasının sonucunda plastik köpüğe dönüşmektedir. Bazı uygulamalarda bu arzu edilir; su zaman zaman köpük olarak plastik kereste profilinde kullanılmaktadır. Buna rağmen köpüklü parçalar arzu edilmez. Besleme sırasındaa odun unu neminin % 0.1- 0.2 kadar az tutulması gerekmektedir(English ve Falk,1995).

3.3.5.3. Termik Duyarluluk

Birçok termo plastik, odun lifleriyle gevşeyip uçabilir ya da yanabilir. Kurala göre; erime sıcaklığı 200 °C' nin altında tutulmalıdır. Odun lifli dolgu maddelerinin kullanım sınırı; polypropylene, düşük ve yüksek yoğunluklu poli etilen (LDPE, HDPE), polystyrene ve polivinil kloride gibi erimiş polimerlerde düşmüştür (English ve Falk,1995).

3.3.5.4. Özgül Ağrlık

Odun lifleri; inorganik dolgu maddelerinden daha düşük özgül ağırlığa sahiptir. Özellikle atık kağıt lifleri bunu doğrular. Dövme ile üretilmiş liflerin özgül ağırlığı 25 kg / m³ ten düşüktür. Beslemede problem çıkabilmektedir.

Atık kağıt liflerinin yoğunluğu ise 150 – 350 kg / m³'tür ve proseste alışlagelmiş besleyiciler kullanılmaktadır. Bu materyalin yoğunluğu besleme için kafidir ve hala erimiş termo plastik parçalanmamış ve dağılmamıştır.

Diğer odun lifli kaynaklar örneğin; odun unu, alışlagelmiş besleme ekipmanlarıyla besleme kafidir. Odun unu 20 – 800 mesh büyüklüklerinde olup, ticari olarak hem yumuşak hem de sert odun lifleri elde edilebilir. Odun ununun özgül ağırlığı 250 kg / m³ civarındadır (English ve Falk,1995).

3.3.5.5. Diğer Yönler

Birçok uygulamalarda, odun estetik amaçlı kullanılmaktadır. Odun lifli plastik kompozitleri bunun iyi bir örneğidir. Doğal yada şeffaf reçine kullanıldığında kompozitlerdeki odun elementi renklidir. Kompozitler renkli olduğunda; uygun doldurulmamış plastikler zaman zaman yüksek parlaklıkta olmamaktadır. Kompozitler eski gazete kağıdından koyu gri ya da siyah renkli mürekkepten türetilmiştir.

Çevresel perspektiften bakılınca; OPK üretiminde çoğunlukla atık odun ve kağıt lifleri tercih edilmektedir bu da çevre açısından son derece faydalı olmaktadır..

Belki de en önemli faktör odun – lifli plastik kompozitlerinin geniş amaçlı kullanımının sınırlandırılmasıdır. Dolgu maddeli ve uygun dolgu olmamış termo plastiklerin birçok kullanıcısı odun liflerini denemişler ve liflerin çalışmadıklarını görmüşlerdir. Kompozitlerdeki çevresel bozukluğun; odun liflerinin termik duyarlılık ve su absorpsiyonundan yoksun olmasından kaynaklanması söz konusudur. Bu koşulların anlaşılması ve yer edinmesi halinde; odun lifli plastik kompozitleri teçhizat değişimi olmaksızın alışlagelmiş plastik uygulama yöntemleriyle imal edilebilir (English ve Falk,1995).

3.3.6. Ağırlık ve Aşınma Özellikleri

Odun lifleri ağırlık ve aşınma göz önüne alındığında inorganik dolgu maddelerinden daha avantajlıdır. Odun liflerinin maksimum yoğunluklu özgül ağırlığı $1.3 - 1.4 \text{ g/cm}^3$ olup, diğer genel liflerden bir hayli düşüktür. Örneğin kalsiyum karbonat 2.9 , cam lifleri 2.5 g/cm^3 yoğunlukta. Bu yüzden kompozitler eşit yüzdeli dolgu maddeli lifler; odun liflerinin yerini almıştır. Ek olarak yüksek dayanıklılık – ağırlık oranı bu kompozitlerde otomotiv ve ambalaj uygulamalarında çekici hale getirmiştir. Buna rağmen; odun liflerinin işleme ekipmanları inorganik materyallerden daha az aşındırıcıdır (English ve Falk,1995).

3.3.7. Termik Özellikler

Termo plastiklerin sıcaklık değişimi sonucu, boyutsal genişleme, nem değişiminden oldukça hassastır. Termo plastiklerdeki odun ilavesi boyutsal genişlemeyi önemli derecede düşürmektedir. Buna rağmen; odun lifli plastik kompozitlerinin odun liflerine nazaran termik duyarlılığı oldukça yüksektir. Tablo 3.10 da çeşitli atık kağıt – lifli dolgu maddesi düzeyinin LDPE ve HDPE ile birlikte termik boyutsal genişlemeye etkisi karşılaştırılmıştır. Lif içeriğinin artımıyla termik boyutsal genişleme esaslı bir şekilde azalmıştır ama masif odunun 250 kez daha düşük olduğu belirlenmiştir. Odun lifli plastik kompozitlerin termik boyutsal genişleme minimize edilmesi önemlidir.(English ve Falk,1995).

Tablo 3.10: Termik çizgisel dağılımın emsal rakamları (English veFalk,1995)

Plastik tipi	Atık kağıt Lif miktarı	Katsayı
	(%)	(mm / C)
LDPE	0	0. 0141
	8	0. 0114
	12	0. 0108
	25	0. 0073
HDPE	0	0. 0093
	8	0. 0085
	12	0. 0078
	25	0.0059
Masif odun		0. 000024 – 0. 000035

3.3.8. Ultraviyole Işık Dayanıklılığı

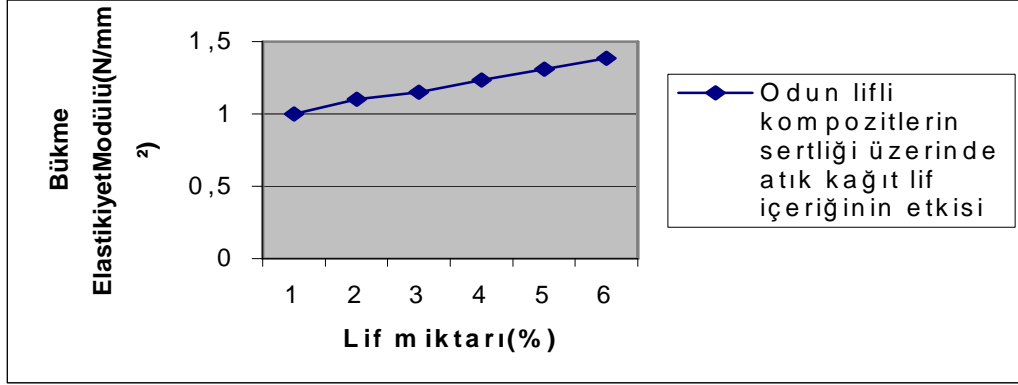
Odun lifli – plastik kompozitlerinin UV dayanıklılığı, gerekli koşullara maruz bırakılması halinde başarısızlıkla sonuçlandığı ifade edilmektedir. Buna rağmen birçok çalışmada bilgi yanlışlığı olsa da bilimsel olmayan gözlemler önerilmiş olup, zayıf imalat tekniğinin kombinesi başarısızlığa neden olmuştur (örneğin; zayıf karıştırma) ve kompozitin yapımının bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. Kompozit elementlerinin yüzey koşulları boyama ve diğer bitirme işlemleri, dayanıklılığı mükemmel bir şekilde arttırmaktadır. Uygun şekilde imal edilmiş ve sınıflandırılmış odun lifli – plastik kompozitleri mükemmel dayanıklılık koşullarını göstereceği ortamlara maruz bırakılmaktadır (English ve Falk,1995).

3.3.9. Tasarım Özellikleri

Malzemenin performansı, yapı ve yapısal uygulamalar için önemli olup, tasarım yapılırken dikkate alınmalıdır. Malzemenin performansı iki yönlü ürünün bileşenlerine ve ortam şartlarına bağlıdır. Ürünün tasarımında emniyet gerilmeleri ve istenilen limit direnç değerleridir.

Odun lifli plastik kompoziti ürünlerin yapıda kullanımında düşük ihtimalle direnç bakımından başarısızlık ortaya çıkabilir ve sertlik yeterli olmayabilir.

Zorluklardan biri odun lifli – plastik kompozitlerin tasarım yükünün saptanmasındaki test örneklerinin kırılmadan önce aşırı derecede deforme olma eğilimidir. Genellikle, odun lifli – plastik kompozitlerin lif içeriğinin artmasıyla eğilme kapasitesi de artmaktadır (Şekil 3.28). Sertlik dikkate alındığında; kompozitler plastiğin kendisine göre daha sert olmakta; lif içeriğinin artmasıyla birlikte genellikle sertlik artmaktadır.



Şekil 3.28: Odun lifli plastik kompozitlerinin sertliği üzerine atık kağıt lif miktarının etkisi (English ve Falk, 1995).

Tablo 3.11 göz önüne alındığında küçük, temiz örnekli güneydoğu çamı ya da Douglas Göknarı örneklerinin dayanıklılık ve sertlik düzeyinin plastiğe ya da odun lifli plastik kompozitlerine göre daha büyük olduğunu ortaya konulmuştur. Büyük boyutlu doğal kusurları içeren ahşap malzeme göz önüne alındığında farklılık özelliklerinin büyük olmadığı görülmektedir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11: Küçük ve kusursuz örnek niteliğinin karşılaştırılması (English ve Falk, 1995)

Özgül Ağırlık	Ortalama eğilme direnci	Ortalama elastikiyet modülü
	(N/ mm ²)	
Polyolefins	8 – 50	200 – 2,000
Odun – plastik kompoziti	30 – 100	3,000 – 6,000
Güneybatıçamı / Douglas göknarı	85 – 98	13,000 +

Masif ağaç malzemedede genellikle ya küçük ve kusursuz örneklerle ya da büyük boyutlu örneklerle test yapılır. Çünkü küçük ve kusursuz örnekler odun kusurları içermediklerinden (budak, lif kıvrıklığı,...vs),büyük boyutlu malzemededen daha yüksek direnç değerleri elde edilmektedir. Odun plastik kompozitleri de masif ağaç malzemeye benzemekte,delgi,bıçkı,testere,planya gibi odunda kullanılan sıradan ağaç işleri aletleri kullanılmaktadır.

Odun polimer kompoziti ürünlerinde kullanılan bağlantı elemanları örneğin; çivi ve vida oduna göre 2 ile 4 kat daha iyi sonuç vermektedir.

3.3.10. Sünme

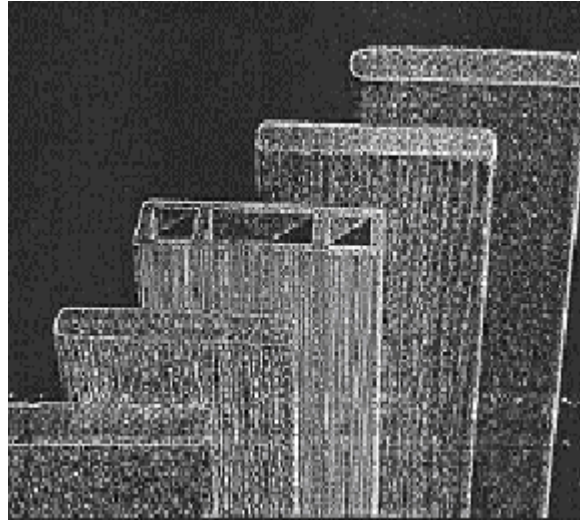
Odun davranışlarının en önemli özelliği zamana bağlı olarak, odun ürünlerinin yük taşıyabilme kapasitesi olan sünme olarak bilinmesidir. Çekme yüküne maruz kalan yapısal elamanlardaki sapma sünmedir. Odun lifli plastik kompozitleri; alışlagelmiş odun ürünleriyle karşılaştırıldığında düşük sünme direnci göstermekte, yapısal uygulamaları sınırlı olmaktadır. Araştırmalar odun – lifli plastik kompoziti ürünlerinin sünme özelliklerinin tam olarak saptanması için sürdürülmelidir.(English ve Falk,1995)

3.4. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNİN KULLANIM YERLERİ

Yapı ürünlerinde bulunan sınırlı yapısal gereksinimlerden dolayı odun polimer kompozitleri için son derece büyük bir gelişme potansiyeli yaşanmıştır. OPK ürünleri; deck, çit, endüstriyel zemin, bahçe keresresi, küpeşte ve kalıp gibi yerlerde kullanılabilir. Basınçlı koruma işlemi görmüş kereste genellikle daha çok deck ve küpeşte materyali olarak kullanılmaktadır (% 80 oranında); ama piyasada odun polimer kompozitinin deck yapımında kullanımı hızla büyümektedir. 1997 yılında güverte piyasasındaki % 2 olan hisseler, 2000 yılında % 8'e çıkmış ve 2005 yılında bu rakamın 2 katına çıktığı tahmin edilmektedir.

3.4.1. Deck Yapımı

Buna rağmen; WPC'den yapılan deck (Şekil 3.29); basınçla emprenye edilmiş ağaç malzemedenden daha pahalıdır; imalatçılar; WPC'yi düşük bakım- onarım ihtiyacı; çatlak ve kıymık olmaması ve yüksek dayanıklılığı açısından tercih etmektedirler. Odun polimer kompoziti kerestesi gerçek yaşamda hala tartışılmaktadır. Birçok imalatçı 10 yıl için bu keresteyi önermektedir. WPC kerestesi; iyi doldurulmamış plastik kereste ile karşılaştırıldığında sertliği arttırmak, ısı genleşmesini düşürmek açısından avantajlıdır.



Şekil 3.29: Odun plastik kompozitlerinden (OPK) yapılan deck levhası (Clemons, 2002)

Bununla birlikte mekanik özellikler; örneğin aşınma direnci, sertlik ve direnç masif ahşaba göre daha düşüktür. Bu nedenle kompozitler halen uygulamalarda dikkate değer bir yapısal performans gerektirdiğinden fazla kullanılmamaktadır. Örneğin WPC, deck levhaları için bu yüzeylerde kullanılmaz. Masif dikdörtgen biçimindeki profilin yanı sıra kompleks oyuklu ve girintili çıkıntılı profilde üretilmektedir. Deckte odun lifleri odun unu, pirinç tekne gövdesi, organik dolgu kullanılmaktadır. Bunlarda yaklaşık % 50 odun lifi kullanılmakta ve bazı ürünlerde ise % 70 kadar odun lifi içermektedir. Çoğunda poli etilen karışımı kullanılmakta ama bazı imalatçılar deck yapımında son zamanlarda piyasada PVC ile birlikte polypropylene kullanımına başlamışlardır. En azından 20 imalatçı WPC' den decck üretmektedir. Halen bu piyasada büyük imalatçılar baskındır.

Pencere ve kapı imalatçıları kalıp ve diğer endüstriyel parçalarda WPC kullanmaktadır. Lif içeriği oldukça çeşitlidir. PVC de sıklıkla kullanılan termo plastik karışımı pencere uygulamalarında, kullanılmakta ama diğer plastik ve plastik karışımı da kullanılabilir. Buna rağmen iyi doldurulmamış PVC den daha pahalıdır. Odun – dolgulu PVC ısı stabilitesi, rutubete karşı direnc ve sertlik açısından önem kazanmıştır.

Birçok endüstri kılavuzu, ürün hattında WPC profillerini önermektedir. Onların çeşitli yaklaşımları vardır. Bir imalatçıya göre birlikte kalıptan çıkarılmış odun- dolgulu PVC ile uygun doldurulmamış PVC dayanıklılığı arttırmak üzere dış yüzeyler için kullanılmaktadır. Diğer imalatçılara göre birlikte kalıptan çıkarılan PVC'nin iç kısmı odun – dolgulu PVC yüzeyleri ile boyanabilir. Ancak diğer imalatçılar iki farklı kompozit önermektedirler: Odun – dolgulu PVC ve kolay vidalanma ve çivilenme için ve de köpüklü iç kısımlar için kompozit (Clemons, 2002).

Avrupa'da deck piyasası genelde yoktur ve WPC güverte piyasası ise neredeyse hiç yoktu. Buna rağmen diğer ürün alanları vardı. Anti – PVC duygusu (çünkü PVC klorla birleşmektedir) korkutucudur. Yetki PVC pencere imalatçılarına aittir. PVC ile birlikte OPK'nın yerine başka olasılıklar koymak mümkündür (Clemons, 2002).

Japonya'da örneğin; OPK'ların deck, duvar, zemin, panjurlu pencere ve ev mobilyasına son kullanım olarak izin verildiği ifade edilmiştir.

Odun – polypropylene tabakası; iç yüzeyler için Amerika'da hala yapılmaktadır ama imalatçılar havalı serme işleminde oduna göre diğer doğal liflerin kullanımına başlamışlardır. (Örneğin; kenaf ya da keten). Doğal lif takviyeli termoplastiğin kullanımındaki gelişmeden dolayı iyi doldurulmamış plastiğe göre tercih edilmektedir. Otomotiv uygulamalarında Avrupa'ya göre Amerika'da düşme gerçekleşmiştir. Çevresel hususlar, etkileyici bir güç olmuştur. Bir pazar analistine göre; Amerik' da ki büyümenin yavaş olmasının en önemli nedenleri; posta kanallarının olmayışı ve yüksek taşıma ücretinden kaynaklanmaktadır. Önemli Amerikan şirketlerinden biri; polypropylene ve polystyrene ile birlikte doğal lif kompozitlerinden otomotiv kapı panellerini üretmişlerdir. Kapılardan yan darbelere karşı 4 – yıldızlı bir sağlamlık elde etmişlerdir. Birçok diğer iç kısımda kullanılan otomotiv parçaları da benzer teknolojiyle

yapılmıştır. Test edilen diğer ürünler içerisinde paneller, paket rafları, yük uygulanan zeminler ve kamyon kasaları yer almaktadır.

Odun lifli – plastik kompozitlerinin (OPK) Kuzey Amerika’da kullanımı yeni değildir. Otomobil ve kapı endüstrisinde odun ve plastik kompozitleri on yıldır kullanılmaktadır. Buna rağmen kalıptan çıkarılmış odun – plastik kompozitleriyle ilgili yeni ürünler pazarın büyümesiyle hız kazanmıştır. Son 5 yıldan fazla kalıptan çıkarılmış odun polimer kompozitlerinin tüketimi neredeyse % 100 oranında artmıştır. Odun polimer kompozitlerinin öncelikli baskın uygulamaları (Örneğin; açık hava decki ve raylı sistem) teknolojik yarar sağlandıysa da yeni ürün uygulamalarının aciliyeti sürmektedir. Odun plastik kompozitlerinin dış deck malzemesi olarak kullanımının ötesinde pencere uygulamalarında kullanımı artmakta ve kalıp, tornacılık ve siding ürünlerinin kullanımı da önemlidir.

Odun polimer kompoziti ürünlerinin dış kullanımda popülaritesinin hızla artması 2 faktörle dayanmaktadır: Müşteri korkusu; sağlık seçimi konusunda ve işlem görmüş odun ürünlerinin çevresel riski ve işlem görmüş ahşap malzemenin çeşitli performansları konusunda müşteri memnuniyetsizliğidir. Talep sağlam, fiyat etkili, dayanıklı ve çevresel tehlikesiz materyallere olmaktadır. Özellikle; burada potansiyel olarak yüksek büyüme gösteren , yüksek fiyatlı endüstriyel ürün / pazar fırsatı sivil ve askeri uygulamalarda odun polimer kompoziti göl/havuz kenarı uygulamalarında ortaya çıkmıştır.

Odun lifli plastik kompozitlerin de ki odun ürünleri endüstrisindeki tek gelişme: acil yenilenebilen materyallerin; metot, formülasyon ve performans yeniliği; uygun performans odun ve termo plastik komponentleri ve fiyatla kombine olmaktadır. Tarihsel olarak odun polimer kompozitleri; Kuzey Amerika’da geniş alanlarda ürün vermektedir. Oto parçaları, kapı yüzeyi, araçlar ve mobilyada yeni bir isim kazanmıştır. Buna rağmen son zamanlarda yalnızca kalıptan çıkarılmış odun polimer kompozitleri yapı imalat endüstrisinde üretilmeye başlamıştır.

Uygulamalar, odun polimer kompozitlerinde ilk olarak düşük teknikli yapısal görüş noktalarında peyzaj keresteleri, piknik masaları, oyun alanı ekipmanları, sıra, çit ve çöp kaplarını kapsamaktadır. Yıllar evvel, Trex şirketinin ortaya çıkardığı deck levhası

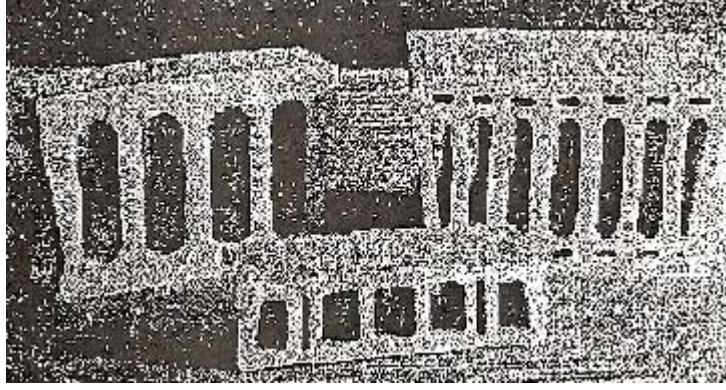
ürünleri birçok müşteri arasında memnuniyetsizlik yaratmakta, çeşitli işlem görmüş kereste ürünlerinde örneğin; uzun süreli onarım, yüzey karakteristikleri ve düzgünlük görülmektedir. Kısa bir süre sonra Andersen Derneği PVC – bazlı odun polimer kompoziti pencere hattı kurarak pazarda plastik pencerenin yerine geçmektedir. Odun polimer kompoziti üretim kapasitesi artmakta olup bunu yeni uygulamalar izlemiştir. Odun polimer kompozitlerinin diğer pencere uygulamaları ile ilgili olduğu; örneğin kapı stili ve raylar ve çeşitli diğer dış uygulamalar; bunun içinde siding ve siding aksesuarları olmaktadır. Bu gelişmelerin tümünde uzun müddetli performans, uygun görünüş ve boyutsal stabilite önemlidir (Smith, 2001).

Odun polimer kompoziti ürünlerinin başarısı sayesinde; Amerika’da ki konutlara ait ve endüstriyel deck ve çit pazarından 3.2 milyon dolar kazanılmıştır (Tablo 3.12).

Tablo 3.12: Amerika’daki deck ve demiryolu pazarı, 1997 ve 2000 (Smith,2001)

Ürünler	Pazar paylaşımı	
	1997	2000
	- - - - - (%) - - - - -	
P-t kerestesi (%75 çam)	82- 87	80
Kızılağaç	6 - 8	6
Sedir	3 - 6	3
Plastik kerestesi	1	2
Odun Polimer Kompoziti	2	8
İthalat	1	1

Bugün, ABD’da basınçla – emprenye edilmiş kerestenin deck materyali olarak % 80 oranındaki payını % 6 redwood, % 3 sedir, % 2 plastik, % 8 odun polimer kompoziti ve % 1 diğer ithal materyaller takip etmektedir (Smith, 2001). ABD’de deniz kuvvetlerinde kullanılan için deck levhalarının profilleri şekil 3.30da görülmektedir.



Şekil 3.30: Amerika da ki U.S deniz kuvvetleri için güverte levhası profilleri (Smith,2001)

ABD Deniz Kuvvetlerinin sahil faaliyetlerinde kullanım için alternatif materyallerin geliştirilmesi konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Sağlam, ucuz, dayanıklı, çevreye uygun yapı materyallerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Artan deniz oyuncu popülasyonları, deniz çevresinde kimyasal işlem görmüş odunun kullanımını gerektirdiğinden, OPK'leri bu türlü kullanıma katkıda bulunmuştur.

U.S güverte ve demiryolu pazarının yayılımının ve gelişmesinin sürmesi beklenmektedir. Sentetik güverte / demiryolu Pazar kısımlarında gerçek odun polimer kompoziti ürünlerinin markalanıp hedef pazarlarda tanıtılması muhtemel olacaktır ve dizayna göre (profil ve donanım sistemleri), materyal komponentleri, formül oluşumu, çevresel çeşitlilik ve servis bağlantısıyla ayırt edilmiştir. (Smith,2001)

3.4.2. Odun Plastik Kompoziti İçin Diğer Uygulamalar

Kuzey Amerika'da ki diğer potansiyel pazarlarda değer kazanmış uygulamalar arasında örneğin; dış cephe, pencere ve kapı kısımları, kalıp ve tornacılık, endüstriyel döşeme ürünleri yer almaktadır. Pencere ve kapı kanatları pazarı hala yükselmektedir (Smith, 2001).

Yakın gelecekte kayda değer bir piyasa büyümesi beklenmektedir. Odun plastik kompozitlerindeki gelişmeye, çeşitli iskanlardaki kullanımlarda deck, eğlence yeri ve çit gibi malzemelerin (CCA) ile emprenye edilmiş odunun piyasadan kalkması yardımcı

olmuş olabilir. OPK piyasası 2001'de % 20'ye ulaşan pazar payını 2005 yılında iki katına çıkarmayı planlamaktaydı.

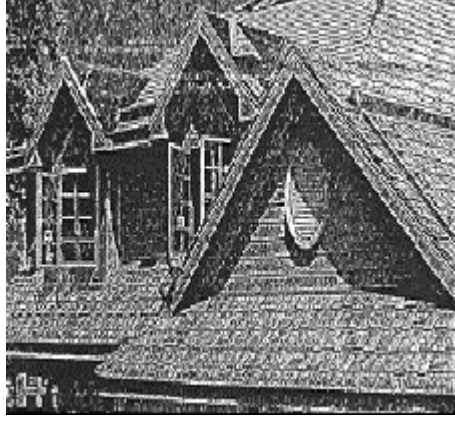
Odun – termo plastik kompozitleri sundurma, siding ve çatı pedavrası gibi yerlerde de kullanılabilir (Clemons, 2002).

Geliştirilmiş OPK'lar; halen iskele dayanağı ve rıhtımdaki gemilerin sarsıntısını absorbe eden işlem görmüş kereste yerine kullanımı araştırılmaktadır. Diğer ürünleri içerisinde, istif rafı, saksı, kama, kozmetik kalemi, direk, alet sapı, banyo yan cephesi ve ofis aksesuarları yer almaktadır. (Clemons, 2002)

Odun ve plastik komponentleri arasındaki etkileşim, çok önemli bir araştırma konusu olmuştur, çünkü kompozitin performansı önemlidir. Etkileşim karmaşıktır, çünkü odun ve plastiğin yapışması zayıftır ve odun polimerleri kristal bir yapı gösterebilir. Hayli önemli bir araştırmadaki son zamanlardaki gözlemlere göre bağlayıcı maddelerin kullanımı, odun ve plastik arasındaki muamele ile yapışma iyileştirilmiştir. Birleştirici madde ve diğer katkı maddeleri arasındaki etkileşimin önemi biçimlendirme oldukça karmaşık olduğundan artmaktadır.

Bu gelişen endüstri için, katkı maddeleri performansı ve üretimi özellikle iyileştirdiği için geliştirilmiştir. Profil oldukça gelişmiştir ve talep edilen uygulamalara göre taşınabilmekte ve oldukça fazla katkı maddesi teknolojisi gerekmektedir. Biçimlendirme farklı matrislerde oldukça kompleks olmakta ve geniş aralıkta kullanılan katkı maddeleri profil yoğunluğunu düşürmekte ya da işlemi, çıktıyı ve ürün dayanıklılığını iyileştirmektedir.

Birçok araştırma; OPK'nin hizmet ömrü ve dayanıklılığı konusunda yoğunlaşmıştır. Çünkü bu kompozitlerin kullanımı dış uygulamalarda artmaktadır. Son zamanlardaki sempozyumlarda, böceklere karşı direnç ve mantar saldırıları, yangın performansı, rutubet özellikleri, ultraviyole ışık direnci ve aşınma performansı konularında çalışmalar yoğunlaşmıştır (Şekil 3.31, 3.32a, 3.33b) (Clemons, 2002).



Şekil 3.31: Doğal lif ve termoplastiklerden yapılan çatı padavrası (Clemons, 2002)



Şekil 3.32a: Odun plastik kompoziti dayanıklılığı hakkında yer alan testi (Clemons, 2002)



Şekil 3.32b: Odun plastik kompoziti dayanıklılığı hakkında üst zemin alanı testi (Clemons, 2002

Japonya'daki Mitsubishi Motor Şirketi otobüs ve kamyonlardaki arka kapak, yağmur siperliği ve yer döşemesi kiriş kısımlarında odun – plastik kompoziti kullanmışlardır.

Odun – plastik kombinasyonlarındaki materyal dayanıklı ve lastik görünümü sağladığından açık hava uygulamalarına özellikle uygunluk göstermektedir. Tipik olarak; deck, park, sahil bölgelerinde doğal odunun yerine kullanılabilir.

Ev içinde ve açık hava uygulamalarının bir çoğunda OPK önerilmektedir. Japonya'da Mizowa tarafından geliştirilen teknolojiyle alüminyum çerçeve odun – plastik materyalleriyle kaplanarak odalara doğal bir atmosfer verilmiştir.

MDF ve yongalevhadan formaldehit problemlerinden dolayı, bazı uygulama alanlarında bu levhaların yerine odun plastik kompozitlerinin denendiği ifade edilmektedir. Pencere denizliği ve mutfak çalışma alanı, okul mobilyaları ve piknik masası tipik uygulamalardır. Enjeksiyonlu kalıpla ya da sıcaklıkla şekillenmiş dolap ve bunun gibi çocuk odası için mobilya da odun lifli kompozitlerden yapılmaktadır (Bledzki ve Sperber,1995) .

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Odun plastik kompozitlerinin üretimi Avrupa' da başlamış olup, iki materyalin kombine edilip geliştirilmesiyle Amerika ve dünyanın diğer bölgelerindeki pazarlara yayılmıştır. Bu yeni tip malzemeler, çeşitli polimerler (PP, PE ve PVC gibi) ve farklı lifsel dolgu maddelerinin (odun unu, keten, hint keneviri ve diğer selüloz bazlı lif) bir araya getirilmesiyle üretilmektedir.

Yeni geliştirilen odun polimer kompozitlerinin kullanım değerinin tam olarak ortaya konulabilmesi için, alternatif olan masif ağaç malzeme ve odun-esaslı levhalarla kullanım performansları açısından karşılaştırılmaları gerekir.

Uygulamaları, önemli avantajlar sağlamakta ve deck, dış cephe kaplama, pedavra, oto iç parçaları, kapı ve pencere çerçeveleri gibi pazarlarda yerini almaktadır. Son beş yılda odun polimer kompozitleri pazarı % 100 oranında büyümüştür. Odun plastik kompozitleri odunla benzer özelliktedir ve matkap, testere ve planya gibi odunda kullanılan sıradan ağaç işleme aletleri ile işlenebilmektedir. Odun polimer kompoziti ürünlerinde kullanılan çivi ve vida gibi bağlantı elamanları oduna göre 2 ile 4 kat daha iyi sonuç vermektedir. Özel yapıştırıcılar kullanılarak, diğer malzeme tipleri üzerinde mükemmel bir adezyon gerçekleştirilebilmektedir.

OPK ürünleri; rutubete karşı son derece dirençli olup (su absorpsiyonu % 0.7, ponderesa çamı için bu değer %17.2'dir) az miktarda kalınlık şişmesi mevcuttur. (Bu oran % 0.2'dir, Ponderesa çamı için bu oran % 2.6'dır). Su muhtevası ya az yada hiç olmadığından mantar saldırıları ve çürüme problemi önemli bulunmamaktadır.

OPK üretiminde odun atığı ve yeniden kullanılabilen plastiklerin değerlendirilebilme imkanı bu ürünlere rağbeti artırmaktadır. Bazı atık maddeler olarak, sert odun ve yumuşak odun atıkları, kereste biçme sırasında çıkan talaş, fındık kabuğu, saman, mısır koçanı, atık kağıtlar ve atık plastik malzemeleri sayabiliriz.

Odun kompozit kompozitlerinin üretiminde enjeksiyon kalıp sistemi ve ekstrüzyon yöntemi daha yaygındır. Özellikle profil türü malzeme üretiminde PVC-U ekstrüzyonunun kullanılması idealdir.

Odun plastik kompozitlerinin bazı önemli özellikleri aşağıda sıralanmış bulunmaktadır (Clemons, 2002):

- Yüksek boyutsal stabilite
- Yüksek dayanıklılık
- Rutubete karşı yüksek mukavemet
- Yüksek şok direnci
- Düşük alev yayılımı
- Mükemmel termik özellik
- Fevkalade çivi ve vida tutuma gücü
- Yeterli basınç, çekme ve makaslama direnci
- Nisbeten çevre dostu bir ürün olması
- Yeniden kullanılabilme
- Geniş ürün yelpazesi ve görünüm özellikleri
- Atık materyallerin kullanım imkanı
- Uygun fiyat
- Kolay üretim ve kolay uygulama imkanı

Odun plastik kompozitlerinin geleceği, yeni ürün tespiti, ürün kalitesi, tüketici davranışı, araştırma başarısı ve gelişme çabaları gibi birçok faktöre bağlıdır. Başarı, orman ürünleri ve plastik endüstrisinin ilişkilerini iyi bir şekilde sürdürmelerine ve birlikte çalışmalarına bağlıdır.

Yukarıda sıralanan özellikler dikkate alındığında, OPK'lerinin ülkemizde de üretiminin gerçekleşmesi ve pek çok alanda (deck, dış cephe kaplaması, oto iç parçaları, bahçe mobilyaları, çit vb.) kullanım imkanı bulması oldukça yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

CLEMONS, C., 2002, Wood-Plastic Composites in the United States The Interfacing of Two Industries. *Forest Product Journal* , 52 (6): 10-17

SMITH, P., 2001, U.S. Woodfiber-Plastic Composite Decking Market, *The Sixth Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 15-16 2001, 13-17

VERHEY, S.A, LACKS, P.E, RİCHTER, D.L, Effect of composition Resistance of woodfer- Thermoplastic Composites, *The Sixth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 15-16 2001, 79-86

SİLVA, A.,FREİTAG C.,MORREL, J.J,GARTNER,B Strength of Wood Plastic Composites, *The Sixth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 15-16 2001, 73-77

BLEDZKI, A.K ve SPERBER, V.E, 1999, Recent Developments in wood-plastic: United States, Japan, and Europe, *The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 187-192

FORD, M., 1999, Research needs of the woodfiber-plastic composites marketplace, *The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 199-201

BACKİEL, A., 1995, The Fiber Side of Eguation, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polymer for Composites*, May 1-3 1995, Madison USA, 3-7

ROBSON, D.ve HAGUE, J., 1995, A Comparision of Wood and Plant Fiber Properties, *Woodfiber- Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995 Madison USA, 41-46

ENGLISH, W.B., ve FALK, H.R., 1995, Factors that Affect the Application of *Woodfiber-Plastic Composites*, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995 Madison USA, 189-194

RİALS, G.,YSBRANDY, R,E, WOLLCOTT,M,P, 1995, Thermal Properties of Woodfiber-polystyrene Composites, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995 Madison USA, 180-185

SANADI, A.R. WALZ K, WİELOCH, L, JACOBSON, R,E, CAULFIELD,D,F, ROWELL,R,M,1995, Effect of Matrix Modification on Lignocellulosic Composite Properties, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995 Madison USA, 166-172

ROWELL, M.R. JACOBSON, R, DELL, J,Y,1995 Use of Natural Fibers in Resin Transfer Molding, 1995, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995, Madison USA, 137-140

SİMONSEN, J., 1995, The Mechanical Properties of Woodfiber-Plastic Composites: Theoretical vs. Experimental, *Woodfiber- Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995, Madison USA, 47-55

GROOM, H.L, SHALER,M.S, MOTT,L,1995, The Mechanical Properties of Induvidial Lignocellulosic Fibers, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 1995, Madison USA, 33-40

KİLLOUGH, M.J, 1995, The Plastics Side of the Eguation, *Woodfiber- Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber And Polimer for Composites*, May 1-3 1995, Madison USA, 7-15

ŞAHİN, H.T., 2006, Lignoselülozik Liflerden Kompozit Malzemelerin Üretimi ve Genel Özellikleri, 3.Ulusal Kongresi, 15,16,17 Kasım 2006, İstanbul, 418-429

LAVİSCİ, P., Effect of different wood fillers in wood-polypropylene automotive interior panels, *The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 165-173

MARTİN, C., 1999, Using twin-screw extruders to manufacture woodfiber-plastic pellets or parts, *The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 219-231

Anon., Polymer Data File: PS, PVC, PP, ABS, [http:// www.tangram. co.uk/TI-Polymer-PS.html](http://www.tangram.co.uk/TI-Polymer-PS.html) (Ziyaret Tarihi: 09 Ocak 2007)

Anon., Polymer Data File: <http://tr.wikipedia.org/>

Anon., Polymer Data File:<http://bpf.co.uk/>

AKBULUT, T., *Lif Levha Endüstrisi Ders Notları*, 2001, 21-24

ÖZGEÇMİŞ

Ömür Fatma Süinanç 1978 yılında İstanbulda doğmuştur. Orta ve lise öğrenimini İstanbul Bahçelievler Lisesinde tamamladıktan sonra, 1998 yılında İ.Ü Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde eğitime başlayıp, 2002 yılında tamamlayıp, 2003 yılından beri aynı bölümde Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında yüksek lisans yapmaktadır.