

ÖZET

Plastik matrisli kompozitlerin endüstriyel uygulamadaki önemi gittikçe artmaktadır. Özellikle elektronik, otomotiv ve havacılık-uzay alanlarında elektriksel özellikleri araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır.

Elektronik sanayiinde, plastik matrisli iletken kompozitler koruyucu ve elektriksel manyetik koruma alanı oluşturucu malzemeler olarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, bazı çalışmalar literatürde varolan çalışmalara benzer, bazıları ise, farklı olarak, pamuk ve ipek elyaflarla takviye edilmiş plastik matrisli kompozitlerin elektriksel özelliklerini araştırmak için yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: plastik matrisli kompozit, elektriksel özellikler, ipek, pamuk.

ABSTRACT

The importance of plastic matrix composites is getting more increasing in the industrial applications. The electrical properties those are, studied in particular areas such as electronics, automotive and aerospace researches.

In electronics, the plastic matrix conductive composites are used as a protective materials and electrical magnetic shielding materials.

In this study, some works are parallel to similar in literature works and as a distinguished works cotton and silk fibers have been used to reinforced the various plastic matrixes to investigate the electrical resistance properties.

Keywords: plastic matrix composite, electrical properties, silk, cotton.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
1. Plastik Kompozitler	01
1.1. Kompozit malzemeler	01
1.1.1. Matris	01
1.1.2. Takviye Malzemeleri	01
1.1.2.1. Cam lifler	01
1.1.2.2. Karbon lifler	02
1.1.2.3. Polimer lifler	02
1.1.3. Kompozit Malzeme Üretiminde Etken Faktörler	02
1.2. Plastikler	03
1.2.1. Polimer	03
1.2.1.1. Polimerlerin Kaynağına Göre Sınıflandırılması	03
1.2.1.2. Polimerlerin Zincir Yapısına Göre Sınıflandırılması	03
1.2.1.3. Polimerlerin Monomer Kompozisyonuna Göre Sınıflandırılması	04
1.2.1.4. Polimerlerin Isısal Davranışına Göre Sınıflandırılması	06
1.3. Plastiklerin Elektriksel Özellikleri	06
1.3.1. Polarım	06
1.3.2. Dielektrik Özellikler	08
1.3.2.1. Dielektrik Sabit	08
1.3.2.2. Dielektrik Mukavemet	09
1.3.2.3. Dielektrik Şiddeti	10
1.3.2.4. Güç Faktörü	11
1.3.2.5. Yalıtım Direnci	13
1.3.2.6. Ark Direnci	13

1.4.	Elyaf Takviyeli Plastik Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri	14
1.4.1.	Ekstrüzyon Yöntemi	14
1.4.2.	Enjeksiyon	16
1.4.3.	Diğer Yöntemler	18
1.5.	Elyaf Takviyeli Plastik Kompozitlerin Elektriksel Özellikleri	20
1.5.1.	Plastik Kompozitlerde Elektriksel İletim Mekanizması	20
1.5.2.	Yapılan Çalışmalar	21
2.	DeneYlerde Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri	23
2.1.	Matris Malzemeleri: ABS (Akrinitril it Bütadien Sitren)	23
2.1.1.	Fiziksel Ve Mekanik Özellikler	26
2.2.	Pc (Polikarbonat)	27
2.2.1.	Uygulama ve Kullanım Alanları	30
2.3.	PS (Polistiren)	32
2.3.1.	Polistirenin Mekanik Özellikleri	35
2.3.2.	Elektriksel ve Isıl Özellikler	36
2.3.3.	Çevresel Etkilere Direnç ve Kimyasal Özellikler	36
2.3.4.	Diğer Özellikler	37
2.4.	PP (Polipropilen)	38
2.4.1.	Polipropilenin Yapısı	38
2.4.2.	Polipropilenin Genel Özellikleri	40
2.4.3.	Polipropilen Türlerinin Sınıflandırılması	42
2.4.4.	Kullanım Alanları	43
2.5.	PA(Poliamid)	44
2.6.	DeneYlerde Kullanılan Takviye Malzemeleri Ve Özellikleri	48
2.6.1.	İpek Elyaf	48
2.6.1.1.	İpeğin Yapısı ve Özellikleri	48
2.6.1.2.	İpeğin Kullanım Alanları	50

2.6.2.	Pamuk Elyaf	50
2.6.2.1.	Pamuk Lifinin Özellikleri	51
2.6.2.2.	Pamuk Lifinin Kullanım Alanları	57
2.6.3.	Kalsit	57
2.6.3.1.	Kullanım alanları	59
2.6.3.2.	Üretim Yöntemi ve teknolojisi	61
2.6.3.3.	Ürün standartları	63
2.6.4.	Polistiren / Polidien Blok Kopolimer Esaslı Termoplastik Elastomerler	65
3.	Deneyler	67
3.1.	Elektrik Direnç Deneyleri (İzolasyon Direnci)	67
3.2.	Deney Numuneleri Ve Özellikleri	68
3.2.1.	İpek –Pamuk karışımları	68
3.2.2.	ABS/PC/ SBS Polimer Alaşımlarının Kompozisyonları	71
3.2.3.	PP/PA6/SEBS	73
3.3.	Deneyler İçin Kullanılan Cihazlar	76
3.3.1.	İzolasyon Megeri	76
3.3.2.	Enjeksiyon Makinesi	77
3.3.3.	Kurutma Fırını	77
4.	SONUÇLAR	78
4.1.	Elektriksel Direnç Deneyleri Sonuçları	78
5.	TARTIŞMA	92
5.1.	Deney Sonuçlarının Tartışılması	92
	KAYNAKLAR	96
	TEŞEKKÜR	102
	ÖZGEÇMİŞ	103

1. PLASTİK KOMPOZİTLER

1.1. Kompozit malzemeler

“Kompozit”, farklı kimyasal yapıda iki ya da daha fazla sayıdaki malzemenin, sınırları ve özelliklerini koruyarak oluşturduğu çok fazlı malzeme olarak tanımlanır. Kompozit malzeme kendisini oluşturan bileşenlerden birinin tek başına sahip olmadığı özelliklere sahiptir, çünkü artık yeni kimyasal bağlar söz konusudur.

Kompozit malzeme üretimindeki amaç; iki yada daha fazla bileşenin istenilen özelliklere sahip malzeme elde etmektir.

Kompozitler bir sürekli birde süreksiz olmak üzere iki fazdan oluşurlar. Sürekli faza ana gövde “matris”, süreksiz faza ise takviye elemanı “güçlendirici” (reinforcing material) denir. Bir de bağlayıcı yani “bonding” elemanı vardır ve genellikle matris ve takviye elemanının kimyasal bağ yaparak arayüz oluşturmasını sağlar. Takviye elemanı lif yada parçacık halinde olabilir. Lif türünün en yaygın örnekleri cam, karbon, ve polimer lifleridir. Parçacık türü için mika ve talk en iyi örnekleridir.

1.1.1. Matris

Plastik kompozitler diğer matrislere göre çok çeşitlidir. Plastiklerin üretimi ve çeşitliliği daha fazladır. Plastiklerin ergime sıcaklığı ve yoğunluğu düşük, kolay şekillendirilebilir, kimyasal reaksiyona ve korozyona, neme dayanıklı, kolay işlenir ama kolay yanarlar, kaynak edilebilirler ve en önemlisi ucuzdurlar.

1.1.2. Takviye Malzemeleri

1.1.2.1. Cam lifler:

Cam lifler, plastik malzemeleri güçlendirmek için kullanılan en yaygın malzemelerdir. Bu başarısı, uygun fiyatı (yaklaşık olarak plastikle aynı) ve istenilen özellikler arasındaki mükemmel dengenin sonucudur. “Cam” terimi, inorganik camların geniş bir grubunu ifade etmek için kullanılır. Plastiklerde en çok kullanılan lif E-camıdır.

Bileşimi : %54 silika, %17,5 kalsiyum oksit, %14 alüminyum oksit, %8 bor oksit ve %4,5 magnezyum oksitten oluşur.

Cam lifler, erimiş camın yüksek hızlarda, çok sayıda delik (100-1000arası) içeren platin bir levha üzerinden geçirilmesiyle elde edilir. Elde edilen uzun lifler yüksek hızda döndürülerek camsı geçiş sıcaklığı civarında soğuyup katılaştır. Uygulamalarda cam liflerin aşağıdaki iki özelliği avantaj sağlar:

- 1) Camın yumuşama noktası 850°C dir, bu nedenle yüksek sıcaklıklara dirençlidir.
- 2) Görünür ışığa karşı şeffaftır, böylelikle kompozit matrisin rengini alır.

1.1.2.2. Karbon Lifler:

Karbon lifler genellikle poliakrilonitril'in (PAN), 1000-1500°C'da karbonlaştırılması (havasız ortamda ısıtılması) ile üretilir. Karbon liflerin uygulamadaki avantajları; boyutsal açıdan kararlı oluşları, kimyasal inertlikleri nedeniyle neme ve elektriksel/ ısısal iletkenliklerinin yüksek oluşudur. Karbon liflerin kullanıcı açısından en önemli dezavantajı ise siyah renginden dolayı kompozit renginin istenilen şekilde korunamamasıdır. Diğer bir dezavantaj olarak yüksek maliyet söylenebilir.

1.1.2.3. Polimer lifler:

Polimer lifler diğer polimerleri güçlendirmek için yeterince sert ve sağlam değildir. Yalnızca aramid lifler ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (HDPE) lifler üstün mekanik özellikleri nedeniyle diğerlerinden ayrılırlar. "Aramid", aromatik liflerin genel adıdır. Ticari adı Kevlar'dır. Kevlar kompozitleri yüksek dayanım ve sertlikleri, hasar ve yorulma dirençleri nedeniyle çok kullanılırlar. Tüm lifler mükemmellik açısından karşılaştırıldığında karbonun en iyi olduğu, onu Kevların ve ardından camın izlediği söylenebilir.

1.1.3. Kompozit Malzeme Üretiminde Etken Faktörler

- İşlem durumu (izotropi/ anizotropi)
- Matris-Takviye Malzemesi- Bağlayıcı (Arayüz enerjisi)

- Takviye Oranı (hacimsel)
- İşleme bağlı iç yapı boşluk ve gözenekleri
- Takviye malzemesinin birbirine yaklaşma oranları (iç ağ yapı)
- Dağınım (oryantasyon)
- Dağılım (distürbisyon)
- Ayrışım (Seperasyon)
- Takviye Boyutu
- Takviye Yönü

1.2.PLASTİKLER

1.2.1. Polimer

Bir çok monomerin bir araya gelmesinden oluşan ve birbirini tekrarlayan uzun moleküllerden oluşmuş kimyasal yapıdır.

Polimerler, monomer adı verilen küçük moleküllerin kovalent bağlarla birbirine bağlanarak oluşturdukları çok küçük moleküllerdir.

Polimerler de genellikle tek başına kullanılmazlar. İçlerine genellikle çeşitli dolgu ve katkı maddeleri karıştırılarak bir ön karışım hazırlanır. Bu karışımlara Kompaund (*Compound*) diyoruz. Bu karışımlardan uygun yöntemlerle son şekil ile ürün malzeme elde edilir.Bu ürün plastik olarak tanımlanır.

1.2.1.1. Polimerlerin Kaynağına Göre Sınıflandırılması

- I. Sentetik ve Organik Polimerler
- II. Biyopolimerler (Doğal Polimerler); Proteinler, Polisakkaritler, Doğal Kauçuk
- III. Yarı Sentetik Polimerler
- IV. Anorganik Polimerler

1.2.1.2. Polimerlerin Zincir Yapısına Göre Sınıflandırılması

- I. Doğrusal Polimerler
- II. Dallanmış Polimerler
- III. Çapraz Bağlı Polimerler (3-D)
- IV. Merdiven (Ladder) Polimerler

KONFORMASYON: Polimerlerin kimyasal bağlanması sırasında molekülde bulunan belli bir kısım(örn.CH₃) zincir yapısında durduğu yere bağlı olarak cis-trans veya 'd', 'l' yapılarını oluştururlar.Zincirdeki konformasyon monomerlerin birbiriyle bağlanma şekline bağlıdır.

Düzenli yapı;grupların düzenli dizildiği yapı cis ve trans

Düzensiz yapı;grupların düzensiz dizildiği yapı izotaktik, ataktik

TAKTİSİTE

- İzotaktik(cis) zincirdeki belli bir molekül grubu zincirin hep bir tarafında kalıyorsa
- Sindiotaktik(trans)zincirdeki molekül grubu zincirin bir üstünde bir altında kalıyorsa (PP)
- Ataktik;bu iki yapı dışında gelişigüzel oluşan cis-trans yapısıdır.

1.2.1.3. Polimerlerin Monomer Kompozisyonuna Göre Sınıflandırılması

I. Homopolimerler (PP-HP)

~~~~AAAAAAAAAAAAA~~~~

II. Gelişigüzel (Random) Kopolimerler (POM)

~~~~AABABBABABAA~~~~

III. Seçenekli (Alternating) Kopolimerler

~~~~ABABABABABAB~~~~ -[ AB] -n

IV. Blok Kopolimerler (TPE,PP-CP)

~~~~AAAAAABBBBBB~~~~ -[ A] -n -[ B] -n

V. Aşı (Graft) Kopolimerler (MA-g-PP)

~~~~AAAAAAAAAAAAA~~~~

~~BBBBBB~~~~

VI. Terpolimerler (ABS)

~~~~AACABBCACCBAA~~~~

HOMOPOLİMER; makromolekülü oluşturmak üzere yalnız bir çeşit monomer kullanılıyorsa (örn. PE CH₂-CH₂ n) bu polimer zincirlerine *homopolimer* denir.

KOPOLİMER; polimer molekülü iki farklı monomerden oluşuyorsa (etilen propilen) kopolimerin özelliği yapısını oluşturan monomerlerin oranına bağlıdır ve monomerlerin diziliş şekilleri önemlidir.4 gruba ayrılırlar.

Random kopolimer; zincir ünitesinin içinde 2 monomer ünitesinin dağılımı düzensizdir.

Alternatif kopolimer ; monomer zincir boyunca düzenli bir ardışık sıra ile dizilmiştir.

Blok kopolimer ; 2 monomer 2 ayrı blok halinde dizilmiştir.

Graft monomer; bir monomer bloğunun oluşturduğu ana zincire diğer monomerin oluşturduğu bloğun yan zincir olarak bağlandığı polimerdir.

TERPOLİMER; 3 farklı monomer ünitesinden oluşan polimerlerdir. EPDM kauçuğu

1.2.1.4. Polimerlerin Isısal Davranışına Göre Sınıflandırılması

➤ **Termoplastikler (Amorf&Yarı-Kristal,LCP)**

- ✓ Isıtılınca yumuşar ve akışkanlık kazanır
- ✓ Tekrar şekillendirilebilir
- ✓ Geri kazanılabilir

➤ **Termosetler**

- ✓ Çapraz bağlı zincirler (3 boyutlu ağ yapı)
- ✓ Eritilemez
- ✓ Geri kazanılamaz

➤ **Elastomerler**

- ✓ Düşük çapraz bağ yoğunluğu
- ✓ Esnek Yapı

1.3. PLASTİKLERİN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

Plastiklerin mühendislikteki en geniş uygulama alanı yalıtkanlardır. Plastikler iyi yalıtıcılar olmakla beraber çeşitli tiplerin elektriksel özellikleri arasında büyük farklar vardır. Elektriksel özelliklerinden yararlanılmak üzere bir plastik seçilmeden önce bu özelliklerin ve farkların çok iyi bilinmeleri gereklidir. Eşdeğer elektriksel performanslı diğer malzemelere göre plastiklerin başlıca üstünlükleri ucuzluk ve üretim kolaylığıdır.

Bükülebilir bir yalıtkan gerekiyorsa hemen hemen hiç alternatif yoktur. Rijit yalıtıcılarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda seramikler plastiklerden daha uygun olabilir.

1.3.1. Polarım:

Bütün moleküller bir takım pozitif ve negatif yüklerden meydana gelirler. Bu yüklerin birbirlerine göre konumları kimyasal bağlarla belirlenir. Tek bağlarda dipol meydana getiren kalıcı bir yük ayrımı olabilir veya olmayabilir. Bağın kutupsal bir karakteri olmasa bile pozitif - negatif yük dağılımı pek rijit değildir ve bir elektrik alanında yük ayrılması olayı yer alır. Bu tip polarıma *distorsiyon polarımı* denir ve alan kalktığında ortadan kalkar. Bu tip polarım kalıcı kutupsal bağları olan ve olmayan moleküllerde yer alır. Distorsiyondan meydana gelen dipolün molekül geometrisine göre belirli bir yönü yoktur fakat molekülleri hareket ettirmeksizin dış alanla yönelir. Molekül hareketlerinin bu bağımsızlığı polarımın sıcaklıkla değişmediğini gösterir. Yük düzenin rijit olmaması polarımın, çok yüksek frekanslı bile olsa dış elektrik alanını kolayca izlemesini sağlar. Bu özellik görünür frekans bölgesi altındaki tüm frekanslar için geçerlidir.

Kutupsal bağlı moleküller bulunan plastiklerin polarımı, bu sürekli dipollerin etkisiyle artar. Distorsiyon polarımından başka, daha şiddetli olan bir de *yönleşme polarımı* vardır. Küçük molekül malzemelerde bu polarımın nedeni dipolün alanla yönelmesi için tüm molekülün dönmesidir. Bu dönme ancak molekül serbest dönebilirse yer alabilir. Bu nedenle kristallerdeki kutupsal moleküllerde bu etki görülmez, fakat kristalin ergimesiyle meydana gelen sıvıda görülür. Böyle bir sıvının sıcaklığının artması moleküllerin ısı hareketlerini de artırır ve yönleşme polarımı azalır. Malzemeye alternatif bir dış alan uygulandığında moleküller alanla yönlenebilmek için sürekli olarak dönmelidirler. Bu hareket düşük frekanslarda mümkün olmakla beraber, frekans yükseldikçe moleküller frekansın gerisinde kalırlar ve nihayet hiç yönlenebilirler. Böylece uygulanan alanın frekansı yükseldikçe malzemenin yönleşme polarım derecesi düşer. Fakat yüksek frekanslarda bile distorsiyon polarımı yer alır.

Plastiklerde yer alan yönleşme polarımı işlemi biraz farklıdır. Katı halde bile moleküllerde bir miktar yönleşme görülür. Kutupsal bağlı bir polimer molekülünde zincir boyunca yerleşmiş çok sayıda dipol vardır. Bunlar alanla yönlenebilirler. Yönleşme bir dönme geçişi gerektirir ve bu hareket uygulanan alanın etkisi altında artık rastgele olmaktan çıkar. Bu olay kristalsi bölgelerde, cam geçiş noktalarının altında bulunan amorf plastiklerde ve yüksek dereceden çapraz bağlı ısı dengeli plastiklerde yer alamaz. Kristalsi

bir termoplastikte dipollerin yönelebilecekleri bir elektrik alan yönü olabilir, fakat bu çok özel bir haldir. Cam geçiş noktasının altında olan amorf bir termoplastikte veya çok yüksek çapraz bağlı ısı dengeli bir plastikte ana zincir dışındaki yan guruplarda kutupsal bağlar varsa yöneleme polarımı yer alabilir. Plastiğin sıcaklığının arttırılması dönüşsel geçişlerin serbestliklerini arttıracağından yöneleme polarımı da artar. Düşük frekanslarda dipoller alternatif bir alanı izleyebilirler. Frekans yükseldikçe dönüşsel geçişler alanı izleyebilecek kadar hızlı yer alamazlar. Böylece frekans yükseldikçe yöneleme azalarak nihayet sıfıra iner. Bu azalma genellikle radyo frekans bölgesinde yer alır.

1.3.2. Dielektrik Özellikler

Elektriksel yalıtkanlarda, diğeri bir deyimle dielektrik malzemelerde serbest elektron yoktur. Enerji aralığı 4ev'dan büyüktür ve özgül dirençleri 10^4 (Ω m) nin üzerindedir. Elektriği iletmediklerinden çoğunlukla elektriksel yalıtkan olarak kullanılırlar. Buna rağmen uygulanan elektriksel alandan etkilenirler.

Elektriksel alan etkisinde elektronlar ve atomlar yer değiştirir, dolayısıyla elektriksel yük merkezleri kayar ve elektriksel kutuplaşma oluşur. Oluşan kutuplar, malzeme yüzeyinde elektriksel yük birikimi sağlar ve bu nedenle de kapasitör üretiminde kullanılırlar.

Dielektrik malzemenin 4 karakteristik özelliği vardır;

- a- Dielektrik sabit
- b- Dielektrik mukavemet
- c- Ferroelektrik özellik
- d- Piezoelektrik özellik

1.3.2.1 Dielektrik Sabit

Elektriksel kutuplaşma malzeme yüzeyinde elektriksel yük birikimine neden olur. Dielektrik malzemede kalıcı kutuplaşma varsa yük birikimi kendiliğinden oluşur. Kalıcı kutuplaşması olmayan bir malzemeye elektriksel alan uygulanınca dış etki ile kutuplaşma meydana gelir, dolayısıyla yüzeyde elektriksel yük birikimi olur (özgül direnç). Her iki halde de yüzeydeki elektriksel yük yoğunluğu elektriksel alan şiddeti ile orantılıdır. Dielektrik sabit, sıcaklık ve frekansa bağlıdır.

Bir plastiğin dielektrik sabiti, içi bu plastikle dolu bir kondansatör kapasitesinin aynı kondansatörün havalı kapasitesine dram ile belirlenir. Elektrik alanı içindeki bir plastiğin elektrostatik enerji depolama kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Kapasite etkilerinin incelenmesinde dielektrik sabiti veya permittivite çok önemlidir. Bileşik yalıtkanlarda elektrik gerilmeleri dağılımının hesaplanmasında da büyük bir önemi vardır.

Plakaları arasına plastik yerleştirilen bir kondansatörün kapasitesinin artma nedeni plastiğin polarıdır. Dielektrik sabitinin büyüklüğü plastiğin polarım kolaylığına bağlıdır. Kutupsal bağları olmayan malzemelerin dielektrik sabitleri düşüktür. Bunlar sıcaklık ve frekanstan bağımsız olup, polarımları sadece distorsiyon polarımından ibarettir. Bu husus kutupsal bağları alanla yönlenebilen plastikler için de geçerlidir. Yönlenebilen kutupsal bağlı plastikler için de geçerlidir. Yönlenebilen kutupsal bağlı plastiklerin dielektrik sabitleri çok daha yüksek ve sıcaklığa bağlıdır. Yüksek frekanslarda distorsiyon polarımı yüzünden dielektrik sabiti düşer fakat yönlenebilen polarımı yüzünden dielektrik sabiti düşer fakat yönlenebilen polarımı azalır. Plastiklerin dielektrik sabitleri belirtildiği takdirde bunun hangi frekansta geçerli olduğu da belirtilmelidir. Bu değerin sıcaklığının da belirtilmesi gerekirse de genellikle normal sıcaklıklar anlaşıldığından belirtilmez.

Dielektrik sabitleri düşük olan plastikler, özellikle yüksek frekanslarda enerji iletimi ve yalıtımında kullanılırlar. Yüksek dielektrik sabitli plastikler kondansatör yapımında önemlidirler. Bu alanda bile kutupsal malzemelerin dielektrik sabitlerinin sıcaklığa bağlılığından kaçınmak için kutupsal olmayan plastiklerin kullanılması gerekir.

1.3.2.2. Dielektrik Mukavemet

Elektriksel yalıtkanın temel özelliği özgül dirençtir. Gerçekte bir yalıtkanın dayanabileceği bir kritik elektriksel alan şiddeti, diğer bir deyişle gerilim gradyanı vardır. Bu değer aşılnca aşırı akım sonucu dielektrik malzemede yanma, kavrulma ve ya ergime şeklinde tahrip olur ve yalıtkanlık işlevi sona erer. Alanın bu kritik değerine **Dielektrik Mukavemet** denir. Dielektrik mukavemet ile özgül direnç arasında bir ilişki kurmak zordur. Gerçekte yalıtkanlığın sona erdiği elektriksel göçmede dielektrik malzemenin enerji aralığına ek yük taşıyıcı sağlayan yabancı elemanlar, çökeltiiler, çatlaklar ve benzeri kusurlar önemli rol oynarlar. Enerji aralığındaki yük taşıyıcılar iletim bandına geçerek serbest hale geçen bu yüksek enerjili elektronlar, diğerlerine çarparak bir elektron seli oluştururlar. **Elektriksel Göçme** denen bu olay sonucu yalıtkan tahrip olur. Ayrıca, sıcaklık, elektronlarının enerjisini arttırdığından bu olayı kolaylaştırır.

1.3.2.3. Dielektrik Şiddeti

Plastik üzerinden elektrik boşalımının yer aldığı gerilim gradyanı değerine, **Plastiğin Dielektrik Şiddeti** denir. Plastik üzerinden elektrik boşalımı, alandan çok bir nokta olayıdır. Başlangıçta elektriksel gerilimin kopardığı birkaç elektron, küçük bir akım meydana getirir. Bu akım sıcaklık yükselmesi yaparak elektronların kopmasını kolaylaştırır ve bir çeşit çığ olayı yer alır. Bozulmanın son adımı ısıl ayrışma dolayısıyla delinme halindedir ve ark devam ettikçe yayılır. Başka bir bozulma şekli de ısıl ayrışım dolayısıyla plastik içinde iletken bir karbon izi meydana gelmesidir. Dielektrik şiddetinin yapı ile bağdaştırılması mümkün değildir; plastiklerin çoğunun dielektrik şiddetleri birbirlerine oldukça yakındır.

Bir plastiğin dielektrik şiddetinin değeri, tayin metoduna göre oldukça değişir. Derinlemesine bir inceleme gerektiği takdirde dielektrik şiddeti, birbirine bağlı dört değişkenin fonksiyonu halinde etüd edilmelidir. Bu değişkenler gerilim, zaman, sıcaklık ve kalınlıktır. Test metodlarını standartlaştırmak için üç gerilim - zaman sistemi öne sürülmüştür. Birinci sistem gerilimin sıfırdan atlama değerine kadar üniform fakat hızla

arttırılmasından ibarettir. Bu testten elde edilen dielektrik şiddetine “*kısa süreli dielektrik şiddet*” denir. İkinci sistemde birdenbire uygulandığı takdirde bir dakikada dielektriği bozacak gerilim değeri bulunur ve buna «*dakika değeri*» adı verilir. Üçüncü sistemde gerilim adım adım yükseltilir ve dielektrik her gerilim değerinde belirli bir süre bekletilir. Bu tip testlerde plastiğin gerilim altında kalış süresi arttıkça bozulma geriliminin azaldığı görülmüştür. Bu testlerden elde edilen sonuçlar çeşitli plastiklerin karşılaştırılmasında yararlı olmakla beraber, tam bir tablo ortaya çıkarabilmek için dinamik ve statik yorulma testlerinin elektrik eşdeğerleri de yapılmalıdır.

Plastiğin kalınlığı arttıkça bozulma gerilimi de artar. Kalınlık ve gerilme arasındaki bağıntı doğrusal değildir; kalınlık arttıkça bozulma gerilimindeki potansiyel gradyanı azalır. Yalıtıcılar üzerinde yapılacak testlerin pratikte kullanılacak kalınlıklarda yapılması çok önemlidir. Bozulma gerilim gradyanının kalınlıkla değişmesi ince plastik filmlerin yalıtıcı özelliklerini ortaya koyan bir faktördür.

Dielektrik şiddetinin sıcaklıkla değişimi oldukça karmaşıktır; genellikle sıcaklık arttıkça dielektrik şiddeti düşer.[ONARAN K., 1993.]

1.3.2.4. Güç Faktörü

Doğru akım iletken içinde bir elektron akımıdır ve bunun için iletkende serbest elektronlar bulunması gerekir. Alternatif akım yükün zamanla ötelenmesi ile iletilebilir. Buna göre serbest elektronları olmayan bir malzemede bile yük ötelenmesi yer aldığı takdirde alternatif akım iletilebilir. Polarizasyon yer alabilen bir yalıtıcı alternatif bir akım taşıyabilir ve uygulanan gerilimle eş fazlı bir akım yer aldığı takdirde yalıtıcı üzerinde bir güç düşümü olur:

$$\text{Güç} = \text{Gerilim} \times \text{Akım} \times \text{Güç Faktörü}$$

Yönleşme polarımının yer aldığı bir plastikte gerilimle eş fazlı akımın büyüklüğü frekansa bağlıdır. Çok düşük frekanslarda dipol dipollerin alanla daima eş yönlü oldukları kabul edilebilir. Gerilim en yüksek değerine çıktığında dipoller hareketsizdir ve akım sıfırdır. Gerilim sıfırken dipoller en yüksek hızla yön değiştirmekte olduklarından akım da en yüksek değerine çıkar. Bunun sonucu uygulanan gerilimin 90° önünde olan bir akımdır. Plastik tamamiyle kapasitiftir ve güç faktörü sıfırdır. Frekans yükseldikçe dipollerin yönleşmeleri gittikçe alanın gerisinde kalır. Bu durumda yönleşme polarım akımının gerilimle eş fazlı bir bileşeni ve bu nedenle sonlu bir güç faktörü olacaktır. Güç faktörü ve enerji düşümü frekansla artar ve nihayet dipollerin tam yönleşmelerinin mümkün olmayacağı bir duruma gelinir. Frekansın daha arttırılması ile dipollerin alan gerisinde kalışları artar, fakat hareket kapsamaları küçülür. Böylece akımda bir azalma yer alır ve bu durum daha yüksek frekanslarda geri kalışın artmasından daha önemli hale gelerek plastik üzerindeki enerji düşümü azalır.

Distorsiyon polarımında çok yüksek frekanslarda bile alanla hemen hemen mükemmel bir yönleşme olduğundan akım daima alandan 90° öndedir. Yalnız bu tip polarımın yer aldığı plastiklerde güçdüşümü çok küçüktür. Bu güç kaybının nedeni polimerik malzeme değil, plastiğe kutupsal moleküler getiren yabancı maddeler, rutubet ve diğer eser bileşenlerdir.

Güç kaybı elektrik yönünden çok enerji yönünden incelenebilir. Distorsiyon polarımına zıt bir sürtünme etkisi olmadığından bu tip polarımda ısı yoluyla bir enerji düşümü olmaz. Düşük frekanslarda dipollerin sürtünmeye karşı yaptıkları iş az olduğundan güç düşümü de küçüktür. Frekans yükseldikçe dipollerin hareket hızları ve böylece sürtünmeye karşı yapılan iş de artar. Belirli bir frekansta artık dipollerin tamamiyle yönleşemeyecekleri bir duruma gelinir. Bu durumda dipol hareketi azalacağından sürtünmeye karşı yapılan iş de azalır. Buna göre güç kaybının frekansla değişimi önce bir artma, sonra da bir azalmadır.

Alternatif bir elektrik alanında, bir plastikte meydana gelen ısıl enerji dışarı atılmadığı takdirde plastiğin sıcaklığı yükselir. Sıcaklık yükselmesi kutupsal bir plastikte polarımı

değiştirerek elektriksel özellikleri etkiler. Sıcaklık malzemenin cam geçiş noktasına veya kristal ergime noktasına kadar yükseldiği takdirde mekanik özellikleri de etkileyebilir. Plastik projelerinde güç düşümünün sıcaklık yükselmesi meydana getirmeyecek şekilde düzenlenmesi çok önemlidir.

Plastiklerin dielektrik ısıtılmasının, özellikle plastik bir kütlede üniform ısıtma gerekiyorsa, parça üretiminde birçok uygulamaları vardır.

1.3.2.5. Yalıtım Direnci

Bir plastiğin *yalıtım direnci*, plastiğe uygulanan doğru gerilimin, bu gerilim altında plastikten geçen akıma oranıdır. Yalıtım direnci hacimsel ve yüzeysel dirençlerin bir birleşimidir. Hacimsel direnç, plastiğin bünyesinden geçebilecek akımı sınırlar ve daha çok plastiğin karakterine bağlıdır. Teste alınan plastik diskin iki tarafındaki elektrotlara yaklaşıklıkla 500 volt gerilim uygulamakla bulunur. Elektrotlar arasında geçen küçük akım zamanla değişir ve gerilimin uygulanmasından bir dakika sonra ölçülür. Kenarı 1 cm olan plastik bir kübün, karşılıklı iki yüzeyine uygulanan iki elektrot arasındaki dirence o plastiğin "*hacimsel öz direnci*" denir.

Yüzeysel direnç, plastiğin temizlik ve saflık gibi yüzey karakterlerinin bir özelliğidir. Yüzeysel öz direnç, yüzeysel akıma paralel yöndeki potansiyel gradyanının yüzeyin birim genişliğindeki akıma oranıdır. Yüzeysel öz direnç ölçülebilir, fakat plastiğin kendisinden çok yüzey karakterine bağlı olduğu için genellikle özellikler arasında belirtilmez. Yüzeysel dirençte dikkate alınması gereken ve onu düşüren en önemli faktör rutubettir. Bu bakımdan su ile "ıslanmayan" plastikler "ıslanan" plastiklerden üstündürler.

Plastiklerin çoğunun yalıtım dirençleri artan sıcaklıkla azalır.

1.3.2.6. Ark Direnci

Bir plastiğin yüzeyinden elektrik arkı geçtiğinde yüzeyde bir iz oluşumu görülür. Başlangıçta ark havadan geçtiği halde arkın plastik yüzey üzerindeki iz düşümünde bir

ayrışma başlar. Ayrışma sonunda, yüzeyde elektriği ileten bir karbon izi meydana gelir. Bu iz plastiğin ayrışmasını hızlandırır, daha büyük bir iz oluşur, izden geçen akım artar ve böylece sonunda ark akımı tamamiyle yüzeyden geçmeğe başlar. Ayrışmada açığa çıkan karbon dolayısıyla organik plastiklerin ark dirençleri çok düşüktür. Ayrışma dolayısıyla iletken ürünler meydana gelmediği takdirde inorganik plastiklerde iz oluşumu görülmez. Ark direncinin değeri plastiğin ayrışma kolaylığı ile ayrışma ürünlerinin karakterine bağlıdır. [PALIN G.R., Ankara, 1971]

1.4. Elyaf Takviyeli Plastik Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri

1.4.1. Ekstrüzyon Yöntemi

Ekstrüzyon temel olarak 3 bölgeden oluşmaktadır.

1-Besleme Bölgesi:

Besleme bölgesi vidanın huniden malzemeyi aldığı kısımdır. Vida boyunun %25-30 unu oluşturur. Bu bölgede dış dibi derinliği sabittir. Bu dişler sayesinde plastik malzeme belirli bir basınç artışı sağlanarak besleme hunisinden alınarak ileriye doğru itilir.

2-Sıkıştırma Bölgesi:

Bu bölgede dış dibi derinliği gittikçe azalır. Böylece plastiğin sıkışması ve basıncın artmasıyla eriyerek homojen bir hal alması sağlanır. Sıkıştırma sırasında ortaya çıkan hava ve nem gaz alma ünitesi bulunan makinelerde gaz alma ünitesinden dışarı çıkar, gaz alma ünitesi bulunmayan makinelerde oluşan gaz hareketin ters yönüne giderek huniden dışarı çıkar.

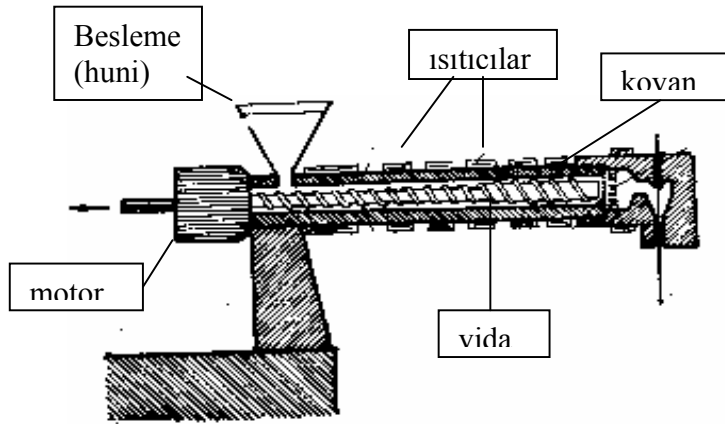
Bu bölgenin bir diğer özelliği de sıkıştırma oranıdır. Bu oran besleme bölgesindeki hacimsel büyüklüğün ölçme bölgesindeki hacimsel büyüklüğe oranıdır.

3- Ölçme ve Pompalama Bölgesi:

Bu bölgede homojenleşmiş plastik ileriye doğru pompalanır. Bu bölgede dış dibi derinliği sabittir. Bu bölgede plastik sabit hızda mümkün olduğu kadar yüksek basınçla kalıba pompalanır.

Ölçme pompalama bölümü yalnız bir bölümden oluşacağı gibi iki bölümden de oluşabilir. İki bölümden oluşanlarda ölçme kısmında erimiş plastiğin içindeki gazların atılması veya vakumla alınması için bir boşaltma hattı vardır.

Vidadaki bölge uzunlukları işlenecek malzemeye bağlıdır. Plastik hammadde türüne göre vida geometrileri değişiklikler göstermektedir. Ürün kalitesini artırmak için ekstrüder vidalarına standart bölgeler dışında başka bölgelerde ilave edilir. Örneğin ölçme bölgesi veya başlık önüne mikser ilaveleri yerleştirilerek ergiyiğin homojenliği artırılabilir.



Şekil 1.1. Ekstrüzyon makinasının başlıca parçaları

Plastiğin Vida İçindeki Hareketi

Huni yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi vidanın besleme bölgesi ile bağlantılıdır. Huniye konan toz veya granül halindeki malzeme, vidanın dönmesi ile vidanın besleme bölgesinden alınır ileriye doğru itilir. Malzeme kovan etrafındaki

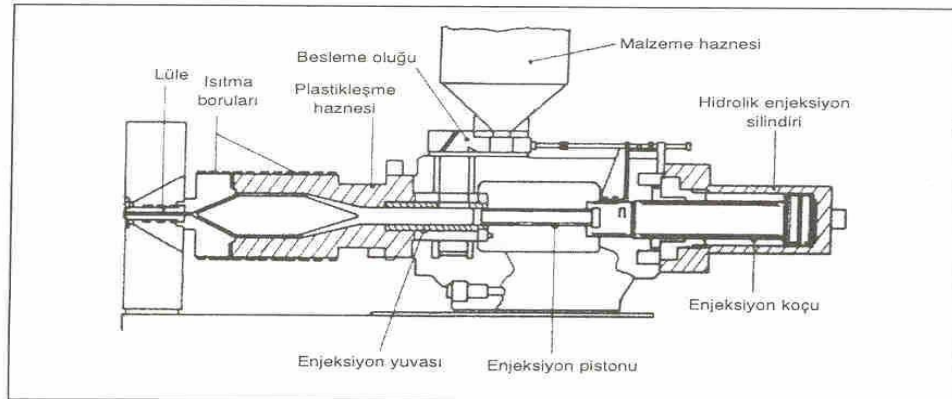
rezistanslar, vidanın dönmesi ve vida-kovan arasında sıkışması sonucu açığa çıkan ısı enerjisi ile ergiyik duruma geçer. Vida-kovan arasındaki sürtünme oranı düşük olmalıdır, aksi takdirde kovan ile vida arasında malzeme topaklaşır ve besleme yapılamaz.

Genellikle iki tip ekstrüzyon yöntemi kullanılır. Bunlar;

- **Tek vida Ekstrüzyon**
- **Çift vida Ekstrüzyon**

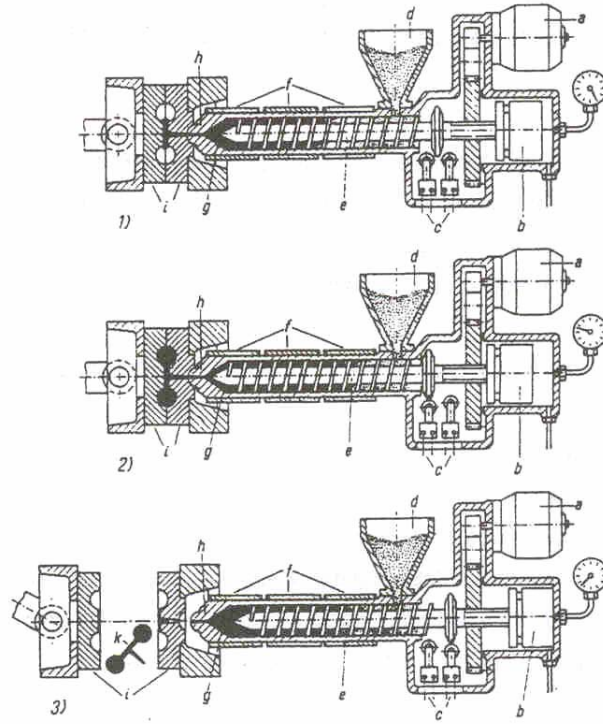
1.4.2. Enjeksiyon: Bu metotta, üretilecek malzeme ısı etkisiyle akışkan hale getirildikten sonra bir piston yada vidaya uygulanan basınçla kalıp boşluğuna itilir. Temel olarak iki tip enjeksiyon kullanılır;

a) Pistonlu preslerde, dalıcı bir iç pistonla donatılmış bir silindirin çeperlerine temas ettiğinde akışkan hale gelen malzeme, hidrolik sistemle çalışan bir pistonla kalıba itilir. Bu presler çok yalındır, ancak yüksek düzeyde bir enjeksiyon basıncı gerektirir ve malzemenin akışkanlaştırılması sırasında geçen süre nedeniyle hızlı bir çevrimin uygulanmasına el vermez.



Şekil 1.2. Pistonlu tip enjeksiyon

b) Vidalı preslerde (sanayide kullanılan tip budur.), huniden beslenen malzeme, helisel bir vidada akışkan hale getirilir. Vidanın asıl işlevi, malzemeyi ısıtılmış çepelere temas ettirerek ve iyice karışıp homojen bir yapı elde ederek memeye yani, çıkışa doğru itmektir. Düzenli aralıklarla memede biriken malzeme, piston gibi çalışan vidanın çok hızlı devinimiyle kalıba püskürtülür.



Şekil 1.3. Sonsuz Vidalı Bir Enfeksiyon Kalıplama Sistemi (1) Ergimiş polimer vida ileri doğru itilerek kalıba basılıyor, (2) Kalıp doluyor ve soğutuluyor, polimer sertleştiriliyor, (3) Parça, kalıp açılarak çıkartılıyor. Aynı anda, vida; başlangıç noktasına geri dönüyor, besleme hunisinden katı hammaddeyi alıyor ve ikinci periyot başlıyor. Sistemde, (a) vida motoru, (b) vida hareketi yönlendiricisi, (c) zamanlama anahtarları, (d) besleyici huni, (e) vida, (f) ısıtıcılar, (g) ergimiş polimer, (h) enfeksiyon çıkışı, (i) kalıp, (k) yollukları i/e birlikte kalıplanan plastik parça bulunmaktadır.

Her iki durumda da kalıp, enjeksiyon ve soğutma işleminden sonra arka bölümün geri itilmesiyle açılır ve parça kalıptan dışarı alınır.

Enjeksiyonla kalıplama, sıcaklık, basınç ve çevrim süresi gibi üç temel unsura bağlıdır. Birbirleriyle doğrudan ilişkili bu parametreler özenle denetlenmelidir. Aşırı basınç önce yükseltgenmeye, sonra karbonlaşmaya yol açar; bu da bitmiş parçanın üzerinde lekeler ve yanıklara neden olur.

Malzemenin akışkanlığının, enjeksiyon parametreleri seçiminde önemli etkisi vardır.

Termoplastikler ve termosetler bu yöntemle rahatlıkla işlenebilir. Ancak termosetler için daha fazla enjeksiyon basıncı ve ısı gerekir.

Cam elyaf takviyeli termoplastikler işlenirken, daha yüksek kalitede mil-kovan kullanmak gerekir. Aksi takdirde enjeksiyon makinasının temelini oluşturan mil-kovan haznesi ciddi bir korozyona uğrar.

İki tip enjeksiyon tipi mevcuttur. Bunlar;

- **Dikey (Vertical)**
- **Yatay (Horizontal)**

1.4.3. Diğer Yöntemler

- **El Yatırma (Hand Lay-up)** : Önceden, hazırlanmış kalıba döşenen cam elyafın fırça ve rulo yardımı yada polyesterle ısıtılması suretiyle uygulanan en basit yöntemdir. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemle, prefabrik büfeler, deniz araçları, su ve kimyasal madde depoları, banyo küvetleri vs. sayılabilir.
- **Çekme (Pultrüzyon) Metodu**: Kompozit malzeme ile profil üretim sistemi geliştirilmiştir. Reçine banyosunda ıslatılan cam elyaf liflerinin sıcak bir kalıp içinden geçirilirken sertleştirilmekte ve kalıp çıkışında nihayi biçimini almaktadır. Bu metodla çekilen profiller sanayinin birçok alanda kullanılırken son zamanlarda kapı pencere doğrama sistemlerinde kullanılmaktadır.

- **Püskürtme (spray-up) Metodu:** Fiberglass açık kalıplama metodlarının en önemlilerinden birisidir. Çünkü, el yatırması metodunu makineli bir kalıplama metoduna dönüştüren ilk aşamayı oluşturmaktadır. Sistem basit olarak, polyester pompası ile kombine çalışan katalizör pompası her iki sıvıyı püskürtme tabancasına yaklaşık 100 atü basınçla pompalar, tabanca tetiğine basılınca basınçlı malzeme kalıp üzerine püskürtülür, aynı zamanda cam elyaf liflerini kırpma ünitesinden geçerek kalıp üzerine püskürtülür.
- **Reçine enjeksiyonu (RTM):** RTM (Resin Transfer Moulding) Metodu, kapalı kalıplar içine reçine aktarılmasına içeren reçine enjeksiyonu ve vakum destekli reçine enjeksiyonu olmak üzere iki şekilde yapılır. Bu metodla her iki tarafı parlak olan ürünler elde edilir.
- **Elyaf sarma (Filament winding) Metodu:** Yaklaşık 40 yıl önce kullanılmaya başlayan bu metod genellikle silindirik formdaki kompozit ürünlerin kalıplanmasında kullanılmaktadır.
- **Hava şişirme (Blow Moulding)**
- **Plaka model kalıplama [Sheet moulding Compound(SMC)]**
- **Azdel yatırarak kalıplama**
- **Isıl şekil verme (Thermoforming):** Önceden Üretilmiş plaka halindeki kompozit malzemenin kalıplandırılarak yarı mamülden mamül elde etme işlemidir. Önce gerdirme daha sonra vakum kalıpta şekillendirme işlemi yapılır.
- **Yarı-Isıl şekil verme (Post Thermoforming)**

- **Otomatik Döküm (Autoclaving)**
- **Termoset kalıp Döküm (Setting Up)**
- **Isı basınçla şekillendirme [heat pressure shaping (HPS)]**
- **Gerdirme (Stretching-up)**

1.5. ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK KOMPOZİTLERİN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

1.5.1. Plastik Kompozitlerde Elektriksel İletim Mekanizması

Plastikler çok düşük yoğunluklarda serbest şarj taşıyıcılarıdır. Elektriksel olarak kondüktif değildirlir.

Elektriksel iletkenliği sağlayabilmek için iletkenlik sağlayıcı dolgu maddeleri ile takviye edilmeleri gerekebilir. Bunlara örnek, karbon siyahı parçacıklar, grafit elyaflar, metal parçacık ve metal elyafıdır.

Dolgu maddesinin kritik durumu, polimer kompozitin yalıtkanlıktan iletkenliğe geçişi olarak yani (percolation threshold) sızma başlangıcı olarak adlandırılır.

Bu noktada, polimer matris boyunca dolgu parçacıklarının sürekli ağ yapısı biçimlenmektedir. Bu, polimer matris boyunca dolguda mevcut şarj taşıyıcılarının hareketine izin verir. Böylece kompoziti elektriksel olarak iletken hale getirir.

Bir malzemedeki elektriksel iletkenlik şarj taşıyıcılarının hareketi boyunca ortaya çıkabilir ve şu eşitlikle verilir,

$$\tau = e \cdot n \cdot \mu$$

Burada τ , iletkenlik, e şarj, n düzeltme faktörü, μ taşıyıcıların hareketliliğidir.

İletken polimer kompozitlerde sızma başlangıcı şöyle ifade edilir.

$$\tau = \tau_0 (p - p_c)^t$$

t = 2 deneylerden,

τ iletkenlik,

p_c iletken ağının biçimlenme olasılığı,

p kritik konsantrasyonun üzerindeki iletken fazın hacim oranına denk iletken fazın bulunma olasılığı ,

τ_0 ön faktör,

t kritik üstel olarak tanımlanan bu teoriye **persolasyon teorisi** denir.

Takviye elemanı miktarına bağlı olarak da çeşitli iletim mekanizmaları vardır.

- Elektron tünelleri
- Elektron hopping
- Band tipi iletim
- İyon aktarımı
- Alan emisyonu
- Basit inter-aggregate iletim.

[S.K. De and JR White,1996]

1.5.2. Yapılan Çalışmalar

L.C.Costa ve diğerleri, polipirol parçacık takviyeli PS kompozit için sızma sisteminde(percolation system) elektriksel ve dielektriksel özellikleri çalıştılar(L.C. COSTA ,F.HENRY,M.A. VALCUTE, S.K. MENDİRATTA, A.S. SOMBRA ,2002).

K.B.Cheng ve diğerleri, karbon ve aramid elyaflar ile bakır, paslanmaz elik teller ve iletken dolgu malzemelerini kullanılan PP kompozitin elektriksel ve darbe dayanım özelliklerini incelediler(K.B.CHENG, K.C.LEE, T.H.UENG, K.J.MOU,2002).

M.Ghosh ve diğerleri, polianilinhidroklorikasit ve PVA kompozitin oda sıcaklığı ve dūřuk sıcaklıkta elektriksel özelliklerini araştırdılar (M.GHOSH, A.BARMAN, S.K.DE, S. CHATTARJCE, 1997).

Wan Jin Lee ve diğerleri, poliamilin iletken polimer ve polikarbonat matrizen oluşan kompozitin elektriksel özelliklerini çalıştılar (WAN JİN LEE, YOUNG JU KİM, SHİNYOUNG KAANG,2000).

Wiriya Thongruang ve diğerleri, iletken polimer kompozitlerde, elektriksel iletkenlik, morfoloji ve mekanik özellikleri çalıştılar (WİRİYA THONGRUANG, R.J. SPONTAK, C.M. BALİK,2002)

J. Vilcakova ve diğerleri, kısa karbon elyaf takviyeli polyester reçine kompozitin, DC gūc altında elektriksel iletkenliğini araştırdılar (J. VİLCAKOVA, P.SAHA, O. QUADRAT,2002).

Manwar Hussain ve diğerleri, basınç hassasiyetli karbon parçacık takviyeli, silikon lastik matrisli kompozitin elektriksel davranışını incelediler (MANWAR HUSSAİN, YONG-HO CHOA, KOİCHİ NİİHARA,2001).

2. DENEYLERDE KULLANILAN MATRİS MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ

2.1.ABS (Akrinitrilit Bütadien Sitren)

ABS nin elektriksel özellikleri, geniş bir frekans aralığında oldukça sabit değerlere sahiptir ve en önemlisi sıcaklık ve nemden etkilenmemektedir.

ABS üretiminde en yaygın olarak kullanılan matris SAN kopolimerinden oluşur. Ağırlıkça %20-35 akrilonitril içerir. Akrilonitril yüzdesinin artışı mekanik dayanıklılığı ve kimyasal direnci (özellikle mineral yağlar, vb. gibi apolar sıvılara karşı) artırır, ancak akış özellikleri ve ısıl direnç azalır, dolayısıyla akrilonitrilin %35'den daha yüksek yüzdede olmaması istenir. Matris fazda yer alan SAN'ın ağırlıkça ortalama molekül ağırlığı 50000-150000, ve polidispersitesi ise (M_w/M_n) 2-3 arasındadır. Molekül ağırlığının artmasıyla mekanik dayanıklılık ve kimyasal direnç ve eriyik viskozitesi artar dolayısıyla işlenebilirlik azalır. Molekül ağırlığı dağılımının azalması da benzer yönde ancak daha az etki yapar. SAN matrisin camsı geçiş sıcaklığı (T_g) 108°C civarındadır. Isıl bükülme direncin yüksek olmasının istendiği durumlarda örneğin otomobillerin iç ve dış parçalarında, ev eşyalarında ve yüksek sıcaklığın etkisinde kalabilecek elektrik/elektronik parça ve cihazlarda ABS yapısına dördüncü monomer olarak a-metilstiren ilave edilmekte veya bunun akrilonitril kopolimerleri matris olarak kullanılmaktadır. Bu matrisin T_g 'si daha yüksektir (130°C).

ABS'de dağılmış faz (elastomer faz) olarak kullanılan kauçuk olabildiğince düşük T_g 'ye sahip olmalıdır. Diğer kauçuklarla karşılaştırıldığında polibütadien (T_g :-80°C) bunun için en uygun olanıdır. Ancak, daha önce söz edildiği gibi elastomerik fazın matris içindeki homojen dağılımını sağlamak için polibütadiene SAN kopolimeri graft edilir. Butadien'in stiren ile kopolimeri (SBR kauçuğu) ve nitril butadien kauçuğu (NBR) daha yüksek T_g değerlerine sahiptirler ve bu nedenle özel tiplerdeki ABS üretimi için kullanılırlar.

ABS sonuç ürün özellikleri üzerinde kauçuk fazın yapısının önemli etkileri vardır. Kauçuk fazın bağıl miktarı, fazda kullanılan elastomerik polimerin zincir yapısı (aşılınmış

olup olmaması/aşılma/aşılma yüzdesi ve çapraz bağlı olup olmaması/çapraz bağlı ise çapraz bağ yoğunluğu) ve partiküllerin (kauçuk fazdan oluşan) boy ve boy dağılımları ürün özelliklerini etkileyen önemli yapısal özelliklerdir.

ABS'de kullanılan kauçuk faz bağlı miktarı geniş bir aralıkta (%5-85) değişir. Kimyasal direncin yeterli olması için kauçuk faz %75'den az olmalıdır. Oda sıcaklığındaki dayanıklılığı genellikle kauçuk faz oranı belli bir yüzdeye kadar artar ve buna paralel olarak elastik modülüs, ısı direnci ve işlenebilirliği azalır. Düşük sıcaklıktaki dayanıklılık davranışı da oda sıcaklığındaki gibidir, ancak mutlak değeri kauçuk fazın (dolayısıyla da ABS ürünün) camsı geçiş sıcaklığı ile değişir.

Polibütadienin SAN ile aşılma dağılımı kauçuk fazla SAN matrisin iyi uyumunu sağlar. İki faz ara yüzeyindeki bu etkileşim nedeniyle ABS hem yüksek dayanıklılık hem de yüksek sertlik gösterir. Ancak aşılma derecesi elastomerik polimerin elastik özelliklerini bozmayacak şekilde optimize edilmelidir.

Kauçuk fazın çapraz bağlanması ve çapraz bağ yoğunluğu da ABS'nin özellikle mekanik direncini etkileyen önemli yapısal özelliklerdir. Ancak bu etkiyi kauçuk faz partikül boyutuyla birlikte değerlendirmek gerekir. Dayanıklılığın partikül boyutuyla genel olarak arttığını söylemek mümkündür. Ortalama partikül boyutu 150 nm'nin altında ve dar bir partikül boyut dağılımında olan aşılma kauçukların özellikle yüksek-hız çarpma direncininin yüksek olabilmesi için çapraz bağ yoğunluğunun düşük olması gerekir. Partikül boyut aralığı 200-300 nm olan sistemlerde, kauçuk fazının çapraz bağlanma derecesi ve şekli dayanıklılığını önemli ölçüde etkiler. 300 nm'den daha büyük partikül boyutlarında çapraz bağ yoğunluğu yüksek tutularak bu fazın işleme sırasında deformasyonu önlenir. Partikül boyunun büyük olmasının işleme kolaylığı sağladığı ancak ışık saçılması nedeniyle yüzey parlaklığını azalttığı da not edilmelidir. Şeffaf ürün elde için ışığı yansıtmayacak çok küçük boyutlu polibütadien elastomerik polimerin kullanılması gerekir. Şeffaflık elastomerik polimerin aşılmasında metilmetakrilat kullanarak veya ABS'nin diğer polimerlerle (polikarbonat gibi) karışımlarını hazırlayarak da sağlanabilir.

Kauçuk fazda doymamış polibutadien bileşeninin bulunmasıyla, konsantre nitrik asit, sülfürik asit, klor gibi kimyasal ajanlar yoluyla polimerin oksidasyon, halojenasyon, sülfonasyon ve benzerlerine karşı hassasiyeti artar.

ABS'nin ısı oksidasyonu kauçuğu kırılğan hale getirir ve aşılğan zincirler ayrılır. Bunun sonucu dayanım azalır. Antioksidantların yapıya ilavesi ile ABS'nin oksitlenme kararlılığı büyük ölçüde arttırılabilir. Uzun süreli açık hava uygulamalarında, özellikle güneş ışığına maruz kaldığında, foto oksitlenme sonucu bozunmaya karşı uygun stabilizatörler, pigmentler ve koruyucu boyalar kullanılmalıdır.

Özellikle bilgisayarlar, motor kılıfları ve çeşitli elektrikli cihazlarda uygulanmak üzere, ABS'den yanma geciktirilmiş ürünlerin üretimi amacıyla çeşitli önlemler alınır. Bu amaçla ABS formülasyonlarına halojenlenmiş yanma-geciktirici katkı maddeleri (penta veya octobromdifenileter, tribromtrifeniletan, halojenlenmiş trifenilfosfatlar, tetrabrom bisfenol-A, tetrabrom bisfenol-A polikarbonat oligomerleri ve bromlanmış epoksi bileşikleri) ilave edilir. ABS sentezinde halojenlenmiş stiren (Örneğin tribromstiren) ilavesi de uygulanan yöntemler arasındadır.

ABS'nin fiberler (örneğin cam fiberler) ve partiküller (Örneğin kalsiyum karbonat) gibi dolgu maddeleriyle desteklenerek özellikleri istenen yönde değiştirilebilir. Dolgu maddeleri genellikle sertlik modülüsünü ve çarpma direncini arttırır, ısı genleşmeyi azaltır, fiyatı düşürür.

ABS'nin diğer polimerlerle karışımlarının hazırlanması da yine ürün özelliklerini geliştirmek ve ürün fiyatını ayarlamak için uygulanan yaklaşımlardandır. Birçok polimer SAN yada ABS ile karışabilir. Böylece her iki polimerin özelliklerinin karışımı özellikler taşıyan ürünler elde edilir. Örneğin, polikarbonat-ABS karışımlarında ABS bileşeni karışıma kolay işlenebilirlik, düşük sıcaklıkta çarpma direnci, daha iyi kimyasal direnç ve düşük fiyat sağlarken, polikarbonat ısı direnç, dayanıklılık, çarpma direncinin ve yanma-geciktirici özelliğinin daha iyi olmasına yol açar. Polivinilklorür-ABS iyi uyuşan karışımlara örnek olarak verilebilir. ABS yüksek çarpma direnci ve ısıya dayanıklılık, gelişmiş işlenebilirlik, ve düşük özgül ağırlık özelliklerini, PVC ise yanmaya karşı direnç ve özellikle düşük fiyat sağlar. Termo-plastik poliüretan-ABS karışımları uyuşabilir

karışımlardır, aşınma ve yanma direnci, çarpma direnci ve düşük özgül ağırlık gibi iyi dengelenmiş özelliklere sahiptir.

ABS'nin elektriksel özellikleri geniş bir frekans aralığında oldukça sabit değerlere sahiptir ve en önemlisi sıcaklık ve nemden etkilenmemektedir. Genel amaçlı ABS'nin dielektrik direnci 16-18 mV/m (400-450 V/mil), ark direnci 50-90 s ve dielektrik sabiti 2.4-3.3 dür. Yüzey dayanıklılığı 10^{12} - 10^{13} Q/kare olan ve antistatik özelliklere sahip ABS üretimi de söz konusudur[PİŞKİN E., İstanbul, 2000].

2.1.1. Fiziksel Ve Mekanik Özellikler

Bunlar, Çizelge 2.1. de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Örnek bir ABS 'nin seçilen özellikleri.

| Özellik | Test Yöntemi | Birim | Değer |
|--------------------------------|--------------|-------------------|-------------|
| Fiziksel ve Mekanik Özellikler | | | |
| Yoğunluk | D792 | g/cm ³ | 1.01-1.04 |
| Kopmada Çekme Gerilimi | D638 | MPa | 33-43 |
| Çekme Modülü | D638 | MPa | 1 650-2 270 |
| Esneme Modülü | D790 | MPa | 1 720-2 410 |
| Bükülme Noktasına Kadar Uzama | D638 | % | 2.8-3.5 |
| İzod Çarpma Direnci (çentikli) | D256 | J/m | 347-534 |
| Sertlik | D785 | Rockwell, R | 80-105 |
| <i>Isıl</i> | | | |
| Erime Noktası | D3418 | oC | Amorf |
| Camsı Geçiş Sıcaklığı | D3418 | oC | 100-110 |
| 264 psi'de | | | |

| | | | |
|-----------------------------|---------|-----------------|-----------------------|
| Bozunma | | | |
| Sıcaklığı | D648 | oC | 96-102 |
| 66 psi' de Bozunma | | | |
| Sıcaklığı | D648 | oC | 99-107 |
| Vicat Yum. Nok. | D1525 | oC | 91-106 |
| UL Sıcaklık İndeksi | UL 746B | oC | 60- 70 |
| Doğrusal Isı | | | |
| Genleşme Katsayısı | D696 | mm/mm/ °C | 9.5-11X10.5 |
| Çevresel | | | |
| Su Absorpsiyonu (24 saatte) | D570 | % | 0.20-0.45 |
| Berraklık | D 1003 | % Geçirgenlik | Opak |
| Dış Ortamda Aşınma | D1435 | | Orta |
| <i>Elektriksel</i> | | | |
| Dielektrik Direnci | D149 | kV/mm | 16-31 |
| Dielektrik Sabiti | D150 | | 2.4-3.8 |
| Güç Faktörü | D150 | | 0.007-0.015 |
| Yüzey Dayanıklılığı | | Ω / kare | 10^{12} - 10^{13} |
| Ark Direnci | | s | 50-90 |

[Erdal PİŞKİN,2000]

2.2. PC (POLİKARBONAT)

Polikarbonat, endüstriyel sıcaklık bölgesinde mükemmel bir yalıtım malzemesidir. Bu nedenle elektrikli cihazlarda polikarbonatın kullanılması yeterli ölçüde güvenliği sağlamaktadır. Polikarbonat, özellikle elektrik-elektronik alanında yalıtım malzemesi olarak oldukça önemli bir mühendislik malzemesidir.

Polikarbonatlar elektriksel yalıtım özellikleri, yanmazlıkları, yüksek ısı bozunma sıcaklıkları ve çarpılma dirençleri, şeffaflık ve boyutsal kararlılıkları nedeniyle elektronik endüstrisinde geniş kullanım alanı bulmuşlardır. Bu üstün özellikleri nedeniyle, polikarbonat yüksek performanslı malzeme sınıfına girmektedir.

Standard Polikarbonat ve %30 kısa cam fiber ve %20 uzun cam fiber takviyeli polikarbonatın mekanik özellikleri, ısı özellikleri, yanma özellikleri ve elektriksel özellikleri çizelge 2.2.-2.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Standard ve cam fiber katkılı polikarbonatın özellikleri.

| Özellik | Standart
PC | Katkılı Polikarbonat | | |
|--|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | %30
kısa
cam
fiber | %20
uzun
cam
fiber | Test
Yöntemi |
| Yoğunluk (g/ cm ³) | 1.20 | 1.44 | 1.35 | |
| Kopma Gerilimi (N/mm ²) | 72 | 70 | 100 | ISO 527 |
| Kopmada Uzama (%) | 20 | 3.5 | 3.5 | |
| Akma Verimi (N/mm ²) | 63 | 75 | 90 | ISO 527 |
| Akmada Uzama (%) | 6.0 | 3.0 | 3.5 | |
| Sıkıştırma Gerilimi (N/mm ²) | 75 | 110 | 125 | ISO 604 |
| Sıkıştırma Uzaması (%) | 7.0 | 4.5 | 5.0 | |
| Esneklik Modülü (N/mm ²) | 2400 | 5800 | 6000 | DIN 53457 |
| Çarpma Gerilimi (kj/m ²) | kırılma
yok | 35 | 40 | ISO 179 |
| Çentikli çarpma (J/m) | 900 | 75 | 125 | ASTM D 256 |

Çizelge 2.3. Standard ve cam fiber katkılı, polikarbonatın ısı özellikleri.

| Özellik | Standard Polikarbonat | Katkılı Polikarbonat | |
|---|-----------------------|----------------------|--------------------|
| | | %30 kısa cam fiber | %20 uzun cam fiber |
| Isıl Genleşme Katsayısı (10.6 K ⁻¹) | 70 | 30 | 30 |
| Isıl iletkenlik (W/Km) | 0.21 | 0.22 | 0.22 |
| Özgül Isı Kapasitesi (kJ/kg.K) | 1.17 | 1.09 | 1.13 |
| Camsı Geçiş Sıcaklığı (°C) | 147 | 149 | 149 |
| Isıl Bozunma Sıcaklığı (°C) | 138 | 140 | 145 |

Çizelge 2.4. Standard ve camfiber katkılı, polikarbonatın yanma özellikleri.

| Özellik | Standard Polikarbonat | Katkılı Polikarbonat | | |
|---------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--------------|
| | | %30 kısa cam fiber | %20 uzun cam fiber | Test Yöntemi |
| Yanabilirlik | | | | |
| Yanma Süresi (sn) | 5 | 5 | 5 | ASTM D 635 |
| Yanma Uzunluğu (mm) | 15 | 15 | 15 | |
| Kızgın Tel Deneyi | | | | |
| 2 mm (°C) | 750 | 960 | 960 | IEC 695-1 |
| 3 mm (°C) | 850 | 960 | 960 | IEC 695-1 |
| Oksijen İndeksi (%) | 26 | 32 | 33 | ASTM D 2863 |

Çizelge 2.5. Standart ve katkılı polikarbonatın elektriksel özellikleri

| Özellikler | Standart PC | % 30 Kısa cam fiber | % 20 uzun cam fiber |
|------------------------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| Dielektrik Direnci (KV/mm) | 30 | 30 | 30 |
| Özgül Yüzey Direnci (Ω) | 10^{15} | 10^{14} | 10^{14} |
| Özgül Hacim Direnci (Ω cm) | 10^{16} | 10^{16} | 10^{16} |
| Dielektrik Sabiti (kuru) | 3,0 | 3,3 | 3,2 |
| Dağıtma Faktörü (kuru) | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

2.2.1.Uygulama ve Kullanım Alanları

Polikarbonatlar, üstün özellikleri ve uygulama alanlarına bağlı olarak istenilen özelliklerde hazırlanabilmeleri nedeniyle hemen hemen bütün endüstrilerde geniş kullanıma sahiptirler.

Polikarbonatlar elektriksel yalıtım özellikleri, yanmazlıkları, yüksek ısıl bozunma sıcaklıkları ve çarpma dirençleri, şeffaflık ve boyutsal kararlılıkları nedeniyle elektronik endüstrisinde geniş kullanım alanı bulmuşlardır. Bu üstün özellikleri nedeniyle polikarbonat yüksek performanslı malzeme sınıfına girmektedir. Cihazların koruma amaçlı kaplanması için şeffaf ve renksiz polikarbonatlar kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Polikarbonatlar koruma amaçlı olarak da yüksek voltaj prizlerinde, lamba tutucularda, sokak lambalarında, elektrik dağıtım kutularında yaygın olarak kullanılmaktadır. Polikarbonat film ve slayt projektörlerinde metal kaplamaların yerini almıştır. Cam fiber destekli polikarbonat iyi yalıtım ve yanmazlık özellikleri, aşınma direnci ve boyutsal kararlılığı nedeniyle kredi ve kimlik kartları okuyucularında kullanılmaktadır. Üretilen polikarbonatın yarısı elektronik endüstrisinde tüketilmektedir.

Polikarbonat yüksek şeffaflık, ısıl kararlılık ve rekabet edebilir maliyetleri nedeniyle şeffaf plakaların hazırlanmasında ideal bir malzemedir. Cam ve polimetil metakrilatın (PMM) çizilme dirençlerinin polikarbonattan yüksek olmasına karşın, polikarbonat yüksek

kırılma direnci açısından bu malzemelerden üstündür. Polikarbonat plakalar büyük çatılarda, okul ve benzer binalarda kaza riskinin azlığı ve güvenli olması gereken binalarda (gökdelenler, vb.) camın yerini almıştır.

Polikarbonatlar yüksek çarpma direnci, yüksek ısı bozunma sıcaklığı ve nem-UV kararlılığı nedeniyle taşımacılık ve ulaşım sektöründe reflektör, otomobil arka lamba muhafazası, motosiklet cam siperi, otomobillerde havalandırma ve soğutma kafesi, iç aydınlatma aksamı, elektrik-dağıtım sistemi muhafazası, silecek destekleri, otomobil sigortaları, uçak yapımında iç aksamda ve trafik sinyallerinin üretiminde kullanılmaktadır. Polikarbonat, çizilmeyi önlemek için otomobil farlarında kaplama malzemesi olarak kullanılır. Polikarbonat karışımlar (ABS, PS) tampon üretiminde de değerlendirilmektedir. Toplam polikarbonat üretiminin % 11'i otomotiv sektöründe kullanılmaktadır.

Polikarbonat filmler uygun spesifik hacim dirençleri ve elektriksel özellikleri nedeniyle baskı şeritlerinin üretiminde, kredi kartlarında, reklam panolarında bilgi taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. Antistatik ajan içeren şeffaf polikarbonat filmler ile elektronik cihazların güvenli olarak paketlenmesi mümkün olmaktadır. Cam fiber destekli polikarbonat objektif, hareketli ve sabit kameralar, mikroskop parçaları ve dürbün yapımında da uygulanmaktadır.

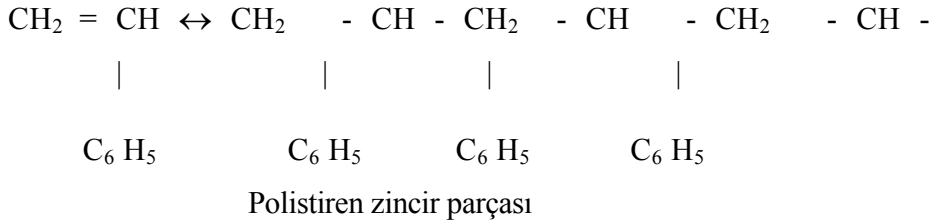
Polikarbonat uygun kan uyuşabilirlikleri, şeffaflıkları ve yüksek dayanıklılıkları nedeniyle kan oksijenatörleri, diyaliz makinaları ve kan setleri gibi medikal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Polikarbonatlar üstün sterilizasyon özellikleri nedeniyle (ısı, buhar, radyasyon ve etilen oksit sterilizasyonu kolaylıkla uygulanabilir) kültür ve idrar şişeleri, hayvan kafesleri, biberon, ilaç şişelerinin üretiminde tercih edilmektedir.

Polikarbonat köpükler posta kutularında, cadde aydınlatma parçalarında ve telefon kulübelerinin yapımında, polikarbonat şişeler karbonatsız ve çabuk tüketilecek içeceklerin paketlenmesinde, polikarbonat filmler gıdaların depolanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Paten, buz hokey alanları için koruma amaçlı çerçeve ve cam, buz hokey kaskı, sörf tahtası, pusula muhafazası, gemi feneri, su altı aydınlatma sistemleri, koruma

amaçlı gözlükler, bilgisayar dış bölgeleri polikarbonatlardan üretilmektedir [PİŞKİN E .,İstanbul, 2000].

2.3. PS (POLİSTİREN)

Stiren, 145°C'de kaynayan ve bu sıcaklıkta başlatıcı olmadan hızla polimerleşen bir sıvıdır. Stiren monomerlerinin birleşerek oluşturduğu polimer zincir parçası aşağıdaki gibi gösterilir.



Polistiren zinciri 750 ile 1300 monomer biriminden meydana gelen, 100°C'nin altında şeffaf ve katı, 100°C'nin üzerinde yumuşayıp akışkan hale dönüşen ve kolayca kalıplanıp şekillendirilebilen bir plastiktir.

Ticari boyutta ilk polistiren üretimi Amerika Birleşik Devletlerinde 1938 yılında Dow firması tarafından teneke kutularda gerçekleştirilmiştir. 10 galonluk teneke kutular monomer ile doldurularak sıvı banyosunda ısıtılıp sıcaklık artırılarak polimerleşmeleri sağlanmıştır. Elde edilen polimer kutudan uzaklaştırılarak granül haline getirilip paketlenmiştir. Üretim İkinci Dünya Savaşı esnasında sınırlı olmasına rağmen 1946 yılında 15890 tona ulaşmıştır Daha sonraki yıllarda polistirene olan talebin artması ile 1989 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde 2356000 ton polistiren satışı gerçekleşmiştir. 1995 yılında dünya polistiren tüketimi 90 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve 2000 yılında 110 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir .

Polistiren; antişok, kristal ve köpük polistiren olmak üzere üç tür halinde üretilmektedir. Serbest radikal, katyonik ve anyonik katalizörlerle üretilen polistirenler

amorf (ataktik) yapıdadır. Son zamanlarda koordinasyon katalizörü denilen Ziegler-Natta katalizörleri ile kristalin (sindiotaktik) yapıda polimerler de üretilmektedir. Sindiotaktik polistiren (SPS) ilk olarak 1986 yılında üretilmiştir. Erime noktası amorf polistirene göre çok yüksektir. Amorf polistirenin camsı geçiş sıcaklığı 100°C olduğu halde sindiotaktik polistirenin erime noktası 270°C'dir.

Monomer kömür ya da petrol endüstrisinden elde edilen benzol ve etilenden yapıldığı için bir hayli ucuzdur. Polimer ataktik ve amorfudur. Normal sıcaklıklarda camsı geçiş noktasının biraz altındadır, gevrek, geçirgendir, eritkenlerin çoğunda erimez ve elektriksel özellikleri iyidir. Polistiren uzun süre güneş ışığı karşısında kaldığı takdirde bozulur.

Günümüzde üretilen polistirenin sıklıkla yarısı ham olarak oyuncak, buzdolabı parçaları ve ev eşyası yapımında kalıp kudrası halinde kullanılmaktadır. Elektriksel özelliklerinin yüksek olması dolayısıyla yalıtıcı olarak da büyük çapta uygulanmaktadır. Polistiren ekstrüzyonla tabaka halinde çekildikten sonra ısı ile şekillendirilebilir; ekstrüzyondan çıkan film ise paketleme endüstrisinde kullanılır. Çok düşük yoğunluklu rijit köpük haline getirilebilir; normal aletlerle kesilebilen bu köpük paketlemede tampon, endüstride de yapısal ve yalıtıcı malzeme olarak kullanılır. Piyasada köpürtücü madde ile harmanlanmış halde bulunan polistiren pudra kalıplanarak doğrudan doğruya şekilli köpük elde edilebilir.

Ham polistirenin en büyük sakıncası gevrekliğidir. Bu nedenle başka bir polimerik malzeme ile harmanlanarak gevrekliği alınır ve kırılabilirliği azalır. Bu amaçla en çok kullanılan malzeme bütadien stiren sentetik lastiktir. Karıştırma işlemi mekaniktir ve bazen 'alaşımlama' adını da alır. Alaşım lastiğinin tip ve miktarının değiştirilmesiyle 'alaşımın' özellikleri geniş limitler arasında değiştirilebilir. Alaşım malzeme yüzdesi genellikle % 10 - % 25 arasındadır. Bu tip alaşım direkt kalıplama ya da ekstrüzyon yolu ile çeşitli parçaların yapılmasında kullanılabilir. Ham polistirenin kullanılmayacağı uygulamalarda bu tip

alaşım ekstrüzyonla boru ve diğer profiller haline getirilerek kullanılabilir.

Polistirenin gevrekliğini almanın başka bir metodu da kopolimerleştirmedir. Bu metodla akrilonitril kullanmak suretiyle SAN adı verilen bir plastik, akrilonitril ve bütadien kullanmakla da ABS plastiği elde edilir.

ABS in önemi hızla artmaktadır. Stiren, akrilonitril ve bütadien yüzdeleri değişik bir çok kaliteleri vardır. ABS ekstrüzyon, enjeksiyon kalıplama ve üfleme kalıplama işlemlerine uygundur. Tabaka halinden vakum-kalıplama metodu ile çeşitli parça yapımında kullanılabilir. Bavullar, elektrik motor gövdeleri, diğer mekanik parçalar, televizyon ve daktilo kutuları, buzdolabı pano ve tepsileri bu ürünler arasında sayılabilir. ABS metalle kaplanabilir. Bu özelliğinden yararlanarak otomobil tamponları, far reflektörleri ve benzer uygulamaların değerlendirilmesine çalışılmaktadır. ABS nin çok ilginç bir uygulama alanı da üç - tabaka - laminattır. Böyle bir laminatta her tabaka ABS dir fakat ortadaki ABS köpürtücü bir madde ile karıştırılmıştır. Laminat meydana getirildikten sonra bu tabaka aktifleştirilerek ortası genişmiş bir ABS laminat elde edilir. Bu malzeme kolayca ısıl şekillendirilebilir. Genleştirilmiş ABS nin cam takviyeli polyester ve benzeri malzemelerden daha hafif ve dayanıklı olduğu öne sürülmektedir. Bu tip laminattan küçük karavanlar, kamyon motor kaputları ve tecrübe otomobil gövdeleri yapılmaktadır.

SAN nin uygulama alanı da gittikçe genişlemektedir. SAN ekstrüzyona, enjeksiyon kalıplamaya ve üfleme kalıplamaya uygundur. Genellikle geçirgenliği dolayısıyla kullanılır ve bazı amaçlarda akriliklerin yerini almaktadır. Güneş ışığı karşısında zamanla sarardığından açıkta uzun süre kullanılamaz. SAN nin başlıca kullanış yerleri çamaşır makinalarında kapaklar ve göstergeler, otomobillerde alet ve ikaz lamba gösterge ve kapakları, elektrik traş makinası parçaları ve diş fırçası saplarıdır.

Polistirenin gevrek olmayan tiplerinin yapılmasında kullanılan kopolimerlerinin dışında özel amaçlı polistiren kopolimerleri de yapılmıştır .

- (a) Lastik esaslı boyalarda lastik yerine stiren - bütadin kopolimeri.
- (b) Stiren - polyester rezin kopolimeri; bu kopolimerde daha pahalı olan polyester yerine kısmen stiren getirilmekte fakat özellikler değişmemektedir.
- (c) Kumaşlar üzerinde koruyucu kaplama olarak stiren - maleikanhidrit kopolimeri.

Polistiren çatlaması ve elektriksel özelliklerinin bozulması dolayısıyla uzun süre güneş ışığında bırakılmamalıdır. Polistiren yüksek sıcaklıklara dayanıklı değildir. Polistiren köpükte sıcak havaya ile delikler ve çukurluklar yapılabilir. Polistiren parçalar kenarları ısıtılıp birbirine bastırılmak suretiyle kaynatılabilirler. Fakat çimento ile yapılan birleştirme şekli daha yaygındır. Birleştirilecek kenarların uygun bir eritkenle yumuşatılıp birbirine bastırılmasıyla kaba bir birleşme elde edilebilir. Polistirenin bir eritkende eritilerek kıvamlı bir sıvı haline getirilmesi ile elde edilecek çimento daha iyi bir birleşme sağlar. Bu amaçla en çok kullanılan eritkenler etilen diklorür metil etil keton, trikloretilen ve tolüoldür[G.R.PALİN.,1971]

2.3.1. Polistirenin Mekanik Özellikleri

Mekanik özellikler polistirenin üretimi esnasındaki şartlara bağlıdır. Polimerin molekül ağırlığına, dallanmış ve çapraz bağlı olmasına, izotaktik, sindiyotaktik, ataktik gibi molekülün stereo düzenine bağlı olarak mekanik özelliklerde farklılıklar görülür. Polistiren molekülleri erimiş halde şekillendirilirken akış yönüne doğru yönelme eğilimindedir.

Çekme deneyi sonucu elde edilen uzamaya karşı gerilim değerleri grafiğe geçirilirse, termoplastiklere ait ihtiyaç duyulan birçok temel mekanik özellik hakkında bilgi edinilebilir.

Ticari kristal ve antişok polistirenin genel özellikleri çizelge 2.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Ticari kristal ve antişok polistirenin tipik özellikleri

| Özellik | Kristal Polistiren | Antişok Polistiren | Test Metodu | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|------|------|
| | | | ASTM | ISO | TS |
| Vicat Yumuşama Sıcaklığı (°C) | 88-108 | 94-104 | D1525 | 306 | 1825 |
| Deformasyon Sıcaklığı (°C) | 75-103 | 81 -92 | D648 | 75 | 985 |
| Çekme Dayanımı (Mpa) | 36-56 | 15-20 | D638 | 527 | 1398 |
| Kopmada Uzama (%) | 1.6-2.4 | 20-40 | D638 | 527 | 1398 |
| Izod Darbe Direnci (J/m)(Çentikli) | 19-24 | 37-80 | D256 | 180 | 1005 |
| Sertlik (Rockwell, M skala) | 72-76 | 25-65 | D785 | 2039 | 9406 |

2.3.2. Elektriksel ve Isıl Özellikler

Stiren polimerlerinin elektrik izolasyon özellikleri, bütün polimerler arasında en iyilerdendir. Çünkü polistiren polar olmayan molekül yapısına ve yüksek kimyasal saflığa sahiptir. Elektrik direncini etkileyen faktörlerden biri de nemdir. Nem miktarı elektrik direncini önemli oranda düşürür. Polistirenin dielektrik sabiti 20°C - 80°C aralığında sıcaklıktan bağımsız olarak sabit kalır.

Polistirenin ısı iletkenliği diğer polimerlerle kıyaslandığında çok düşüktür. Köpük polistirenin iletkenliği ise normal polistirenden 3 kat daha azdır. Polimerlerin ısı iletkenliklerini artırmak için içersine metal tozları, fiberler dolgu malzemesi olarak katılabilir. Bu yöntemle ısı iletkenlikler 10 kat veya daha fazla artırılabilir. Polimerlerin ve polistirenin ısı genleşmesi veya büzülmesi metallere göre daha fazladır. Bu durum plastiklerin işlenmesinde problemlere sebep olabilir. Isıl genleşmeyi düşürmek için inorganik dolgu maddeleri ilave edilebilir. Polistirene %60 cam elyafı ilavesi genleşme katsayısını yarıya düşürmektedir.

Polistirenin kristal ve antişokun dielektrik dayanımı çizelge 2.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Dielektrik Dayanım

| KRİSTAL | | | ANTIŞOK | |
|-----------|---------------|-------------------|---------|----------|
| Akıcı tip | Isıya dayanan | %20 cam takviyeli | Yanmaz | Dolgusuz |
| 500-575 | 500-525 | 425 | 550 | - |

2.3.3. Çevresel Etkilere Direnç ve Kimyasal Özellikler

Polistirenin kullanım ömrünün belirlenmesinde, atmosfer, su, kimyasal maddeler, zaman ve sıcaklık gibi etkilerin ayrı ayrı veya hep birlikte etkisi önemlidir. Polistirenin çevresel ve kimyasal etkilere karşı dayanımında yapısının etkisi de önemlidir. İzotaktik polistirenin kimyasal maddelere karşı dayanımı, amorf polistirenden çok daha fazladır.

Polimerler, dolayısıyla polistiren metallere göre, kimyasal ve çevresel etkilere karşı daha dayanıklı olabilmektedir. Demirin kolayca paslanmasına, alüminyumun bazlara karşı, bakırın asitlere karşı dayanıksız olmasına karşın polistiren söz konusu maddelerden etkilenmemektedir. Polimerin işlenme tekniğinden kaynaklanan yüzey farklılığı, dış çatlaklar, iç gerilim sonucu oluşan çatlaklar polistirenin direncini olumsuz etkileyen faktörlerdir.

2.3.4. Diğer Özellikler

- **Optik özellikler:** Polimerlerin optik özelliklerinin karakterize edildiği ölçülerden birisi refraktif indeksdir. Refraktif indeks ışığın vakumdaki hızının maddedeki hızına oranıdır. Kuartz camının refraktif indeksi 1.46, pencere camının 1.52, kristal polistirenin ise 1.59'dur.

- **Su absorpsiyonu:** Polistiren suyu sevmediği için ihmal edilebilecek su absorpsiyonu vardır. 18-23°C sıcaklık aralığında %0.1'den az su absorplar. Absorpladığı su miktarının son ürünün mekanik özelliklerine etkisi yoktur, bu nedenle polistiren granüllerin kurutmaya gerek kalmadan enjeksiyon ve ekstrüzyon makinalarında işlenebilir.
- **Gaz geçirgenliği:** Geçirgenlik sıcaklığın artması ile orantılı olarak artar[BİLGİÇ T., YAĞCI M.A., TAŞKIRAN İ., CÖBEK M., EZDEŞİR A., İstanbul, 1999].

2.4. PP (POLİPROPİLEN)

Polipropilen yarı şeffaf beyaz katı bir maddedir. 121°C'ye kadar sıcaklıklarda uzun süre kullanılabilir. Erime noktası 175 °C dir. Bu nedenle polipropilen malzemeler sterilize edilebilir. Soğuk organik çözümlerde çözünmez, sıcak çözümlerde yumuşar. Birçok bükülmeden sonra dahi sertliğini korur. Antioksidant katılmadığı zaman ısı ve ışığın etkisi ile bozulur. Kolay bir şekilde renklendirilmez. İyi bir elektriksel dirence sahiptir. Düşük su absorpsiyonu ve geçirgenliği vardır. -9.4 °C'nin altında kırılmalıdır. Mantarlara ve bakterilere karşı dayanıklıdır. 60 °C'ye kadar kuvvetli asitlere ve bazlara dayanıklıdır. Klor, nitrik asit ve diğer kuvvetli oksitleyiciler tarafından etkilenir. Yakılabilir fakat yavaş yanar. Zehirsizdir. Gıda tüzüğüne uygundur. Uygun şekilde modifiye edildiğinde iyi bir ısı dayanımına sahiptir. Metal kaplanarak, enjeksiyon veya şişirme kalıplama ve ekstrude edilerek kullanılır.

Bugün dünyada 150 'den fazla polipropilen türü bulunmaktadır. Bu geniş tür dağılımının bulunması yaygın bir kullanım alanını da beraberinde getirir.

Polipropilen piyasada, paketlenme filmi, otomobil parçası, çeşitli el aletleri, ev eşyası, tel ve kablo kaplamasında gıda maddesi ambalajında, kaplama ve laminasyon

malzemesi olarak, PVC ile şişelerde, baskı plakalarında, halı ve yer döşemesi yapımında halat ve çuval lifi üretiminde akü kabı imalatında, meşrubat şişesi kasalarında, laboratuvar donanımı yapımında, oyuncak yapımında, radyatör ızgaralarında, hassas cihaz kutularında, sentetik çim yapımında, plastik boru üretiminde, özel giysi üretiminde, balık ağlarında, şerit yapımında, sentetik kağıt üretiminde mühendislik plastiği uygulamalarında, atılabilir filtre imalatında optik ve elektrik malzemeleri, seyahat eşyaları, profil, levha, halı, keçe, paspas ve ilaç ambalaj sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.4.1. Polipropilenin Yapısı

Polipropilen 1954 yılında Natta tarafından bulunmuştur. Monomer propilenin atomik yapısı $CH_2 = CH-CH_3$ şeklindedir. Ziegler-Natta katalizörleri olarak bilinen $TiCl_3$ katalizörü etkisinde aradaki çift bağ açılarak açık kalan uçlara $-CH_3$ ve $-H$ radikallerinin bağlanması sonucu polimer oluşur. Oluşan zincirin sonuna $-H$ radikali bağlandığı zaman zincir oluşumu sona erer.

Buradan da anlaşılabilirdiği gibi polimerizasyon ortamında fazla hidrojen varsa polimer zincir uzunluğu kısa olur. Hidrojen azaldıkça oluşan zincir uzun olur. Zincir uzadıkça M.F.R. (Melt Flow Ratio) azalır. M.F.I. (Erime Akış Oranı) polimerin diğer bir anlamda viskozitesidir. M.F.R. değeri artıkça polipropilen yumuşar ve elastikiyeti artar.

Polipropilenin yapısında atomlar dizili 5000 ile 10000 üniteden oluşur. Polimerizasyon esnasında üçtür polimer oluşur. Bu polimerler;

İZOTAKTİK POLİMER : Tüm $-CH_3$ radikalleri üç boyutlu düzeyde tek tarafa sıralanır, alt düzlemde $-H$ radikalleri bulunur. Kristal yapıda bir polimerdir.

SİNDİOTAKTİK POLİMER : - CH₃ radikalleri üç boyutlu düzeyde bir üst düzlemde bir alt düzlemde yer alır. Aralarda ise - H radikalleri bulunur. Bu da kristal yapıda bir polimerdir. Ksilen'de çözünür.

ATAKTİK POLİMER : - CH₃ radikalleri üç boyutlu düzeyde her iki tarafta da gelişigüzel yerleşmiştir. Amorf yapıda bir polimerdir. Heptan ve hekzan' da çözünür.

Polimerizasyon sırasında Ziegler-Natta katalizörlerinin aktivitesine bağlı olarak bu üç tür polimer de oluşur. Ortalama bir değer verilecek olursa %93 civarında izotaktik polimer, % 5.5 civarında sindiotaktik polimer ve % 1.5 civarında da ataktik polimer oluşur.

Ataktik polimer slurry faz üretimlerde kullanılan heptan ve hekzan da çözünüp polimerden ayrıldığı için son üründeki miktarı % 0.5 'den azdır. Bu nedenle slurry faz prosesler termoplastik (block copolymer) üretimi için daha uygundur. Saf izotaktik polimer ticari olarak mevcut değildir.

2.4.2. Polipropilenin Genel Özellikleri

- Polipropilenin özgül ağırlığı şu anda ticari olarak kullanılmakta olan tüm plastik malzemelere nazaran daha düşüktür. Aynı kalıba döküldüğünde polipropilen malzemeler daha hafiftir.
- M.F.R. değeri artıkça çekme dayanımı artar. Bununla birlikte uzama ve darbe dayanımı azalır.
- Polipropilenin sıcaklıkla genişmesi ve soğudukça büzülmesi polietilenlere nazaran çok küçüktür. Bundan dolayı nadiren deforme olurlar veya çatlaklar.

- Polietilenler 80 °C 'ta , polipropilen 120 °C 'ta akmaya başlar. Polipropilenin su direncininse iyi olması neticesinde ürün buharla sterilize edilmeye uygundur.120°C altındaki sıcaklıklarda uzun süre hizmet verir.
- Polipropilen oldukça iyi kimyasal dirence sahiptir. Konsantre sülfürik asit, nitrik asit, potasyum dikromat, kerosen ve karbon teraklorür haricinde tüm kimyasallara karşı dirençlidir.
- Polipropilen kristalin bir malzeme olmasına rağmen polietilenlerle kıyaslandığında daha iyi berraklığa sahiptir. 1.0 mm' ye kadar parlak bir görünüme sahiptir. 1.0 mm' yi aşan enjeksiyon kalıplamalarda iç kısma doğru yetersiz soğutma meydana gelebilir. İç kısma doğru küresel kristaller oluşur, gelen ışık dağılır ve berraklık etkilenir. Bunu engellemek için ftalik anhidrit veya karboksilik radikallere sahip katkı maddeleri polipropilene katılmalıdır.

PP'nin fiziksel ve mekanik özellikleri çizelge 2.8.'de, elektriksel özellikleri de çizelge 2.9.'da verilmiştir.

Çizelge 2.8. PP Özellikleri

| Özellik | Birim | Değeri | Test Metodu |
|------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| Özgül ağırlığı | gr/cm ³ | 0.90-0.91 | ASTM-D-1501 |
| Kütlesel yoğunluğu | gr/cm ³ | 0.4-0.5 | ASTM-D-392 |
| Akmada gerilme direnci | Kg / cm ² (23 °C) | 300 - 350 | ASTM-D-638 |
| Kopma noktasında uzama | % | 600 - 700 | ASTM-D-638 |
| Bükülme mukavemeti | Kg / cm ² (23 °C) | 7500 - 8000 | ASTM-D-747 |
| Rockwell | R-Scale (23 ° C) | 90-94 | ASTM-D-785 |
| Su absorpsiyon hızı | % ağırlık kazancı | <0.03 | ASTM-D-570 |

| | | | |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------|------------|
| Dielektrik sabiti | $\times 10^6$ CS (10°C) | 2.2-2.3 | ASTM-D-150 |
| Dielektrik kaybı | $\times 10^6$ CS (18°C) | 0.0003-0.0010 | ASTM-D-150 |
| Voltaj direnci | Kv/mm | 30-32 | ASTM-D-149 |
| Spesifik hacim direnci | Ohm-cm | $<10^{16}$ | ASTM-D-257 |
| Termal iletkenlik | Kcal/ cm /cm ² sn /°C | 2.7×10^{-7} | |
| Spesifik ısı | grCal/gr/°C | 0.46 | |
| Termal genişleme katsayısı | mm/mm/°C | 110 x 106 | ASTM-D-695 |
| Deformasyon noktası | °C | 120-130 | ASTM-D-648 |
| Yumuşama noktası | °C | 165- 172 | ASTM-D-648 |
| Aside karşı direnci | | Mükemmel | |
| Alkaliye karşı direnci | | Mükemmel | |
| Çözücüye karşı direnci | | Mükemmel | |

2.4.3. Polipropilen Türlerinin Sınıflandırılması

Polipropilen türleri ilk olarak uçana gruba ayrılır.

H - Homo polimerler

C - kopolimerler

RC- Random kopolimerler.

Homopolimerler sadece propilenin polimerizasyonundan elde edilirler.

Yapısı — P P P P P P P P P P —

Kopolimerler ise propilenin polimerizasyonundan sonra türe göre %4-14 arası etilenin polimerizasyonundan elde edilir.

Yapısı — PPPPPPPPEEEEE —

Random kopolimerlerde ise etilen oranı % 4'ün altındadır. Propilen ve etilenin beraber polimerizasyonundan elde edilir.

Yapısı — PPPEEPPPEE —

Etilen oranı % 15 ile % 45 arasında Etilen-Propilen Kauçukları elde edilir(EPR).

Polipropilen türleri ikincil olarak üç ana grubun altında M.F.R. (Erime Akış Oranı) değerlerine göre ayrılır. M.F.R. değeri ise reaktörde hidrojen konsantrasyonuna bağlıdır. Hidrojenin yanı sıra pelletleme kısmında katkı maddelerine ilaveten organik peroksitler katarak M.F.R. değeri ayarlanabilmektedir. M.F.R. değeri aynı zamanda erimiş polimerin viskozitesidir. Düşük M.F.R. olan türler daha serttir, M.F.R. değeri yükseldikçe yumuşaklık artar.

M.F.R. değeri çok düşük olan uzun zincirli polimer reaktör sonrası organik peroksit ile kırılarak M.F.R. değeri yüksek , iyi akıcılığı olan, dar molekül ağırlık dağılımlı türler de üretilebilir.

Polipropilen türleri üçüncül olarak ta üstte belirtilen iki grubun altında içerilerine katılan katkı maddelerine göre de türlere ayrılır. Bu geniş tür dağılımı geniş bir kullanım yelpazesini de beraberinde getirir.

2.4.4. Kullanım Alanları

- Enjeksiyon : Enjeksiyon ve şişirme kalıplamaya uygundur. Plastik koli bandı, film kutusu, elektrik süpürgesi parçaları, oyuncak, mutfak eşyaları, endüstriyel parçaların imalatı, keçeli kalem kabı, elektrik düğme ve prizleri, televizyon kasası,

plastik kutu araba parçaları (tampon, direksiyon, ön konsol. Benzin deposu vs.), tüfek ve tabanca kabzası .elektrikli ev eşyaları, teyp ve video kasetleri, enjektör,banyo eşyaları, piknik ve yemek takımları, şişe kapağı, limon sıkacağı, oyuncak[BİLGİÇ T., YAĞCI M.A., TAŞKIRAN İ., CÖBEK M., EZDEŞİR A., İstanbul, 1999].

Film: Genel amaçlı film imalatı.

Tübülfilm , düz film , OPP ve BOPP film imalatı.

Elyaf: Genel elyaf üretimine uygundur

Halı, trikotaj, peruk, dekoratif şerit, masa örtüsü, hasır örgü, kumaş,giyim eşyası,iplik üretiminde.

Düz İplik: İplik, çuval, Bigbag, halat, ambalaj ipliği ve ambalaj malzemesi.

Çizelge 2.9. PP nin elektriksel özellikleri

| PP | Dielektrik sabit
Birim: 10^6 CS
(10°C)
Test Metodu:
ASTM D.150 | Dielektrik
kayıp
Birim: 10^6 CS
(18°C)
Test Metodu:
ASTM D.150 | Voltaj direnci
Birim:
Kv/mm
Test Metodu:
ASTM D.149 | Spesifik Hacim
Direnci
Birim: Ωcm
Test Metodu:
ASTM D.257 |
|--|--|---|---|---|
| | | 2,2-2,3 | 0,0003-0,0010 | 30-32 |
| PP'nin
Dielektrik
dayanımı
(Kv /mm) | Homopolimer | Kopolimer | % 30 cam
takviyeli | % 10 talk
dolgulu |
| | 23 | 22 | 24 | 22 |

2.5. PA (POLİAMİD)

Doğrusal poliamid tipi plastikler bu genel isimle bilinirler. Nylonlar bir dibazik asitle bir diaminin yoğunlaşma polimerleştirilmesiyle elde edilirler:Nylonlarda en güçlü molekül arası kuvvetler hidrojen bağlarıdır. Bu değerlerin değişimi nylonların özelliklerinde küçük farklar meydana getirir. Örneğin nylon 6.6 nın dayanımı ve ergime noktası nylon6 ve nylon 6.10 dan daha yüksek, eritkenlerle etkilenmesi daha zayıftır.

Nylon ergiyikten sarma ile fiber haline getirilebilir. Elde edilen fiber gerilerek çekme dayanımı yükseltilir. Tekstil endüstrisinde, halat, fırça kılı, tenis- raket örgüsü gibi ürünlerde kullanılır.

Nylonların atmosferik rutubet soğurma özellikleri diğer termoplastiklerden daha yüksektir. Soğurum miktarı çeşitli nylonlar arasında değişir ve plastiğin özelliklerini etkiler. Bunların en sakıncası plastiğin elektriksel uygulamalarını sınırlayan yalıtım direncidir. Nylonlar imalattan önce iyice kurutulmalıdırlar; aksi halde imalat esnasında, ortaya çıkan buhar nylonun yüzeyini bozabilir. İmalatı yapılacak nylon genellikle hermetik kutularda satılır. Nylonun su soğurumu şişme meydana getirerek boyutsal bozulmalar yapabilir.

Nylon parçalar normal kalıplama işlemleriyle imal edilebilirler. Nylonu kalıp içinde polimerleştirmekle de imalat mümkündür ve bir tona kadar büyük parçalar bu metodla yapılabilir. Nylon ekstrüzyonla standart profiller haline getirildikten sonra atölye işlemleriyle şekillendirilebilir.

Naylonların en önemli özellikleri yüksek mekanik dayanım, aşınma direnci, yüksek üst sıcaklık limiti ve düşük sürtünme katsayısıdır. Nylonlar pahalıdırlar ve daha çok özel karakteristikleri yönünden kullanılırlar. Nylonlardan titreşimsiz veya yağlamasız çalışmak üzere dişliler, eksantrikler, pervaneler ve benzer ürünler yapılabilir. İletken olmayan yapılarda, titreşimi azaltmak için nyondan vida ve somun da yapılmaktadır. Yüksek basınçlı hortum, konveyör kayışları, yağda dirençli şişeler, aşınma dirençli kablo kılıfları nyondan ekstrüzyon metodu ile yapılabilir. Metal yüzey üzerine nylon pudrası püskürtmek veya polietilende açıklanan sıvılaştırılmış yatak metodu ile metaller üzerine aşınma dirençli nylon kaplamalar yapmak mümkündür.

Nylona cam fiber katmakla mekanik dayanımı ve ısıl bozulma sıcaklığı yükseltilebilir. Cam dolgulu nylon kalıplama talaşı halinde bulunur. Kendi kendini yağlama özelliklerini arttırmak için nylon grafit ve nylon - molibden disülfid alaşımları da yapılmaktadır[PALIN G.R., 1971].

Çizelge 2.10. Deneyleerde kullanılan polimer malzemelerin mekanik özellikleri

| MEKANİK ÖZELLİKLER | HDPE | PP | PS | | ABS | PA6 | PC |
|--|----------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | NORMAL | SERT | | | |
| Çekme Dayanımı (kg/cm ²)
ASTM D.638
ASTM D.632 | 220-390 | 300-400 | 350-635 | 175-455 | 175-600 | 720-845 | 600-670 |
| Young Modülü (Kg/cm ² 10 ³)
ASTMD.747 | 5.6-10.5 | 9,15-14,1 | 24,5-42 | 17,5-32 | 14-35 | 10,5-25,5 | 22-24.7 |
| Kopmada Uzama % ASTM
D.638 | 50-800 | 50-600 | 1,0-3,0 | 8,0-50 | 10-140 | 9-320 | 60-100 |
| Kopmada Dayanımı Kg/cm ²
ASTM D.700 | 140-210 | | 635-985 | 210-700 | 280-1050 | 565-1130 | 775-915 |
| Baskı Dayanımı Kg/cm ²
ASTM D.695 | | 600-700 | 810-1125 | 280-635 | 175-775 | 495-990 | 775-845 |
| Sertlik (rockwell) ASTM
D.785 (Shore D) | D.60-70 | R.85-110 | M.65-90 | M.35-70 | R.30-110 | R.103-118 | R.118-124 |
| Darbe Direnci Kgm/m (İzod)
ASTM D.256 | 2,2-65 | 3,3-33 | 1,1-2,7 | 2,7-13,5 | 11,0-55,0 | 5,5-11 | 65-87 |
| Düşük sıcaklık özellikleri | iyi | orta | zayıf | zayıf/orta | zayıf | iyi | mükemmel |

Çizelge 2.11. deneyleerde kullanılan polimer malzemelerin fiziksel özellikleri

| FİZİKSEL ÖZELLİKLER | HDPE | PP | PS | | ABS | PA6 | PC |
|---|-------------|-------------|----------|---------|----------|-----------|----------|
| | | | NORMAL | SERT | | | |
| Özgül Ağırlık ASTM D.792 | 0,945-0,965 | 0,9-0,91 | 1,04-1,1 | 1-1,1 | 1-1,1 | 1,12-1,14 | 1,2 |
| Isıl İletkenlik Cal.cm/cm ²
C.san* 10 -14 ASTM C.177 | 11-12,4 | 3,3 - 5 | 2,0-5,0 | 1,0-4,0 | 1,0-7,0 | 6,0-8,0 | 4,5-6,0 |
| Doğrusal Genleşme Katsayısı
C*10-5 ASTM D.696 | 11,0 -16,0 | 10,0 - 12,0 | 6,0-8,0 | 6,0-8,0 | 6,0-13,0 | 8,0-13,0 | 6,0-7,0 |
| Özgül Isı | 0,55-0,59 | 0,46 | 0,32 | 0,32 | 0,33-0,4 | 0,4 | 0,28-0,3 |
| Yumuşama Noktası (Vicat)
ASTM D.1525 | 120 -130 | 145-150 | 80-105 | 78-97 | 85-95 | 200-220 | 215-226 |
| Isıl Distorsiyon Noktası (c)
ASTM D.648 (4,6 Kg/cm ²) | 60 -82 | 100-112 | 70-100 | 70-97 | 75-105 | 125-175 | 135-150 |
| Kırılma İndisi ASTM D.542 | 1,49 | 1,51 | 1,59-1,6 | | | 1,53 | 1,59 |
| Sürtünme Katsayısı
(plastik/plastik) | 0,25 | | 0,4-0,5 | | | | |

Çizelge 2.12. Deneylerde kullanılan polimer malzemelerin elektriksel özellikleri

| ELEKTRİK | HDPE | PP | PS | | ABS | PA6 | PC |
|--|-------------|--------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ÖZELLİKLER | | | NORMA
L | SERT | | | |
| Hacimsel direnç
Ohm-cm ASTM
D.257 | >10 üz 17 | >10 üz
17 | >10 üz 13 | >10 üz
13 | >10 üz 15 | >10 üz
12-15 | >10 üz
16 |
| Dielektrik Şiddeti
Volt/mm ASTM
D. 149 | >31500 | >31500 | 19700-
27600 | 11800-
23600 | 12200-
16100 | 17700-
20000 | 15750 |
| Dielektrik Sabiti
ASTM D.150 | | | | | | | |
| 10üzeri 3 cps | 2,25-2,35 | 2,0-2,1 | | | | | 2,8-2,9 |
| 10Üzeri 6 cps | 2,25-2,35 | 2,0-2,5 | 2,4-3,0 | 2,4-3,5 | 2,4-3,5 | 3,0-7,0 | 2,6-2,7 |
| Güç Faktörü
ASTM D. 150 | | | | | | | |
| 10üzeri 3 cps | <0,0005 | <0,001 | | | 0,006-
0,02 | | 0,001-
0,002 |
| 10Üzeri 6 cps | <0,0005 | <0,0005 | <0,001 | <0,002 | 0,007-
0,02 | 0,02-0,13 | 0,01-
0,015 |

Çizelge 2.13. Deneylerde kullanılan polimer malzemelerin diğer özellikleri

| DİĞER | HDPE | PP | PS | | ABS | PA6 | PC |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------|---|------------------------------------|---|
| ÖZELLİKLER | | | NORMA
L | SERT | | | |
| Optik Özellikler | Geçirgen ve
opak tam renk
bölgesi | Geçirge
n tam
renk
bölgesi | Geçirgen tam
renk bölgesi | | Geçirgen
tam renk
bölgesi | Geçirgen
ve opak | Geçirgen
tam renk
bölgesi |
| Kimyasal
Direnç ASTM
D. 543 | Kuvvetli
asitlerle
etkilenir | Kuvvetli
asitlerle
etkilenir | Kuvvetli
oksitleyici
asitlerle etkilenir. | | Kuvvetli
oksitleyici
asitlerle
etkilenir | Kuvvetli
asitlerle
etkilenir | Kuvvetli
asit ve
bazlarda
n
etkilenir |

| | | | | | | | |
|---|--|--|---|---------|---|---|--|
| Eritkenlere Direnç ASTM D.543 | 80 C in altında etkilenmez | 80 C in altında etkilenmez | Ester,alkol, aromatikler, klorlu hidrokarbonlar ve ketonlarda erir. | | Ester,klorlu hidrokarbonlar ve ketonlarda erir. | Etkilenmez | Aromatik ve klorlu hidrokarbonlarda erir. |
| Su Soğurumu 3mm malzeme 24saat ASTM D.570 (%) | <0,01 | <0,01 | 0,3-0,4 | 0,1-0,3 | 0,1-0,3 | >0,3 tipe göre değişir. | 0,3 |
| Yanma Özellikleri | Kolay yanar,kendini söndürmez. Alevin dibi mavi üstü sarıdır. Eriyince berraklaşır. Yanarken mum kokusu verir. | PE gibi yanma kokusu dizel egzoztuna benzer. | Kolay yanar. Kendini söndürmez. Alev turuncu-sarıdır. Siyah duman çıkarır ve yumuşar. | | PS gibi fakat lastiksi ve acı bir koku ile yanar. | Güç yanar. Kendini söndürür. Alev mavi,tepesi sarıdır. Ergir ve köpürür.yanık sebze kokusu verir. | Güç yanar. Kendini söndürür. Sarı alev verir ve fenol kokar. |

2.6. DENEYLERDE KULLANILAN TAKVİYE MALEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ

2.6.1. İpek Elyaf

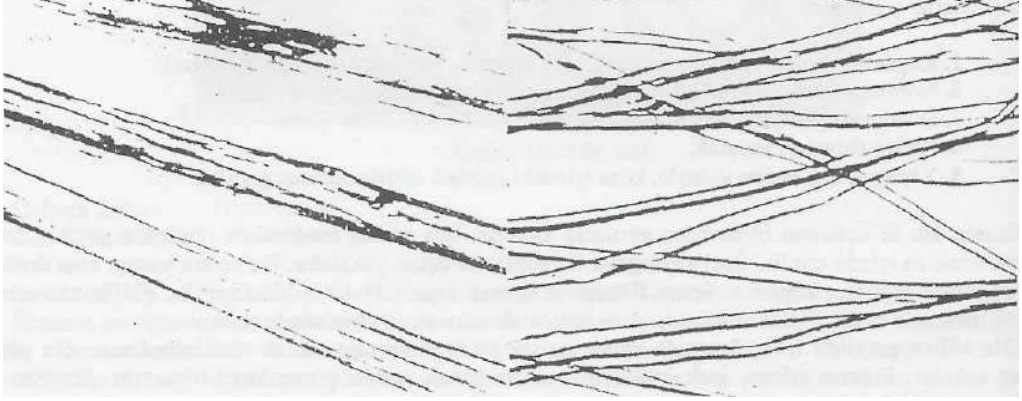
İpek lifi İpek böceğinden elde edilir. Tırtıl geçireceği **krizalit** dönemi için kendisine koza örmeye başlar. Bu anda başındaki iki delikten birbirine zamlı bir madde ile yapışık iki flâment çıkarır. Bu zamlı maddeye **serisin** denir. Tırtıl kozayı dıştan içe doğru örer. Hareket sahası daraldıkça boyu küçülür. Nedeni ipeğin asıl maddesi **fibroine** yapışık olan serisinin vücudunda azalmasıdır: Koza 3-4 gün içinde örülür. Bundan sonra tırtıl hareketsizleşir. 2-3 hafta sonra kelebek durumunda canlanır.

Kozalardan lif uçlarının birbirinden ayrılarak alınması için serisin maddesinin eritilmesi gerekir. Serisin maddesi, sıcak su içinde eritilir. Özel süpürgeler ile kozaların uçları yakalanır. Bu uçlara **kamçı başı** denir. Bu uçlar işe yaramadığı için koparılır. Sonra flâmentler İstenecek sayıda (8-10-16) birleştirilir. **Flâtör** makinesi ile çekilerek iplik elde edilir. Flâtör makinesi, İpliğe büküm de vererek çile biçiminde sarar.

Çile hâline getirilen ipek, üzerinde kalan serisin maddesinin tam olarak uzaklaştırılması için pişirme işlemine sokulur. Pişirme işlemi, ipek ipliklerinin su ve sabun içinde 1 saat kaynatılmasıdır. Pişirilen ipek beyazlaşır, parlaklığı artar ve yumuşar.

2.6.1.1. İpeğin Yapısı ve Özellikleri

Ham ipek, mikroskop altında uzunlamasına incelendiğinde, birbirine yapışmış iki lif biçiminde görünür (Şekil 2.1). Pişmiş ipek lifi ise ayrılmış olarak görünür.

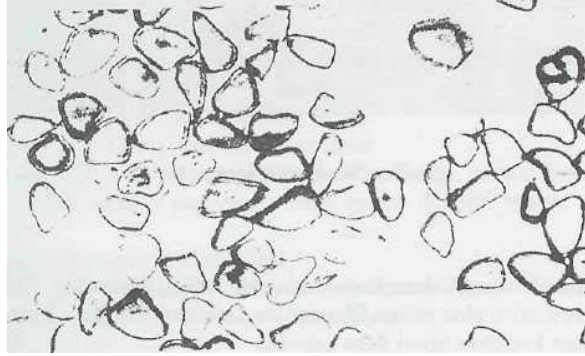


a- Ham ipek

b- Pişmiş ipek

Şekil 2.1: İpek lifinin mikroskop altında görünüşü

İpek lifinin, enine kesiti incelendiğinde ise iki ayrı bölüm durumundadır. Orta kısmında, iki bölüm hâlinde **fibroinden** oluşan lif kısmı vardır. Dış kısmında ise iki bölümü birbirine bağlayan ve tüm lifi saran yapışkan bir madde olan serisin vardır. Bu serisin madde sıcak su ile eritilerek uzaklaştırılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: İpek lifinin mikroskop altında enine görünüşü

Ham ipek, açık sarı veya krem rengindedir. Nem çekme yeteneği, ham ipekte % 30, pişmiş ipekte daha azdır. Isı ve elektrik iletme yeteneği çok azdır. Elastikiyeti % 20 , kopma

direnci 4 g/denyedir. Bir kozada lif uzunluğu 3.000 metreye kadar olabilir. İnceliği 10-28 mikron arasındadır. Özgöl ağırlığı 1,30 g/cm³ tür.

İpek **lifi**, fibroin ve serisinden oluşmuştur. Bunlardan başka mum ve madensel maddeler de vardır. İpeğin bileşiminde bulunan maddeler ve yüzdeleri şoyledir:

| | |
|--------------------------|----------------|
| Fibroin | % 72-75 |
| Serisin | % 20-25 |
| Mum ve yağlar | % 1-3 |
| Madensel maddeler | % 1-2 |

Fibroin, esas ipeği oluşturur. Suda çözünmeyen bir proteindir. Sensin ise, tüm lifi kaplayan yapışkan bir maddedir. Ham ipekten, pişirme yoluyla uzaklaştırılır. Bu pişirme sonucunda ipek, parlak ve yumuşak bir görünüm kazanır. İpeğe, sulu asitler etki etmez. Aksine yıkandıktan sonra rengi parlak olur. Seyreltilmiş asidi kolayca emer ve gıcırıtılı bir hışırtı sesi verir. Buna **grif** denir. Kuvvetli klorür asidi ipeği iki dakikada ayrıştırır.

Seyreltilmiş alkaliler, ipeğin parlaklığını kaybettirir. Sıcak ve derişik alkaliler kaynama derecesinde iken ipeği ayrıştırır. İpek, suyu çok kolay emer. Su içerisinde metal tuzları varsa İpeği sertleştirir. İpek lifi, güneş ışınlarından uzun sürede etkilenir, rengi sararır ve etkisini kaybeder.

2.6.1. 2. İpeğin Kullanım Alanları

İpek lifi; giyim eşyası, manifaturacılık, döşemecilik, askeri saha ve halıcılıkta kullanılır. Elde edilen kumaşlar çok kaliteli, parlak ve düzgün görünümlüdür. paraşüt ipi yapımında, kopmaya karşı daha etkili ve esnek olduğu için kullanılır .

2.6.2.Pamuk Elyaf

Pamuk lifi pamuktan elde edilir. Kozada içinde tohumların üzerinde lifler oluşur. Her bir tohum üzerinde 10.000-20.000 kadar lif vardır. Tohumun etrafındaki **epidermis** hücrelerinin uzamasından **primer duvar** oluşur. Lif olgunlaşma devresinde 20 günde

primer duvar içine selülozdan **sekonder duvar** örülür. Koza olgunlaşınca çatlar ve açılır. Pamuk tohumları üzeri elyaf kaplı olduğu hâlde açığa çıkar.

Yapısal olarak;

1.En üstte **kutikula** veya **muflu tabaka** adı verilen koruyucu bir tabaka vardır. Çapı 2-3 mikron kalınlığında olan pamuk lifinin yapısında bu tabakanın kalınlığı mikronla ölçülemeyecek kadar incedir. Bu kadar ince olan zar tabaka lifin en önemli kısmıdır. Lifin mukavemetini sağlar ve onu dış etkenlerden korur.

2.Üst kutikula tabakasına sıkı sıkıya bağlı olan ikinci tabaka ise **primer çeper** tabakasıdır. Burada selülozik karakterde fibriller mevcuttur. Mikroskop altında incelendiğinde bunların karşılıklı birbiri içine giren ve lif eksenine göre spiraller meydana getiren bir yapıda olduğu görülür.

3.**Sekonder çeper** adı verilen üçüncü tabaka, saf selülozik fibrillerden meydana gelmiş ve kesitte halkaları üst üste oluşmuş tabakalardan meydana gelmiştir.

4.Pamuk lifinin ortasında **lümen** adı verilen, lifin kesitine benzeyen ve ince bir çizgi hâlinde görülen bir boşluktur. Pamuğun olgunlaşması ile birlikte küçülen bir yapıya sahiptir. Çekirdek ve protoplazma kalıntıları bulunur. Lümen tabakası, lifin su ve boya emmesini kolaylaştırır.

2.6.2.1. Pamuk Lifinin Özellikleri

- **Özgül ağırlık:**Pamuğun özgül ağırlığı 1,48-1,55 g/cm³ arasında değişir. Pamuk, sudan % 50 daha fazla ağırdır.
- **Pamuk lifinin mukavemeti:** Sağlam iplik üretebilmek için liflerin mukavemetli olması gerekir. Bu liflerin mukavemeti lif inceliği ve olgunluğu ile orantılıdır. Lifin mukavemeti iki metotla bulunur:

1.Tek lif mukavemeti: Mikro dinamometre ile ölçülür. Mikro dinamometrenin iki çenesi arasına gerilen 10 mm uzunluğundaki lif, uygulanan ağırlık sonucunda kopar. Koptuğu andaki ağırlık miktarı, lifin gram cinsinden kopmaya karşı mukavemetini verir. Ortalama olarak 5,5-13 g/elyaf sağlamlık değeri belirlenmiştir. Bu metot genelde kaim liflerde uygulanır.

2.Demet hâlindeki liflerde mukavemet ölçümü: Belli miktarda alman pamuk demetinin mukavemeti, presley cihazında bulunur. Yapılan ölçümler sonucunda aşağıdaki değerler bulunmuştur.

92.000 paund ve daha yukarı ise Hf çok çok sağlam,

87.000-92.000 paund arasında ise lif çok sağlam,

81.000-86.000 paund arasında ise lif sağlam,

75.000-80.000 paund arasında ise lif orta derecede sağlam,

70.000-74.000 paund arasında ise lif zayıf,

70.000 paund ve daha küçük ise lif çok zayıf, olarak değerlendirilir.

- **Pamuk lifinin uzama kabiliyeti:** Liflerin kopmadan uzadığı miktara denir. Özel dinamometrelerle ölçülür. Normal nemli ortamda en az % 5-8, en çok % 20 olarak uzadığı belirlenmiştir.
- **Pamuk lifinin elastikiyeti:** Pamuk lifinin, elâstiklik özelliği zayıftır. Uzama kabiliyeti normal rutubette % 10 olan bir lifin elastikiyeti % 5-6 dır.
- **Pamuk lifinin nem çekme kabiliyeti:** Pamuk lifinin ticarî nem miktarı % 8 civarındadır. Normal nemli bir ortamda % 6-8 nem içerir. % 100 nemli ortamda % 20 "ye kadar nem alır. Bu fazla nem el ile hissedilmez. İşletme içerisinde, 20 °C ısı ve % 60-70 rutubette çalışması en uygun olanıdır. Statik elektrikleşmenin olmaması için liflerin bu ortamda çalışması gerekir.

- **Pamuk lifinin ısıya karşı dayanıklılığı:** Genellikle ısıya karşı oldukça dayanıklıdır. 100 °C ta sterilize edilirler. 120 °C "ta kuru sıcaklıktan etkilenmez. Isı arttıkça sararmaya başlar. 200 °C 'ta kavrulur. Direkt ateşte kolay yanar.
- **Pamuk lifinin renk ve parlaklığı:** Pamuk liflerinin rengi kalıtsaldır. Genelde pamuk lifi beyaz, krem, koyu krem, esmer ve hafif yeşilimsi renklidir. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda değişik renkte pamuk üretilmiştir. Pamuk lifi, oldukça parlaktır. Bu parlaklığını, tarlada güneş ışığına fazla maruz kalırsa kaybeder. Mat ve donuk bir görünüm alır.
- **Uzunluk:** Tekstil lifinde aranan en önemli özellikler incelik ve uzunluktur. Yapılacak ipliğin bir çok özellikleri lif uzunluğu ve inceliğine bağlıdır. Uzun liflerden ince ve mukavemetli iplikler yapılır. Lif uzunluğu tekstilde hangi amaç ile kullanılacağı hakkında fikir verir. Çünkü bazı kumaşların yapımında yalnız uzun lifler, bazılarında kısa lifler kullanılmaktadır.

Pamuk lif uzunluğu, çeşitli metotlarla ölçülür. Çekirdekli pamuk liflerinin uzunlukları; kelebek veya halo metoduna göre taranarak bulunabildiği gibi pratikte çırçırlanmış liflerin uzunlukları bulunur ve kullanılır.

Çırçırlanmış pamuk liflerinde uzunluk; tek liflerin uzunluğu ve demet hâlindeki liflerin uzunluğu şeklinde bulunur. En doğru biçimde ortalama lif uzunluğu, demet hâlindeki liflerin ölçülmesi ile bulunur. En yaygın olan metotlar Sorter ve **Fibrograf Aleti** ile yapılan ölçümlerdir.

Sorter aletinde 100 mg civarında alman lif numunesi paralelleştirilip taraklar üzerine konur. En dıştaki taraftan çıkan lifler bir pens yardımıyla alınır ve aletin diğer tarafındaki 2.grup tarak üzerine konur. Bu işleme lif uçları tamamen çekilinceye kadar devam edilir. Lif uçları eşleşmiş olan lif grupları kadife üzerine yerleştirilir. Gruplar arasındaki uzunluk farkı tarak aralarına bağlı olarak 2-3 mm 'tir. Her lif grubu hassas terazilerde tartılarak bir cetvele kaydedilir. Stapel diyagramı çıkarılarak ortalama lif uzunluğu saptanır. Ayrıca fibrograf aleti ile de

uzunluk ölçümü yapılır. Bu alet lif demetleri arasından geçen elektrik ışınlarının yardımı ile uzunluk dağılımlarını resim üzerinde verir .

Dünyada ticarî olarak pamuklar uzunluklarına göre üçe ayrılır:

1. Lif uzunlukları 30-45 mm arasında olan lifler:

Çok uzun, ince ve parlak liflerdir. Sea Island (Si İslend), Mısır ve ABD'nde yetişir. Sea Island, Amerikan-Mısır pamukları bu sınıftadır.

2. Lif uzunlukları 25-30 mm arasında olan lifler:

Orta uzunlukta liflerdir. ABD, Türkiye, Suriye, Uganda, Hindistan, Pakistan ve bazı Güney Amerika ülkelerinde yetiştirilir. Amerikan Upland ve bazı Peru pamukları bu sınıftadır.

3. Lif uzunlukları 15-25 mm arasında olan lifler: Kısa uzunlukta olan liflerdir. Kaba ve mukavemetsizdir. Hindistan ve Çin "de yetiştirilir.

- **İncelik:** Pamuklarda uzunluktan sonra en çok aranan özellik incelikdir. Doğal inceliklerini çiğit üzerinde ilk oluştukları anda alırlar. Genel olarak uzun lifler, ince olur. Bu liflerden de ince ve kaliteli iplikler yapılır. Liflerin incelik ve uzunluklarını bilmemiz, yapacağımız ipliğin numarasını belirlememiz açısından önemlidir.

Pamuk lif demetinin incelik tayini micronaire (mikroner) cihazı ile yapılır. Sabit bir basınç altında, belli hacimde ve belli ağırlıktaki lif numunesi arasından geçen havanın hızına göre lif inceliğini tayin eder. Micronaire cihazı ile yapılan ölçüm sonuçları; mic/Index olarak şöyle bulunur:

3 ve daha az ise bu pamuklar çok ince,

3-3,9 ise bu pamuklar ince,

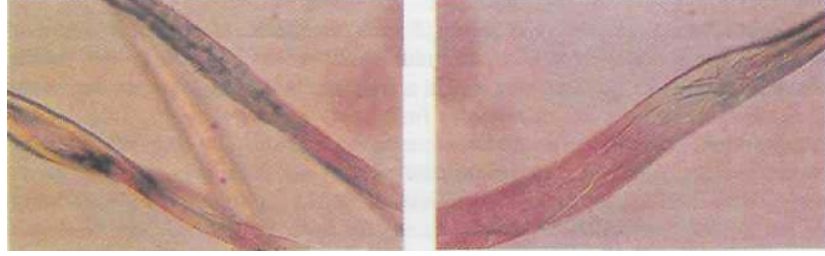
4-4,9 ise bu pamuklar orta,
5-5,9 ise bu pamuklar kaim,
6 ve daha yukarı ise bu pamuklar çok kalın.

- **Pamuk lifinde büküm:** Liflerin dalgalı durumları kıvrım kelimesi ile ifade edilmektedir. Kıvrımlı bir lif, doğal hâline oranla daha kısa görülür. Bu nedenle, lifte kıvrımlılık arttıkça lifin gerçek uzunluğu ile görülen uzunluğu arasındaki fark da artar. Pamuk liflerinde görülen bükümler, liflerin iplik olma kabiliyeti üzerine etki eder. Bükümler, olgunlaşması tamamlanan kozaların açılması esnasında meydana gelir. Kozalar açılırken lif bünyesinde bulunan suyun büyük bir kısmını kaybeder. Lifler bir taraftan yassılaşıırken diğer taraftan büzülme ve kısalmaya maruz kalır. Bunun sonucunda kıvrımlar meydana gelir. Genellikle bir kıvrım, lif çapının üç katı uzunluğunda tam bir devir yapar. Lifin her milimetresinde 12-20 adet kıvrım bulunur. Uzun ve ince liflerin kıvrım sayısı daha fazladır.

Pamuk lifleri, büküm sayısına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- a. Bir milimetrede 1-2 büküm olan pamuklar az bükümlü,
- b. Bir milimetrede 3-4 büküm olan pamuklar orta bükümlü,
- c. Bir milimetrede 5-7 büküm olan pamuklar çok bükümlü,
- d. Bir milimetrede 8 ve daha fazla büküm olan pamuklar çok fazla bükümlü olarak değerlendirilir.

- **Pamuk lifinde olgunluk:** Olgunluk derecesi, pamuk elyafı özelliklerinin en önemlilerindedir. Olgunlaşmamış elyafın mukavemeti çok azdır. Olgunluk pamuk elyafının **sekonder** çeperinin kalınlığı yani selülozun fazla olup olmayışı ile ilgilidir. Bu tabaka ne kadar kaim ise elyaf o kadar olgun, ne kadar ince ise elyaf o kadar az olgun veya ölüdür. Olgunlaşmamış elyafın mukavemeti az olduğu gibi düzgün olmayan boyamalara da neden olur. Aşağıdaki şekilde olgunlaşmış ve olgunlaşmamış lif kesitleri görülmektedir (Şekil 2.3).



a-Olgun pamuk lifi

b-Olgunlaşmamış pamuk lifi

Şekil 2.3: Olgun ve olgunlaşmamış pamuk lifleri

Pamuk lifi şu kimyasal maddelerden meydana gelmiştir:

Çizelge.2.13. pamuk lifinin içerdiği maddeler

| | |
|---------------|---------|
| Selüloz | % 88-96 |
| Pektin | % 0,7- |
| Mum ve yağlar | % 0,4- |
| Protein | % 1,2- |
| Kül | % 0,7- |
| Organik | % 0,5- |

- Pamuk lifine güneş ışığının etkisi: **Pamuk elyafı uzun süre güneş ışığının altında kalacak olursa bileşimini kaybeder. Kimyasal değişikliğe uğrar. İyi boya tutmaz.**

- **Pamuk lifine suyun etkisi:** Pamuk elyafı, sıcak ve soğuk sudan fazla etkilenmez. Sıcak suyla kaynatılacak olursa içerisinde bulunan mum, yağ ve reçineler eridiği için daha iyi ve kolay boya tutar. 4,5 atmosfer basınç altında ve 150 °C 'ta 8 saat kaynatıldığında hiçbir değişiklik görülmez. Zaman uzayacak olursa mukavemeti azalır. Kızgın buharın etkisi altında 4 saat kalacak olursa mukavemeti % 25 azalır.
- **Pamuk lifine sıcaklığın etkisi:** Pamuk liflerinin 120 °C 'ta rengi sararır. 150 °C 'ta bozulmaya başlar. 180 °C 'ta kavrulur. İçten içe yanar. Birden alev alır. Yanık kâğıt kokusu verir. Siyah bir kül bırakır.
- **Pamuk lifine asitlerin etkisi:** Pamuk lifleri derişik ve kuvvetli asitlerle, sıcakta ve soğukta bozular. Derişik sülfürik asitte tamamen çözünür. Seyreltik asitlerle sıcakta hidroselüloz vererek bozular ve çürür.
- **Pamuk lifine alkalilerin etkisi:** Alkaliler pamuğa olumsuz olarak çok az etki eder. Sulandırılmış alkali ile pamuk kaynatılırsa mumlu ve yağlı maddeleri erir.

Pamuk lifleri, 20-35 bome yoğunluktaki alkalilerle soğukta işlem görürse mukavemeti artar. Şeffaflaşır ve rengi parlaklaşır. Tekstilde sodyum hidroksitin bu etkisinden yararlanılarak pamuklular merserize edilir.

2.6.2.2. Pamuk Lifinin Kullanım Alanları

Pamuk lifinin kullanılmadığı alan, yok gibidir. Sıvıları emme kabiliyetinin yüksek oluşu nedeni ile iç çamaşır, havlu ve çorap yapımında çok kullanılır. Yıkamaya dayanıklılığı sayesinde ev tekstilinde tercih edilir. Bay, bayan dış giysilerinde geniş

kullanım alanı bulmuştur. Halı sanayiinde çözümlü ipliği olarak kullanılır. [ARABACI H., Ankara, 2001].

2.6.3. KALSİT

Kalsit karbonatlı kayaları oluşturan bu mineralin kimyasal yapısı CaCO_3 dır. Çeşitli şekillerde kristal halde bulunan camsı parlaklıkta, renksiz saydam yapıdadır. Kolay öğütülür ve öğütme sonrası rengi beyazdır. Kalsitin sertliği Moh's skalaya göre 3, yoğunluğu ise 2.6-2.7 civarındadır. Mikronize boyutlarda öğütüldükten sonra boya, kağıt, dolgu, gübre, plastik v.b. birçok sektörde beyazlık, aşındırıcılık ve aşınmaya karşı direnç kazandırma özellikler nedeniyle mümkün olduğu kadar fazla kullanılan bir dolgu maddesidir.



Şekil 2.4. Kalsit minerali

Kalsit, temel birçok sanayiinin ana girdisi olmakta titanyum dioksit gibi çok pahalı pigmentlerin daha az kullanılmasını sağladığı için gerek ekonomik gerekse çevre sağlığını açısından kullanımı yaygın bir maddedir (Şekil 2.4.).

Ülkemizde kalsit adı ile üretilen mineral kireç taşları, mermer, tebeşir gibi karbonatlı kayaların ana mineralidir.

Bu formasyonlar:

1. Kireç taşları
2. Mermerler
3. Kristal kalsitler
4. Tebeşir 'dir

Dünyada ticari olarak üretilen kalsit oluşumları;

- Beyaz renkli, saf kireç taşları,
- Türkiye'de üretilen iri kristalli mermerler ve
- Beyaz tebeşir oluşumlardır.

Bunların içerisinde beyazlığı en yüksek olanlar iri kristalli mermerler olmaktadır. Ancak öğütülmesi diğerlerine göre daha çok enerji gerektirir.

2.6.3.1. Kullanım alanları

Mikronize boyutlarda kuru veya yaş sistemde öğütülmüş kalsitlerin kullanım alanları:

- **Kağıt sektörü**

Mikronize kalsit özellikle yazı kağıtları, duvar kağıtları ve kartonların üretiminde selüloza % 15-30 arasında katılarak kullanılmaktadır. Yüksek beyazlıkta olması, ucuzluğu ve kağıda kazandırdığı diğer teknik özelliklerden dolayı son 10 yıl içerisinde Avrupa'dan başlayıp tüm dünyada kaolinin yerini alarak kağıt sektörüne girmiştir.

Kaolinin dolguda kullanıldığı asit sistemiyle üretim yapan kağıt sektörü son 10-15 yıl içerisinde artan bir ivmeyle nötr tutkallama veya alkali sistem diye tanımlanan yönteme dönmüştür. Üretilen kağıtlarda böylece zaman içerisinde sararma önlenmiş ve kaoline göre daha fazla kalsit dolgusu girme imkanı olmuştur. Bu da daha az selüloz tüketimi daha az optik beyazlatıcı kullanımı demektir. Böylece kalsit çevreye ciddi katkılarda bulunmuştur. Dünyada $18-20 \times 10^6$ ton olan kağıt sektörü dolgusunun yaklaşık yarısında öğütülmüş kalsit ve PCC olarak isimlendirilen çöktürülmüş kalsit kullanılmaktadır. Bunun önemli kısmı dolgu % 25-30 kadarı da kaplama kuşe kalsittir.

- **Boya sektörü**

Boya sektöründe 1-40 mikron boyutları arasında kuru öğütülmüş kalsit kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan kalsit boyutu 5 mikron'dur. İnşaat boyalarında iç ve dış kaplamada su bazlı boya sisteminde % 25-35 oranında kalsit boya içersinde kullanılmaktadır. Ülkemizde boya sektöründe toplam olarak 80×10^3 ton/yıl, dünyada da yaklaşık 8×10^6 çeşitli boyutta kalsit kullanıldığı tahmin edilmektedir.

- **Plastik sektörü**

Kalsit plastik mobilya, boru, otomotiv gibi bir çok plastikten mamul ürün üretiminde gerek doğal öğütülmüş gerekse kaplanmış halde kullanılmaktadır. Kaplama çoğunlukla stearik asitle bazen de kalsiyum stearatla yapılmaktadır.

Polypropilen PP, Polyamid PA, Termoplastik TPES ve PVC reçineleri esas itibariyle kalsitin dolgu olarak kullanıldığı plastiklerdir. Plastik sektöründe başta kalsit olmak üzere benzeri dolgu maddelerinin kullanımı her yıl giderek artmıştır. Rengi, kimyasal safsızlığı, ucuzluğu ve bir çok nedenle dolgu olarak kalsit kullanılmaktadır.

- **Kalsit Kaplama Plastikler**

Plastik sektöründe dolgu malzemesi olarak kullanılan mikronize kalsitin, polimerlerde yaşlanmaya neden olacak ağır metalleri içermemesi ve yüksek kimyasal saflığa sahip olması, öğütülen tanelerin tekrar bir araya gelmemesi, yüksek yağ emmemesi ve formülasyonda kullanılan yumuşatıcı veya kimyasalları absorbe etmemesi, pahalı beyaz pigmentlerden tasarruf sağlayabilecek yüksek beyazlık değerlerine sahip olması, yüksek dolgu oranlarında boyanabilirlik özelliğine sahip olması, makinalarda aşınmaya neden olmaması, kolay disperse olması (homojen dağılması), sertleşmeyi artırması, nihai malzemenin yüzey özelliklerini arttırması, darbe mukavemetini artırması, stabiliteyi ve yaşlanmaya karşı dayanımı arttırması, kokusuz, tatsız olması ve toksik olmaması gerekmektedir.

Ancak, maliyetleri düşürmenin en yaygın yollarından biri olan kalsitin inorganik bir mineral olması ve organik malzemeler olan polimerler ile arasında yüzey gerilim farkının bulunması, daha iyi fiziksel değerler elde edebilmek için kalsitin kaplanması yolunu ortaya çıkarmıştır.

Kaplanmış Kalsit'in Plastiğe Kazandırdıkları;

- Hidrofobik yapı,
- Düşük yüzey enerjisi,
- Kolay dispersiyon ve yüksek homojenizasyon,
- Mukavemet artışı,
- Kimyasal dayanım,
- Organik ortamlarla uyumluluk,
- Daha parlak ve düzgün yüzey,
- Daha az kalıp aşınması,
- Makina verimliliklerinde artış

- **İnşaat sektörü sıva, macun, yer dolgusu üretimi**

Türkiye'de yeni gelişmekte olan hazır sıva, macun gibi olanlarda beyaz dolgu kullanılması, Avrupa ve ABD'de çok yaygındır. İnşaat sektöründe beyaz renkli, çimento esaslı sıva ve macunlar toz polimerlerle karıştırılıp duvara uygulandığında kaba sıva, ince sıva, macun ve hatta boya işlemi bir uygulamada çözülmektedir.

Çeşitli boyutlarda öğütülmüş kalsit alçı, çimento, toz polimer bağlayıcılarla karıştırılıp inşaat alanında yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır.

- **Yapıştırıcılar**

Polimerlerle karıştırılan kalsit dolgusu inşaat ve otomotiv sektöründe yoğun olarak kullanılmaktadır.

- **Gıda ve yem sektörü**

Mikronize kalsit bisküvi, ekmek, çiklet gibi gıda maddelerinde katkı, kimyasal saflığı, rengi nedeniyle maliyeti düşürücü, dolaylı kalsiyum kaynağı olarak kullanılmaktadır.

- **Seramik sektörü**

Kalsit (CaCO_3) seramik sektöründe düşük oranlarda olsa da 40-100 mikron boyutlarında öğütüldükten sonra reçetelere katılmaktadır.

- **Halı tabanı ve muşamba**

Plastik sektörü içerisinde anılabilmesine rağmen 40-60 mikron boyutlarında kullanıldığı için ayrıca belirtilmiştir. Giderek artan oranlarda kullanılmaktadır.

2.6.3.2. Üretim Yöntemi Ve Teknolojisi

Ülkemizde kalsit üretimi açık işletme metoduyla işletilen maden ocaklarında yapılmaktadır. Ülkemizde üretilen kalsit, öğütme öncesi ya da sonrası herhangi bir cevher hazırlama prosesi gerektirmeyecek özelliktedir. Avrupa'da ve diğer bazı ülkelerde yüksek beyazlık ve saflıkta kalsit cevheri üretmek için yer altı işletmesi ve flotasyon metodu kullanıldığı dikkate alınırsa ülkemizin bu pazarlarda rahatça yer bulup rekabet edebileceği açıkça ortadadır.

Mikronize kalsit üretim yöntemi iki çeşittir;

1. PCC üretimi

Kalsit oluşumu her ülkede istenilen saflıkta ve beyazlıkta bulunmamaktadır. Bu yüzden özellikle ABD’de bulunan yöntemlere göre silisi düşük kireçtaşları yakılarak önce kalsine CaO elde edilir, ve suyla karıştırılarak oluşan kireç sütünden bir reaktör içerisinde CO₂ gazı basınç altında bazı kimyasallar eklenerek sisteme verilerek 1-3 mikron boyutlarında ve kristal şekli kontrol edilebilen suni ve saf kalsit kristalleri oluşturulur. Bu yöntem özellikle CO₂ gazının proseste elde edildiği kağıt ve selüloz üretim tesislerinde uydu tesis olarak kurulmaktadır. Kağıt sektöründe gerek dolgu gerekse kaplama olarak kullanılacak bu ürün kağıt fabrikalarının yakınında uzun vadeli anlaşmalar yapılarak kurulmaktadır. Maliyeti doğal olarak sulu öğütülmüş kalsite göre daha yüksek fakat standardı çok daha iyi olduğu için özellikle ABD’de yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. Doğal öğütülmüş kalsit

Kuru öğütme: Kalsiti - 40 mikron boyutlarda öğütülerek boya, plastik, kağıt, kimya gibi alanlarda tüketilir. Bu kalsitler:

- Çeneli kırıcı, -3,-10 cm. boyutlarına kırılır,
- Bilyalı değirmen -200 mikron’na öğütülür,
- Havalı seperatör ile boyutlandırılır ve
- Ambalajlanarak pazara sunulur.

+ 40-100 mikron boyutlarında öğütülmüş kalsit dış cephe boyaları, halı tabanı dolgusu ve çeşitli dolgu amacıyla tüketilen kalsitler:

- Çeneli kırıcılarda kırılır,
- Çekiçli değirmenlerde öğütülür,
- Seperatör ile boyutlandırılır ve
- Ambalajlanarak pazarlara sunulur.

Sulu Öğütme: Kalsitin kağıt sektöründe kaplama olarak ve yeni boya üretim tekniklerinde kullanılması için % 70-90'ı -2 mikron altı boyutlarında öğütülmesi gerekmektedir.

Bu ince boyutlarda öğütme sırasında ortaya yüksek miktarda ısı enerjisi çıkmaktadır. Bu yüzden -20, -30 mikron boyutlarının kuru öğütülmüş kalsit ince öğütme için sulu ortama alınır.

- -20, -30 mikron'na bilyalı değirmenlerde öğütülür,
- Sulu ince öğütme zirkon veya seramik bilyaların kullanıldığı, kule değirmenlerde sulu ortamda kalsit - 2 mikron boyutlarına indirilir,% 75 su, %25 katı madde ihtiva eden ince öğütülmüş kalsit özel tanklarla kağıt fabrikalarına sevk edilir veya kurutulup torbalanarak pazarlanır.

2.6.3.3. Ürün Standartları

Çeşitli tane dağılımında ve beyazlıkta pazarlanan kalsitte gerek yurt içi gerek yurt dışında kabul edilen tek bir standart yoktur. Boya sektörü, kağıt sektörü ve plastik sektöründe kullanılan ve ülkemizdeki tüketicilerin ortalama olarak uydukları ürün teknik özellikler için aşağıda belirtilen tablodaki ortalama değerler alınabilir.

Çizelge 2.14. Mikronize kalsit ürün teknik özellikleri

| KİMYASAL ÖZELLİKLER | |
|--------------------------------|----------|
| CaCO ₂ | % 96-98 |
| Fe ₂ O ₃ | %0.2 |
| SiO ₂ | % 0.2 |
| MgO | % 2 Max. |
| Beyazlık El Repho 2000 | 95 Min. |

Çizelge2.15. Kalsitin boyuta göre kullanıldığı sektörler

| BOYUT DAĞILIMI | - 2
Mikron
% | Ortalama tane
(D₅₀), % | En büyük tane
(D₉₇), % |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Boya Sektörü Genel | 32-34 | 3.5 | 36 |
| Boya Sektörü (ince ürün) | 55-60 | 1.6 | 12 |
| Kağıt Sektörü (dolgu) | 42-44 | 3 | 18-20 |
| Kağıt Sektörü (kaplama) | 80-90 | 1.0 | 6-8 |
| Plastik Sektörü (dolgu) | 32-34 | 3.5 | 36-38 |
| Plastik Sektörü (Kablo dış kaplama) | 42-44 | 3.2 | 18-22 |

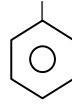
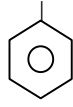
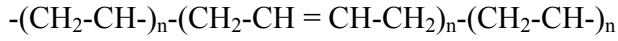
Çizelge 2.16. Kalsitin kimyasal ve fiziksel analizi

| HAMMADDENİN KİMYASAL
ANALİZİ | | HAMMADDENİN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİ | |
|---|-----------|---|-----|
| CaO | > 53.11 % | Yoğunluk (ISO 787/10) | 2.7 |
| MgO | < 0.23 % | Kırılma indisi | 1.5 |
| Fe ₂ O ₃ | < 0.1 % | Sertlik (Moh) | 3 |
| Al ₂ O ₃ | < 0.16 % | | |
| SiO ₂ | < 0.41 % | | |
| Ateşte ziyan | < 35.42 % | | |

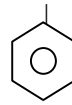
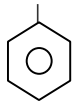
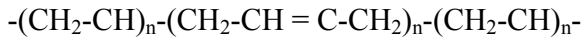
2.2.4. POLİSTİREN / POLİDİEN BLOK KOPOLİMER ESASLI TERMOPLASTİK ELASTOMERLER

Stirenli blok kopolimerler termoplastik elastomerler içerisinde en çok kullanılan grubu oluşturmaktadır Bunun nedeni de modifiye edici maddelerle, dolgu maddeleriyle ve çok sayıda reçineler dahil bir çok malzemeye karışabilmesidir. Bu kombinasyonların kontrol altında tutulmasıyla özel uygulamalara cevap verebilecek ürünlerin elde edilmesi mümkündür. Stirenik termoplastikler kimyasal yapılarına bağlı olarak elastomerik yada reçine olabilirler. Stirenik blok kopolimer elastomerler, stiren ve % 50'nin üzerinde dien içeren triblok kopolimerlerdir. Stirenik blok kopolimer reçinelerinde ise stiren miktarı ağırlıkça % 60'ın üzerindedir. Ticari olarak kullanılmakta olan stirenik blok kopolimerler şunlardır:

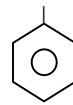
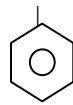
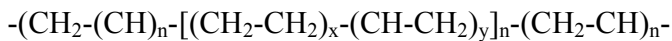
a - Stiren - Butadien - Stiren (S - B - S)



b - Stiren - İzopren - Stiren (S - I - S)



c - Stiren - Etilen / Butilen - Stiren (S - EB - S)



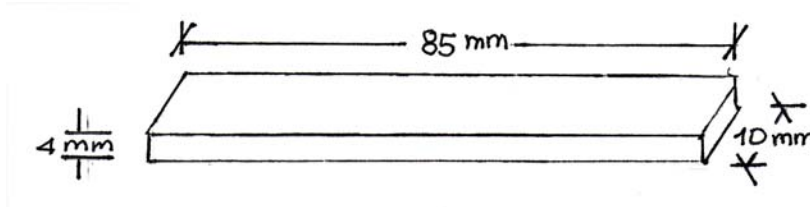
Stirenli termoplastik elastomerler oda sıcaklığında yumuşak ve sert segmentlerden oluşmaktadır. Kristalin stiren uçlar sert segmentleri, kauçuksu butadien merkez zinciri yumuşak segmentleri oluşturmaktadır. Bu iki fazlı bir yapı meydana getirmektedir. **S B S** ve **SIS** blok kopolimerlerinde polistiren fazı oda sıcaklığında dayanıklı ve sert olmakla beraber polidien fazı yumuşak ve elastomeriktir. Bunlar fiziksel olarak çapraz bağlı termoplastik elastomerlerdir ve oda sıcaklığında vulkanize olmuş kauçuk özelliği taşırlar. Buna rağmen ısıtılıp soğutulduğunda, tekrar sertleşir ve orijinal özelliklerini geri kazanır. Bu blok kopolimerler bir çok çözücüde çözünürler. Bu çözücüler, genelde homopolimerlerinin çözüldüğü çözücülerdir [BİLGİÇ T., YAĞCI M.A., TAŞKIRAN İ., CÖBEK M., EZDEŞİR A., İstanbul, 1999].

3. DENEYLER

3.1. Elektrik Direnç Deneyleri (İzolasyon Direnci)

DENEYİ AMACI; üretilen yeni malzemelerin elektriksel direnç değerlerinin belirlenmesidir.

Üretimi önceden yapılan 57 çeşit numune kullanılmıştır. Bu numuneler çentikli ve çentiksiz darbe çubukları, çekme çubuğu ve plaka olmak üzere 228 parça üzerinde deney yapıldı. Ancak kullanılan sonuçlar standart boyutlardaki çentiksiz darbe çubuklarına aittir.



Şekil3.1. Deney numunesi ve ölçüleri

Elektriksel direnç deneylerinde IEC 1010 kullanılmıştır.

Deneyler Onur Müh.Ltd.Şti. firmasına ait, izolasyon megeri ile yapılmıştır. 500kft/5000GΩ arası ölçüm yapan cihazın doğruluk değeri $\pm \% 2$ 'dir.

Kullanılan ölçüm cihazı max. 500G-Ohm'a kadar ölçüm yapabilmektedir. Bu yüzden okunan değer o malzeme için bu cihazla ölçülebilen maksimum değerdir.

PA6 kullanılarak üretilen numuneler işlem öncesi kurutma fırınında tutularak nem çekme eğilimine karşı kondisyonlanmıştır.

Deney ortamının sıcaklığı 19°C ve havalandırma sistemi yardımıyla kuru hava sağlanmıştır.

Ölçümlerde darbe numunesi kullanmamızın sebebi; ölçüm uzunluğunun arttırılması ile matris etkisini daha iyi tespit edebilmektir.

Bu numunelerde ölçüm uzunluğu olan 10 mm'de elyaflar birbirlerine dağılımsal olarak çok yakındır.

Darbe numunelerinde uzunluk 85mm olup dolayısıyla elyaflar, birbirlerine diğer numuneye göre daha uzaktır ve bu tespit imalat açısından daha gerçekçidir.

İşlem Basamakları

1. Numunelerin kondisyonlanma işlemi 100°C de 2 saat süreyle fırın yardımıyla yapılmıştır.
2. Ortama kuru hava verilmiş olup, sıcaklık değerleri tüm ölçüm işlemleri süresince sabit tutulmuştur.
3. İş güvenliği açısından kauçuk yüzey üzerinde direnç değerleri ölçülmüştür.
4. Numunelerin her iki ucuna probalar batırılarak sırasıyla 500, 1000, 2500, 5000 VDC akıma tabi tutularak direnç değerleri ölçüm yapılmıştır.
5. Alınan tüm sonuçlar kaydedilmiştir.

3.2. DENEY NUMUNELERİ VE ÖZELLİKLERİ

3.2.1. İpek – Pamuk karışımları

HDPE, PP, Pamuk ve İpek kompozitlerinin içerik ve oranları çizelge 3.1. ve 3.2.'de gösterilmiştir.

Atık ipek ve pamuğun özellikleri çizelge 3.3.'de, HDPE, PP, geridönüşüm PA6 ve geridönüşüm PC'nin genel özellikleri çizelge 3.4.'de verilmiştir. Deney için üretilen numunelerin enjeksiyon işlem parametreleri ise çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge3.1. HDPE,PP, Pamuk ve İpek kompozitleri içerik ve oranları

| | % KARIŞIM GRUPLARI (1mm, 2,5 mm,5mm serbest karışım) | |
|-------|---|---------------------------|
| GRUP1 | 94 / 6 | 97/ 3 |
| | MPEP 102
(HDPE /PAMUK) | MPEP 101
(HDPE /PAMUK) |
| | MPEI 102
(HDPE / İPEK) | MPEI 101
(HDPE / İPEK) |
| | MPPP 102
(PP / PAMUK) | MPPP 101
(PP / PAMUK) |
| | MPPİ 102
(PP / İPEK) | MPPİ 101
(PP / İPEK) |

Çizelge3.2. PA6,PC İLE Pamuk , İpek kompozitlerinin içerik ve oranları

| | 93 / 7 ELYAF UZUNLUKLARI (mm) | | |
|--------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 1 | 2,5 | 5 |
| GRUP 2 | MPAP 1011
(PA.6 / PAMUK) | | MPAP 1025
(PA.6 / PAMUK) |
| | MPAI 1011
(PA.6 / İPEK) | MPAI 10225
(PA.6 / İPEK) | MPAI 1035
(PA.6 / İPEK) |
| | MPCP 1011
(PC /PAMUK) | | MPCP 1025
(PC /PAMUK) |
| | MPCI 1011
(PC / İPEK) | MPCI 10225
(PC / İPEK) | MPCI 1035
(PC / İPEK) |

Çizelge 3.3. Atık ipek ve pamuğun özellikleri

| GENEL ÖZELLİKLER | Atık ipek | Atık pamuk |
|-------------------------|-----------|------------|
| ÜRETİM YERİ | BURSA | ÇUKUROVA |
| ATIK DURUMU | ATIK İPEK | |
| ELYAF HASSASİYETİ(dtex) | 1,5 | 1,7 |
| YOĞUNLUK (g/cm3) | 1,30-1,37 | 1,54 |
| NEM ÇEKME ORANI (%) | 11 | 8 |
| ISIL İLETKENLİK | Zayıf | Zayıf |
| ÇEKME DAYANIMI (g/tex) | 30-50 | 4,0-5,0 |
| ÇEKMEDE UZAMA (%) | 13-20 | 5,0-6,0 |

Çizelge 3.4. HDPE,PP, Geridönüşüm PA6 Ve Geri Dönüşüm PC' nin Genel Özellikleri

| GENEL ÖZELLİKLER | HDPE | PP | Rc. PA.6 | Rc.PC |
|--------------------------------|----------------|----------------|------------------|---------|
| ÜRETİCİ FİRMA | PETKİM CO.(TR) | PETKİM CO.(TR) | DİLAPLAST(ITALY) | GE(USA) |
| TİCARİ ADI | PETYLEN YY | PETOPLAN | DİLAMİD 6 | LEXON |
| TİPİ | I 668 | MH 418 | NATUREL | 144R |
| AKMA DAYANIMI (MPA) | 294 | 31 | | |
| ÇEKME DAYANIMI (MPA) | 248 | 39 | 75 | 2350 |
| YOĞUNLUK (gr/cm ³) | 0,966 | 0,91 | 1,13 | 1,2 |

Çizelge 3.5.Kullanılan Enjeksiyon Numunelerinin Çekme Deneyi İçin İşlem Parametreleri

| PARAMETRELER | DEĞERLER | | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| | MPEP
(HDPE /
PAMUK) | MPEI
(HDPE /
İPEK) | MPPP
(PP /
PAMUK) | MPPİ
(PP / İPEK) |
| ENJEKSİYON
SICAKLIĞI (C) | 210-230 | 210-230 | 210-230 | 210-230 |
| ENJEKSİYON
BASINCI(BAR) | 40 | 40 | 40 | 40 |
| KALIPTA KALMA
SÜRESİ (s) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| PARAMETRELER | MPAP
(PA.6/ PAMUK) | MPAI
(PA.6 / İPEK) | MPCP
(PC /
PAMUK) | MPCI
(PC / İPEK) |
| ENJEKSİYON
SICAKLIĞI (C) | 220-250 | 230-255 | 230-260 | 230-260 |
| ENJEKSİYON
BASINCI(BAR) | 40 | 40 | 40 | 40 |
| KALIPTA KALMA
SÜRESİ (s) | 10 | 10 | 10 | 10 |

PA6 ve pamuğun mekanik özellikleri çizelge 3.6.'da, PP ve ipeğin mekanik özellikleri ise çizelge 3.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. PA6 ve pamuğun mekanik özellikler

| | % 100 PA.6 | MPAP 1011
(PA6 /PAMUK) | MPAP 1025
(PA6 /PAMUK) |
|---------------------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|
| | | 1 mm | 5 mm |
| ELASTİSİTE MODÜLÜ
(MPA) | 522,3 | 569,5 | 336,4 |
| AKMA DAYANIMI (MPA) | 60,85 | 51,5 | 24,9 |
| ÇEKME DAYANIMI (MPA) | 64,33 | 56,7 | 36,7 |
| % UZAMA | 242,28 | 25,1 | 85 |
| SERTLİK (SHORE D) | 74 | 74,9 | 68,9 |
| IZOD DARBE DAYANIMI
(KJm2)Çentikli | 7,9 | 7,6 | 12,76 |

Çizelge 3.7. PP ve ipeğin mekanik özellikleri

| | PP | MPPİ 101
(PP / İPEK) | MPPİ 102
(PP / İPEK) | HDPE |
|--|--------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| | 100% | 97 / 3 | 94 / 6 | 100% |
| ELASTİSİTE MODÜLÜ (MPA) | 486,13 | 422,03 | 454,61 | 404,32 |
| AKMA DAYANIMI(MPA) | 38,19 | 39,6 | 38,84 | 30,31 |
| ÇEKME DAYANIMI(MPA) | 39,3 | 39,98 | 38,95 | 30,6 |
| % UZAMA | 282 | 14,66 | 11,25 | 400< Kopmadı |
| SERTLİK (SHORE D) | 62,12 | 63 | 62,3 | 58,5 |
| IZOD DARBE DAYANIMI (KJ
m2)Çentikli | 2,85 | 5,07 | 4,625 | 7,02 |

3.2.2.ABS/PC/ SBS Polimer Alaşımlarının Kompozisyonları

ABS/PC/SBS kompozitinin içerik ve oranları izelge 3.8., fiziksel ve mekanik özellikleri izelge 3.9.'da, ekstrüzyon ve enjeksiyon üretim Şartları izelge 3.10.'da belirtilmiştir.

Çizelge 3.8. ABS/PC/SBS kompozitinin içerik ve oranları

| GRUP | % ABS | % PC | % SBS |
|---------|-------|------|-------|
| 20409 B | 70 | 30 | 0 |
| 20410 B | 69,3 | 29,7 | 1 |
| 20411 B | 66,5 | 28,5 | 5 |
| 20412 B | 63 | 27 | 10 |

Çizelge 3.9. Kompozitin Fiziksel ve Mekanik zellikleri

| ÖZELLİKLER | ABS RESİN | PC RESİN | SBS RESİN |
|--------------------------------|-----------------|----------|-----------------|
| TİCARİ ADI | ABS | LEXAN | KRATON |
| TİPİ | 750 SW | 144 R | D-4271 CS |
| YOĞUNLUK (gr/cm ³) | — | 1200 | 0,94 |
| STİREN ORANI (%) | | | 45 |
| MFI (g/10 min) | 36(220 C-10 Kg) | | 10 (200 C-5 Kg) |
| SERTLİK (Shore A) | | | 72 |
| ÇEKME DAYANIMI (MPA) | 49 | 63 | 26 |
| SU EMME (%-24 hour) | 0,3 | 0,1 | |
| KOPMADA UZAMA (%) | 45 | | 1000 |
| BURKULMA DAYANIMI (MPA) | 65 | 90 | |

Çizelge 3.10.Ekstrüzyon ve Enjeksiyon Şartları

| ÖZELLİKLER | EKSTRÜZYON | ENJEKSİYON |
|----------------------------|------------|------------|
| SICAKLIK (C) | 180-230 | 210-230 |
| VİDA HIZI (Rpm) | 306 | |
| BASINÇ (bar) | 20 | 40 |
| KALIPTA KALMA SÜRESİ (sec) | | 10 |
| SOĞUTMA SUYU (C) | 85 | 40 |

SBS ilavesiyle ABS/ PC alaşımlarındaki mekanik özelliklerin değişimi çizelge 3.11.'de, termal özelliklerindeki değişimler ise çizelge 3.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge.3.11.SBS İlavesiyle ABS/ PC / SBS Alaşımlarında Mekanik Özelliklerde Değişimler

| MEKANİK ÖZELLİKLER | 20409 B | 20410 B | 20411 B | 20412 B |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| ELASTİSİTE MODÜLÜ (MPA) | 756,78 | 762,2 | 670,56 | 631,55 |
| AKMA DAYANIMI (MPA) | 54,33 | 46,68 | 44,2 | 41,4 |
| ÇEKME DAYANIMI (MPA) | 66,31 | 54,98 | 53,17 | 50 |
| UZAMA (%) | 40,32 | 40,49 | 46,92 | 52,28 |
| SERTLİK(Shore D) | 74,81 | 74 | 72,33 | 68,5 |
| IZOD DARBE DAYANIMI (KJ/m2-notched) | 11,5 | 13,05 | 15,8 | 18,23 |

Çizelge.3.12.SBS İlavesiyle ABS/ PC / SBS Alaşımlarında Termal Özelliklerde Değişimler

| TERMAL ÖZELLİKLER | 20409 B | 20410 B | 20411 B | 20412 B |
|---------------------------|---------|---------|----------|---------|
| MFI (g/10 min 200 C 5Kg) | 5,9 | 3,98 | 4,86 | 5,36 |
| HDT (C-1,80 MPA) | 92,9 | 91,8 | 91,2 | 88,5 |
| VİCAT SOFT POINT(C -1 Kg) | 115,65 | 115,6 | 113 | 110,5 |
| DSC (C) | | | | |
| ABS(Tg) | 105,98 | 104,57 | 104,23 | 104,96 |
| PC (Tg) | 132,64 | YAK.131 | YAK .131 | YAK.131 |

3.2.3.PP/PA6/SEBS

PP/PA6/SEBS kompozitinin numune kodlarına göre oranları çizelge 3.13.'de, fiziksel ve mekanik özellikleri ise çizelge 3.14.'de verilmiştir.

PP/PA6/SEBS kompozit numunelerini hazırlamak için gerekli ekstrüzyon ve enjeksiyon koşulları çizelge 3.15.'de, üretilen numunelerin mekanik özellikleri çizelge 3.16.'da, ısıl özellikleri ise çizelge 3.17.'de belirtilmiştir.

Çizelge3.13. PP/PA6/SEBS kompozitinin içerik ve oranları

| Grup | %PP | % PA6 | % SEBS |
|-----------|-----|-------|--------|
| MPPAS 101 | 80 | 20 | 0 |
| MPPAS 102 | 60 | 40 | 0 |
| MPPAS 103 | 60 | 30 | 10 |
| MPPAS 104 | 70 | 20 | 10 |
| MPPAS 105 | 80 | 10 | 10 |

Çizelge 3.14. Fiziksel ve mekanik özellikleri

| ÖZELLİKLER | PP Resin | PA6 Resin | SEBS Resin |
|--------------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| TİCARİ ADI | Petoplen | Ultramid | KratonG |
| TİPİ | MH 418 | B 3S | FG-1901 X |
| YOĞUNLUK (gr/cm ³) | | 1,13 | |
| STİREN ORANI% | | | 30 |
| MFI (g/10min) | 4,0-6,0 (230C-2,16 Kg) | | 1,4-2,8(230C-5 Kg) |
| SERTLİK (Shore D) | | | 75 |
| ÇEKME DAYANIMI (Mpa) | 39 | 100 | 34 |
| AKMA DAYANIMI (Mpa) | 31 | 90 | |
| MALEİK ANHİDRİT ORANI % | | | 2 |
| Tm (C) | | 220 | |
| Tg (C) | | 60 | |

Çizelge 3.15. Polimer Kompoziti Hazırlamak İçin Gerekli Ekstrüzyon ve Enjeksiyon Koşulları

| ÖZELLİKLER | Ekstrüzyon | Enjeksiyon |
|---------------------------|------------|------------|
| SICAKLIK(C) | 180-220 | 210-230 |
| VİDA HIZI (Rpm) | 300 | |
| BASINÇ (Bar) | 20 | 40 |
| KALIPTA KALMA SÜRESİ(sec) | | 10 |
| SOĞUTMA SUYU (C) | 65 | 40 |

Çizelge 3.16. Kompozitin Mekanik Özellikleri

| MEKANİK ÖZELLİKLER | MPPAS 101 | MPPAS 102 | MPPAS 103 | MPPAS 104 | MPPAS 105 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ELASTİSİTE MODÜLÜ(Mpa) | 457,3 | 437,57 | 428,06 | 388,22 | 343,69 |
| AKMA DAYANIMI (Mpa) | 39,95 | 42,86 | 31,15 | 31,91 | 32,1 |
| ÇEKME DAYANIMI (Mpa) | 41,66 | 44,52 | 32,1 | 32,6 | 33,16 |
| UZAMA % | 7,82 | 5,98 | 77,67 | 65,86 | 106,28 |
| SERTLİK (Shore D) | 64,77 | 66,66 | 61,2 | 60 | 59,25 |
| İZOD DARBE DAYANIMI(Kj/m2-notched) | 3,9 | 5,7 | 14,1 | 14,76 | 15,23 |

Çizelge 3.17. Kompozitin ısıll özellikleri

| ISIL ÖZELLİKLER | MPPAS 101 | MPPAS 102 | MPPAS 103 | MPPAS 104 | MPPAS 105 |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| MFI (gr/10min 230C-2,16 Kg) | 7,49 | 25,59 | 1,39 | 1,91 | 2,83 |
| HDT(C-1.80 Mpa) | 58,3 | 64,1 | 57,3 | 55,8 | 53,56 |
| Vicat Yumuşama noktası (C-1Kg) | 157,11 | 170,28 | 150,07 | 149,4 | 149,1 |
| DSC(C) | | | | | |
| PP T _m | 167,11 | 166,55 | 167,34 | 166,29 | 168,03 |
| PA6 T _m | 222,68 | 223,75 | 223,01 | 222,04 | 222 |

3.3. DENEYLER İÇİN KULLANILAN CİHAZLAR

3.3.1. İzolasyon Megeri

| | |
|----------------------------------|---------------------------|
| Kademe
500 kft / 500GΩ | Doğruluk
±%2 |
| Test gerilimi | 500, 1000, 2500, 5000V DC |
| Kısa devre akımı | 1.3 mA |

AC/DC GERİLİM

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| Kademe
0 ~ 600 V AC/DC | Doğruluk
±%2 |
|----------------------------------|------------------------|

DC Gerilim Giriş Direnci : 3 MΩ
AC Gerilim Giriş Empedansı : 1.35 MΩ

Diğer Özellikler

| | |
|------------------------------|-----------------------|
| Skala | Logaritmik, L = 90 mm |
| Besleme | 4 X 1.5 V Batarya |
| Batarya zayıf uyarısı | Kırmızı LED |
| Batarya ömrü | Yaklaşık 2500 Ölçüm |
| Koruma | CATIII600V |
| Boyutlar | 345 x 130x250mm |
| Ağırlık | 4.5 kg |

Test Standartları

IEC 1010 Standardına göre dizayn edilmiştir.

Standart Aksesuarları

İzolasyon Test Prob Seti {Siyah / Kırmızı, 2mt} Krokodil uç (2 adet), Kullanım kitabı
Guard Terminal ölçüm probu (Siyah, 2mt)

3.3.2. Enjeksiyon Makinesi



Şekil 3.2. Numunelerin üretildiği enjeksiyon makinesi (Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Plastik Lab.)

3.3.3. Kurutma Fırını



Şekil 3.3. Kurutma fırını(Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Plastik Lab.)

Kurutma Fırını: 1400 °C'ye çıkabilir, fırın içi 200x300x500mm. Polimerik malzemelerin kül testlerinde kullanılabilir.

4.SONUÇLAR

4.1. Elektriksel Direnç Deneyleri Sonuçları

Elektriksel direnç deneylerine ait sonuçlar çizelge 4.1.- 4.9. ve şekil 4.1.-4.13.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. ve şekil 4.1.'e göre PP matris ve ipek takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranındaki artış direnç değerini etkilememiştir. PP matris ve pamuk takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı artınca direnç artmıştır. Kırık çentik numunesi PP matris ve pamuk takviyeli kompozit malzemelerde normal numunelere göre direnç değeri artmıştır.

Çizelge 4.1. ve şekil 4.1.'e göre HDPE matris ve pamuk takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı artınca direnç azalmıştır. HDPE matris ve ipek takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı artınca direnç artmıştır.

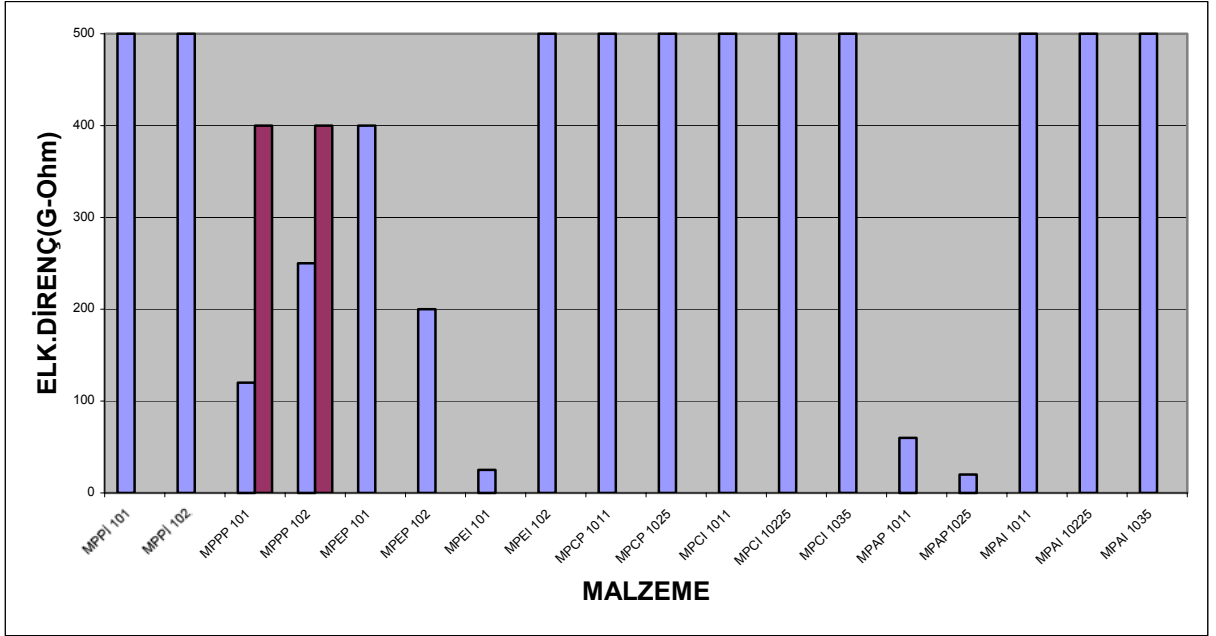
Çizelge 4.1. ve şekil 4.1.'e göre PC matris ve pamuk takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı sabit , elyaf uzunluğu da artmasına rağmen direnç değeri değişmemiştir. PC matris ve ipek takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı sabit , elyaf uzunluğu da artmasına rağmen direnç değeri değişmemiştir.

Çizelge 4.1. ve şekil 4.1.'e göre PA6 matris ve pamuk takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı sabit ancak elyaf boyunun artması ile direnç azalmıştır. PA6 matris ve ipek takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı sabit , elyaf uzunluğu da artmasına rağmen direnç değeri değişmemiştir.

Çizelge 4.1.PP, HDPE,PC, PA6 Polimerlerinin Muhtelif Oran Ve Lif Boylarındaki İpek Ve Pamuk Takviyeli Kompozitlerin, Karışım Oranı, Lif Boyu ve Elektriksel Direnci Tablosu

| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | LİF BOYU (mm) | DİRENÇ(R) G-Ohm | | AÇIKLAMA |
|------------|--------------|-------------|---------------|------------------|-----|-----------------------------|
| | | | | A | B | |
| MPPİ 101 | PP / İPEK | 97 / 3 | | 500 | | |
| MPPİ 102 | PP / İPEK | 94 / 6 | | 500 | | |
| MPPP 101 | PP / PAMUK | 97 / 3 | | 120 | 400 | KIRIK ÇENTİK NUMUNESİ (*) |
| MPPP 102 | PP / PAMUK | 94 / 6 | | 250 | 400 | KIRIK ÇENTİK NUMUNESİ (*) |
| MPEP 101 | HDPE / PAMUK | 97 / 3 | | 400 | | |
| MPEP 102 | HDPE / PAMUK | 94 / 6 | | 200 | | |
| MPEI 101 | HDPE / İPEK | 97 / 3 | | 25 | | |
| MPEI 102 | HDPE / İPEK | 94 / 6 | | 500 | | |
| MPCP 1011 | PC / PAMUK | 93 / 7 | 1 | 500 | | |
| MPCP 1025 | PC / PAMUK | 93 / 7 | 5 | 500 | | |
| MPCI 1011 | PC / İPEK | 93 / 7 | 1 | 500 | | |
| MPCI 10225 | PC / İPEK | 93 / 7 | 2,5 | 500 | | |
| MPCI 1035 | PC / İPEK | 93 / 7 | 5 | 500 | | |
| MPAP 1011 | PA.6 / PAMUK | 93 / 7 | 1 | 60 | | |
| MPAP1025 | PA.6 / PAMUK | 93 / 7 | 5 | 20 | | |
| MPAI 1011 | PA.6 / İPEK | 93 / 7 | 1 | 500 | | |
| MPAI 10225 | PA.6 / İPEK | 93 / 7 | 2,5 | 500 | | |
| MPAI 1035 | PA.6 / İPEK | 93 / 7 | 5 | 500 | | |

(*) – Çentik numunesi iki eşit parçaya ayrılıp ayrı br inceleme yapılmıştır. A-B simgeleri parçaları tanımlamaktadır.

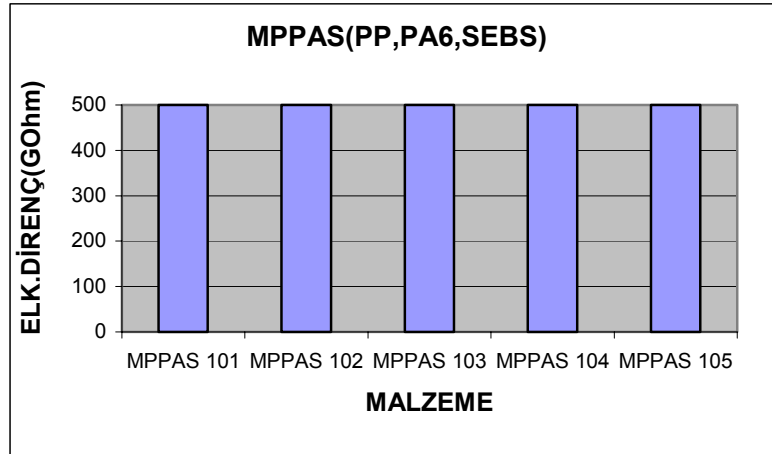


Şekil 4.1. PP, HDPE,PC, PA6 Polimerlerinin Muhtelif Oran Ve Lif Boylarındaki İpek Ve Pamuk Takviyeli Kompozitlerin, Karışım Oranı, Lif Boyu ve Elektriksel Direnci Grafiği

Çizelge 4.2. ve şekil 4.2.'ye göre PP, PA matris ve SEBS takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı ve matris elemanlarının oranları değişmesine rağmen direnç değeri değişmemiştir.

Çizelge 4.2. PP-PA6-SEBS kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ (R) G-Ohm |
|-----------|------------------|--------------|------------------|
| MPPAS 101 | PP / PA.6 / SEBS | 80 / 20 / 0 | 500 |
| MPPAS 102 | PP / PA.6 / SEBS | 60 / 40 / 0 | 500 |
| MPPAS 103 | PP / PA.6 / SEBS | 60 / 30 / 10 | 500 |
| MPPAS 104 | PP / PA.6 / SEBS | 70 / 20 / 10 | 500 |
| MPPAS 105 | PP / PA.6 / SEBS | 80 / 10 / 10 | 500 |

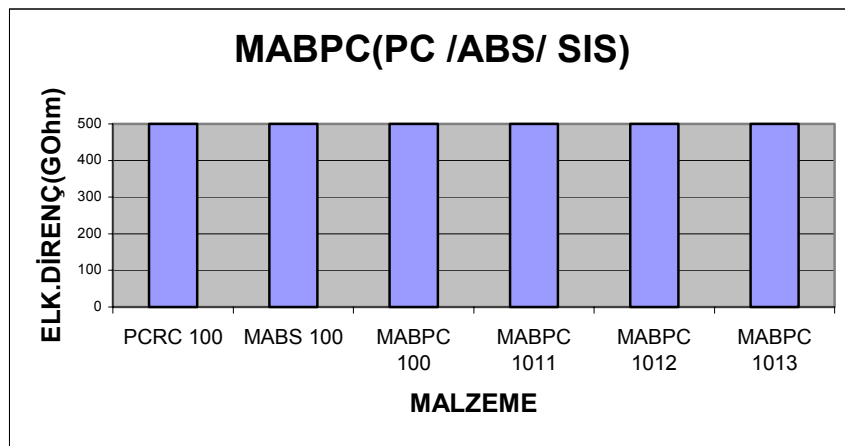


Şekil 4.2. PP-PA6-SEBS kompozitinin Direnç Grafiği

Çizelge 4.3. ve şekil 4.3.'e göre geridönüşüm takviyesiz PC için direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür. Takviyesiz ABS için direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür. Geridönüşüm takviyesiz PC ve takviyesiz ABS için direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür. Geridönüşüm PC ve ABS matris ve SIS takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı ve matris elemanı oranları değişmesine rağmen bu malzemeler için direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür.

Çizelge 4.3. Geri dönüşüm PC-ABS-SIS kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ(R) G-Ohm |
|------------|-----------------|--------------|------------------|
| PCRC 100 | PC GERİ DÖNÜŞÜM | 100 | 500 |
| MABS 100 | ABS | 100 | 500 |
| MABPC 100 | ABS / PC | 70 / 30 | 500 |
| MABPC 1011 | ABS / PC / SIS | 60 / 30 / 10 | 500 |
| MABPC 1012 | ABS / PC / SIS | 65 / 30 / 5 | 500 |
| MABPC 1013 | ABS / PC / SIS | 50 / 30 / 20 | 500 |

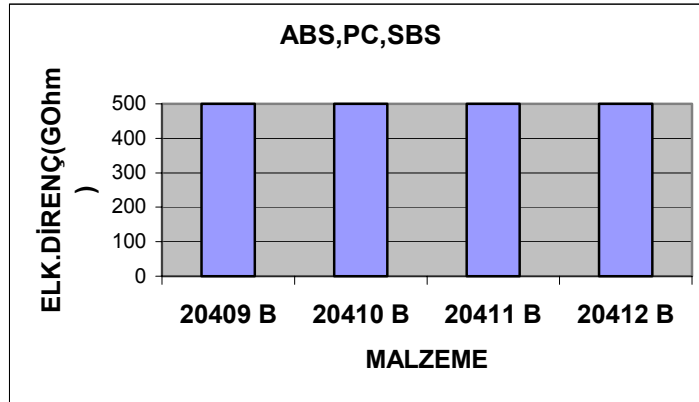


Şekil 4.3. Geri dönüşüm PC-ABS-SIS kompozitinin Karışım Oranına Bağlı Direnç Grafiği

Çizelge 4.4. ve şekil 4.4.'e göre takviyesiz PC ve ABS polimerleri karışımında direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür. PC ve ABS matris ve SBS takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı ve matris elemanı oranları değişmesine rağmen bu malzemeler için direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür.

Çizelge 4.4. ABS-PC- SBS Kompozitinin Karışım Oranı Ve Direnç Tablosu

| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ(R) G-Ohm |
|---------|----------------|-----------------|------------------|
| 20409 B | ABS / PC | 70 / 30 | 500 |
| 20410 B | ABS / PC / SBS | 69,3 / 29,7 / 1 | 500 |
| 20411 B | ABS / PC / SBS | 66,5 / 28,5 / 5 | 500 |
| 20412 B | ABS / PC / SBS | 63 / 27 / 10 | 500 |

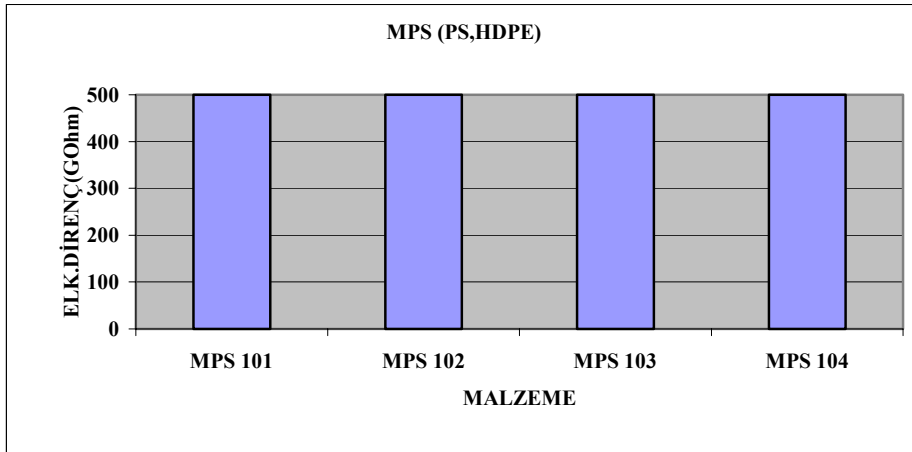


Şekil 4.4. ABS-PC- SBS Kompozitinin Karışım Oranına Bağlı Direnç Grafiği

Çizelge 4.5.ve şekil 4.5.'e göre PS ve HDPE matris takviyesiz bu yapıda takviye oranı ve matris elemanı oranları değişmesine rağmen direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür.

Çizelge 4.5. PS-HDPE Kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

| KOD | İÇERİK | KARIŞIM | DİRENÇ(R) G-Ohm |
|---------|-----------|---------|------------------|
| | | (%) | |
| MPS 101 | PS / HDPE | 98 / 2 | 500 |
| MPS 102 | PS / HDPE | 96 / 4 | 500 |
| MPS 103 | PS / HDPE | 94 / 6 | 500 |
| MPS 104 | PS / HDPE | 92 / 8 | 500 |



Şekil 4.5. PS-HDPE Kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Grafiği

Çizelge 4.6. ve şekil 4.6.'ya göre, PP matris ve Eva ana takviye oranı sabit ancak kompozit içindeki oranı ve yardımcı takviye Talk'ın oranı değişmesine rağmen direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür.

Çizelge 4.7. ve 4.7.'ye göre, PP matris ve Eva ana takviye oranı sabit ancak kompozit içindeki oranı ve yardımcı takviye Talk'ın oranı değişmesine rağmen direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür.

Çizelge 4.8. ve 4.8.'e göre, PP matris ve Eva ana takviye oranı sabit ancak kompozit içindeki oranı ve yardımcı takviye Talk'ın oranı değişmesine rağmen direnç değeri 500 GΩ'dan büyüktür.

Çizelge 4.6. % 88 PP % 12 EVA (PE wax,B225.2.extr.) kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

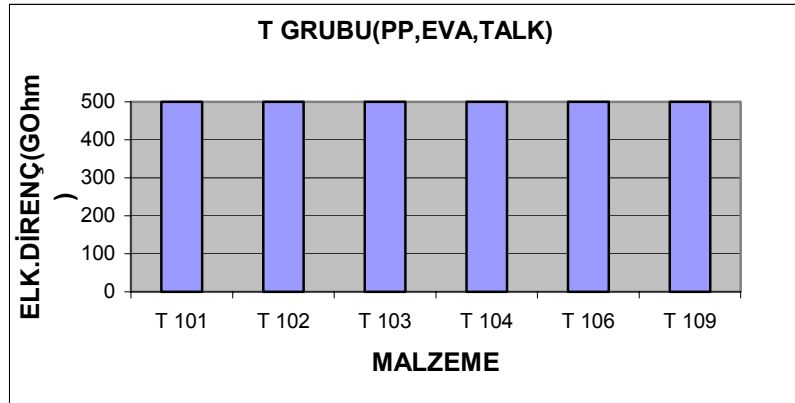
| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ (R) G-Ohm |
|-------|---------------|-------------|------------------|
| T 101 | PP/ EVA/ TALK | (88/12) / 1 | 500 |
| T 102 | PP/ EVA/ TALK | (88/12) / 2 | 500 |
| T 103 | PP/ EVA/ TALK | (88/12) / 3 | 500 |
| T 104 | PP/ EVA/ TALK | (88/12) / 4 | 500 |
| T 106 | PP/ EVA/ TALK | (88/12) / 6 | 500 |
| T 109 | PP/ EVA/ TALK | (88/12) / 9 | 500 |

Çizelge 4.7. % 88 PP % 12 EVA (PE wax,B225.2.extr.) kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

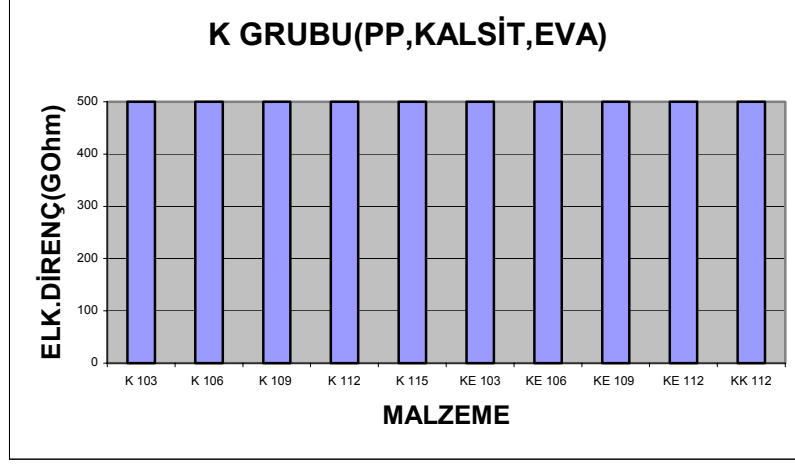
| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ (R) G-Ohm |
|-------|-------------------|----------------|------------------|
| K 103 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 3 | 500 |
| K 106 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 6 | 500 |
| K 109 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 9 | 500 |
| K 112 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 12 | 500 |
| K 115 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 15 | 500 |

Çizelge 4.8. % 88 PP % 12 EVA (PE wax,B225.2.extr.48 saat 100 C de tavllanmış) kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

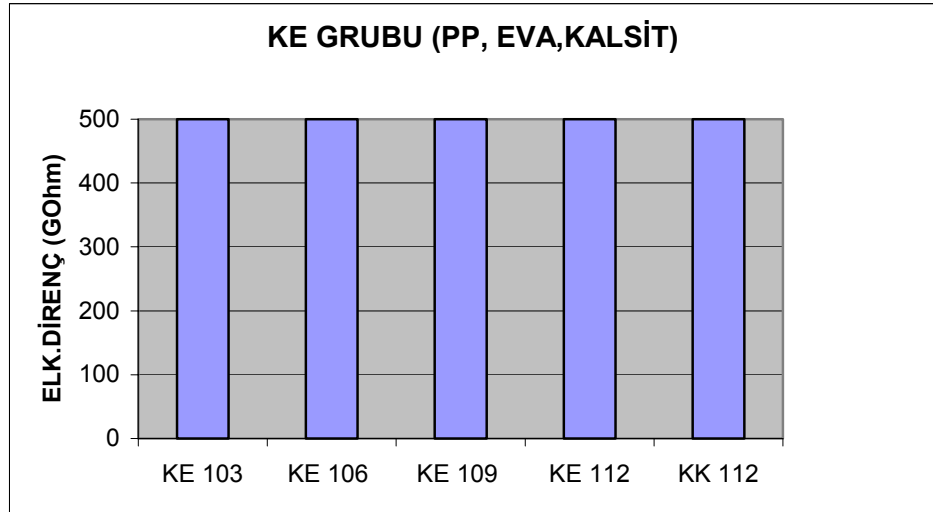
| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ(R) G-Ohm |
|--------|-------------------|----------------|------------------|
| KE 103 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 3 | 500 |
| KE 106 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 6 | 500 |
| KE 109 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 9 | 500 |
| KE 112 | PP / EVA / KALSİT | (88 / 12) / 12 | 500 |
| KK 112 | PP / KALSİT | 88 / 12 | 500 |



Şekil 4.6. % 88 PP % 12 EVA (PE wax,B225.2.extr.) kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Grafiği



Şekil 4.7. % 88 PP % 12 EVA (PE wax,B225.2.extr.) kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Grafiği



Şekil 4.8. % 88 PP % 12 EVA (PE wax,B225.2.extr.48 saat 100 C de tavllanmış) Kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Grafiği

Çizelge 4.9. ve şekil 4.9'a göre HDPE ve PS matris ile SBS takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı sabit ancak matris bileşenlerinin oranının değişmesiyle direnç azalmıştır.

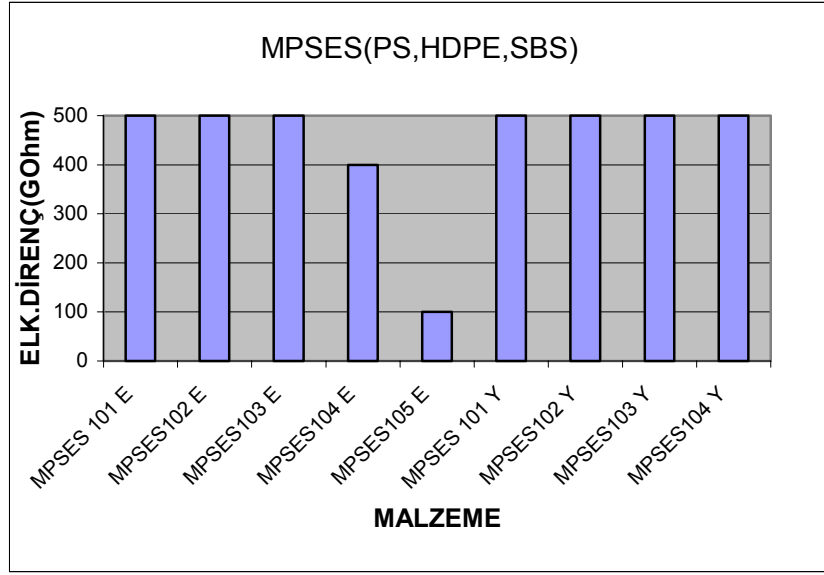
HDPE ve PS matris ile SBS takviyeli kompozit malzemeler için HDPE'nin 7,6% oranından sonra direnç azalmıştır.

HDPE ve PS matrisli takviyesiz iki polimer karışımında direnç $500G\Omega$ 'dan büyüktür.

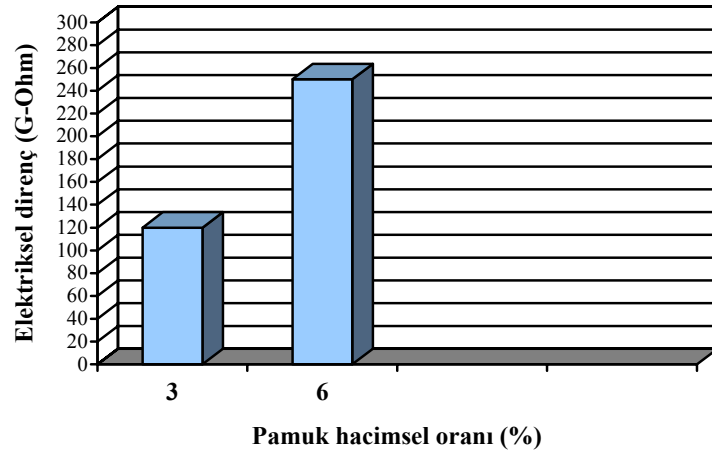
HDPE ve PS matris ile SBS takviyeli kompozit malzemeler için takviye oranı ve matris bileşenlerinin oranının değişmesiyle direnç $500G\Omega$ 'dan büyüktür.

Çizelge 4.9. PS-HDPE- SBS Kompozitinin Karışım Oranı ve Direnç Tablosu

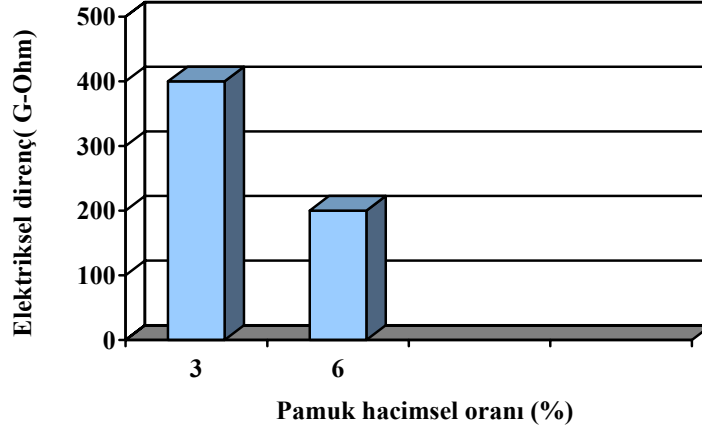
| KOD | İÇERİK | KARIŞIM (%) | DİRENÇ (R) G-Ohm |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|
| MPSES 101 E | PS / HDPE / SBS | 93,1 / 1,9 / 5 | 500 |
| MPSES102 E | PS / HDPE / SBS | 91,2 / 3,8 / 5 | 500 |
| MPSES103 E | PS / HDPE / SBS | 89,3 / 5,7 / 5 | 500 |
| MPSES104 E | PS / HDPE / SBS | 87,4 / 7,6 / 5 | 400 |
| MPSES105 E | PS / HDPE / SBS | 85,5 / 9,5 / 5 | 100 |
| MPSES 101 Y | PS / HDPE / SBS | 92 / 8 | 500 |
| MPSES102 Y | PS / HDPE / SBS | 87,4 / 7,6 / 5 | 500 |
| MPSES103 Y | PS / HDPE / SBS | 85,1 / 7,4 / 7,6 | 500 |
| MPSES104 Y | PS / HDPE / SBS | 82,8 / 7,2 / 10 | 500 |



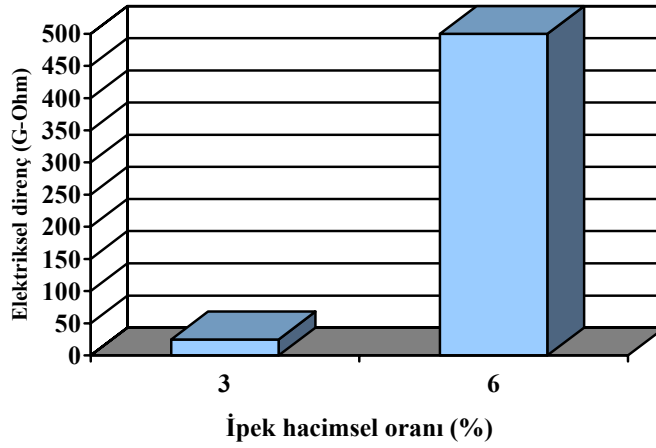
Şekil 4.9. PS-HDPE- SBS Kompozitinin Karışım Oranı Ve Direnç Grafiği



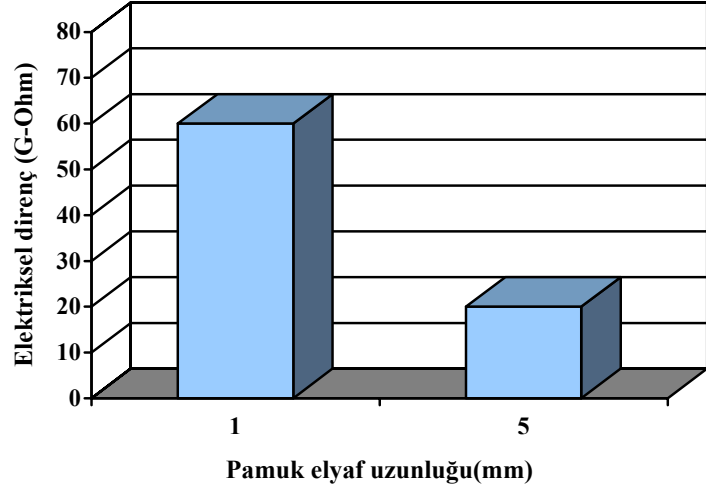
Şekil 4.10. PP-Pamuk kompoziti için, pamuk hacimsel oranına bağlı olarak elektriksel direncin değişimi



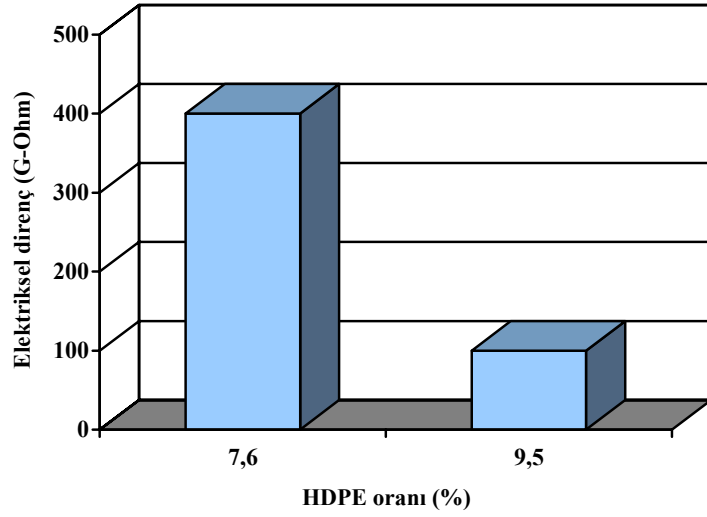
Şekil 4.11. HDPE – Pamuk kompoziti için, pamuk hacimsel oranına bağlı olarak elektriksel direncin değişimi



Şekil 4.12. HDPE-İpek kompoziti için, ipek hacimsel oranına bağlı olarak elektriksel direncin değişimi.



Şekil 4.13. PA6- Pamuk kompoziti için, elyaf uzunluğuna bağlı olarak elektriksel direncin değişimi.



Şekil 4.14. PS-HDPE-SBS kompozitinde, sabit takviye oranı (5% SBS) için, değişen HDPE oranına bağlı olarak elektriksel direncin değişimi.

5.TARTIŞMA

5.1. Deney Sonuçlarının Tartışılması

PP miktarı arttıkça elektriksel direnç azalmakta,dolayısıyla elektriksel iletkenlik artmaktadır. Diğer bir deyişle, pamuk miktarı arttıkça elektriksel direnç artmakta ve elektriksel iletkenlik azalmaktadır(Çizelge 4.1.).

HDPE miktarı arttıkça elektriksel direnç artmakta, dolayısıyla elektriksel iletkenlik azalmaktadır. Diğer bir deyişle, pamuk miktarı arttıkça elektriksel direnç azalmakta ve elektriksel iletkenlik artmaktadır(Çizelge 4.1.).

HDPE miktarı arttıkça elektriksel direnç azalmakta, dolayısıyla elektriksel iletkenlik artmaktadır. Diğer bir deyişle, ipek miktarı arttıkça elektriksel direnç artmakta ve elektriksel iletkenlik azalmaktadır(Çizelge 4.1.).

Pamuk elyaf uzunluğu arttıkça elektriksel direnç azalmakta, dolayısıyla elektriksel iletkenlik artmaktadır(Çizelge 4.1.).

PS miktarı azalıp HDPE miktarı arttıkça elektriksel direnç azalmakta, dolayısıyla elektriksel iletkenlik artmaktadır(Çizelge 4.9.).

HDPE miktarı arttıkça elektriksel direnç artmakta, dolayısıyla elektriksel iletkenlik azalmaktadır(Çizelge 4.9.).

L.C. Costa ve diğerleri, sabit sıcaklıkta, kritik takviye hacimsel oranında sızma teorisini açık bir şekilde gösterdiler ve buradan itibaren doğru akımda iletkenliğin artan takviyeli hacimsel oranla arttığını elde ettiler (L.C. COSTA ,F.HENRY,M.A. VALCUTE, S.K. MENDİRATTA, A.S. SOMBRA ,2002).

K.B.Cheng ve diğeri, kullanılan takviye ve dolgu malzemelerinin PP matrisli kompozitin elektriksel iletkenliğinin üzerinde etkili olduğunu buldular (K.B.CHENG, K.C.LEE, T.H.UENG, K.J.MOU,2002).

M.Ghosh ve diğeri, oda sıcaklığında iletkenliği azalan pani parçacıklarının hacimsel oran ile azaldığını tesbit ettiler. Düşük sıcaklıklarda ise, oda sıcaklığına yakın değerler buldular (M.GHOSH, A.BARMAN, S.K.DE, S. CHATTARJEE, 1997).

Wan Jin Lee ve diğeri, Polianilin-PC kompozitin sulfonik asit bileşikleri ile muamele edilmesiyle elektriksel iletkenliğin arttığını tesbit ettiler. Ayrıca azalan sıcaklıklarda, azalan dirençler olduğunu gözlemlediler. Oda sıcaklığı altındaki sıcaklıklardan, oda sıcaklığına artan sıcaklıklarla birlikte artan elektriksel iletkenlik değerlerini buldular (WAN JİN LEE, YOUNG JU KİM, SHİNYOUNG KAANG,2000).

Wiriya Thongruang ve diğeri, grafit takviyeli PE, grafit takviyeli HDPE, karbon elyaf takviyeli PE, karbon elyaf takviyeli HDPE üzerinde yaptıkları çalışmalarda artan takviye elemanı hacimsel oranı ile birlikte elektriksel iletkenliğin arttığını gözlemlediler (WİRİYA THONGRUANG, R.J. SPONTAK, C.M. BALIK,2002).

J. Vilcakova ve diğeri, sızma başlangıcı bölgesine kadar az olan elektrik iletkenliğini, buradan sonra artan kısa karbon elyaf oranı ile birlikte artış gösterdiğini sonucuna vardılar. Ayrıca oda sıcaklığında elektriksel iletkenliğin artmakta, artan takviye oranı ile de artmakta olduğunu da gözlemlediler (J. VİLCAKOVA, P.SAHA, O. QUADRAT,2002).

Manwar Hussain ve diğeri, kompozit üretimi için kullanılan basıncın artırılması ile elektriksel iletkenliğin azaldığını gözlemlediler (MANWAR HUSSAİN, YONG-HO CHOA, KOİCHİ NİIHARA,2001).

Bunlara benzer olarak, yoğunluklu bir biçimde grafit ya da karbon elyaf takviyeli polimer kompozitlerin elektriksel özellikleri çalışılmıştır (P.Tsotra, K. Friedrich,2003), (J.F.Feller, P.Chauvelon, I.Linossier, P.Glouannec,2003), (R.Wycisk, R.Pozniak, A. Pasternak, 2002), (T.A. Ezguerra, M.T. Connor, S. Roy, M. Kuleseza, J.Fernandes Nascimento, F.J. Balta Calleja, 2001) Ve (X. Liang, L. Ling, C.X.Lu, L.Lui, 2000).

Literatürde görüldüğü üzere PAN gibi iletken polimerler ya da karbon ve metal elyaf / parçacık gibi iletken takviye malzemeleri kullanılarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada farklı olarak pamuk, ipek gibi takviye malzemeleri, PP, HDPE ve PA6 gibi olefin polimerlerde yani elektriksel iletkenlikleri yok denecek kadar az olan polimerler kullanılarak elde edilen plastik esaslı kompozitler ve ayrıca Eva, kalsit, SEBS ve PC takviye malzemeleri ile HDPE, PP ve ABS polimerlerinden oluşan plastik esaslı kompozit malzemeler kullanılmıştır.

Literatürdeki genel eğilim doğrultusunda artan takviye hacimsel oranlarında bazı kompozitler için elektriksel iletkenliğin arttığı, bazılarında ise bu eğilime zıt olarak azaldığı gözlemlenmiştir.

Ayrıca matris içinde HDPE miktarının artması ile elektriksel direncin azaldığı yani, elektriksel iletkenliğin arttığı bulunmuştur.

Naturel elyaf olarak kullanılan pamuk ve ipek, Ülkemizin en iyi ürünlerinin atıklarıdır(ipek Bursa'dan, pamuk Çukurova'dan sağlanmıştır).

Diğer malzemeler için ise, cihaz ölçüm sınırını (500G-Ohm) aşan elektriksel direnç sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuç bizi, bu tür malzemelerin elektriksel iletkenliklerinin yok denecek kadar az olabileceği savına götürmektedir.

Naturel elyaflar(pamuk ve ipek), 500G-Ohm altındaki değerler elektriksel direncin azalıp,elektriksel iletkenliğin arttığı değerleri sağlamaktadır.

Isıl iletkenlik katsayısını bulmak için kullanılan cihazlarla elektriksel iletkenlik ölçmek mümkün olmakla birlikte bu cihazların hassasiyetleri düşük olduğundan eğer bu cihazlarla ölçüm yapsaydı elektriksel iletkenlik değerleri sıfır olurdu.

Bunlara ek olarak, artan elyaf uzunluğu ile elektriksel iletkenliğin arttığı gözlemlenmiştir.

Pamuk ve ipek tek başlarına elektriksel iletkenlikleri yok denecek kadar az olan, yani yalıtkan malzemelerdir. PP, HDPE ve PA6 polimerlerinde pamuk ve ipeğin takviye malzemeleri olarak elektriksel iletkenliğe katkıda buldukları gözlemlenmiştir. Bunun sebebi muhtemelen matris içinde yanarak, karbonlaşmaları ve bu şekilde iletkenlik yolu açmalarıdır.

KAYNAKLAR

- AKALIN M., KOÇAK D., USTA İ., TAŞDEMİR M., MERDAN N., “Effects of Different Quantiles of Silk And Cotton Waste Used As Fibre Reinforced Composites Structure”, I. International Textile,Clothing& Desingn Conference-Magic World of Textiles, October 06-09 2002, Dubrovnik, Croation.
- AKYÜZ Ö.F., “Plastikler Ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş” , 2.Baskı, Pagev Yayınları No:1, İstanbul, 2001.
- ALİYEV G.G., “Polimer Ve Kompozit Malzemelerin Dirençlerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleriyle Değişimi Teorisi” , Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları : 2963 , Bilim Ve Kültür Eserleri Dizisi : 871 , Eğitim Dizisi : 5 , İstanbul, 1995.
- ARABACI H., “Mesleki Ve Teknik Okullar İçin Elyaf Bilgisi (Tekstil)” , S.7-13, 32-36, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları : 2663 , Ders Kitapları Dizisi : 766 , Ankara, 2001.
- BİLGİÇ T., YAĞCI M.A., TAŞKIRAN İ., CÖBEK M., EZDEŞİR A., “Polimerler-I” ,Cilt I, S.254-256, Pagev Yayınları No.3 , İstanbul, 1999.
- CHENG K.B., LEE K.C., UENG T.H., MOU K.J., “Electrical And İmpact Properties Of The Hybrid Knitted İnİaid Fabric Reinforced Polypropylene Composites”, *Composites, Part A, Applied Science And Manufacturing*, V.33, pp.1219-1226, Elsevier Science Ltd, 2002.
- COSTA L.C., HENRY F., VALCUTE M.A., MENDİRATTA S.K., SOMBRA A.S., “Electrical And Dielectrical Properties Of Percolating System Polystyrene /

Polypyrrole Particles”, *European Polymer Journal*, V.38, p. 1495-1499, Elsevier Science Ltd., 2000.

- CÖBEK M.,EZDEŞİR A., “Termoplastik Elastomerler”, Bölüm 6, S.201-202,210-213 [Editörler; Bilgiç T., Yağcı M.A., Taşkiran İ., Cöbek M., Ezdeşir A.] , “Polimerler-I” , 275, Pagev Yayınları , İstanbul, 1999.
- DALFES A., “Elektrik Ölçme Laboratuvarı Deneyleri” ,İTÜ Kütüphanesi, Sayı 1425, 6. Baskı, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul, 1990.
- DE S.K. AND WHITE J.R., “Short Fibre Polymer Composites”, *Woodhead Publishing Ltd.*, Cambridge, 1996.
- Derleme, “Elastomer Teknolojisi-I”, (Derleyen; Haldun SAVRAN), Cilt-I, Kauçuk Derneği Yayınları, İstanbul ,2001.
- Derleme, “Elastomer Teknolojisi-II”, (Derleyen; Haldun SAVRAN), Cilt-II, Kauçuk Derneği Yayınları, İstanbul ,2001.
- ERBİL H., “İmalat Ansiklopedisi”, 6.Baskı, İnkılap Yayınevi, İstanbul,2003.
- EZGUERRA T.A., “Alternating-Current Electrical Properties Of Graphite, Carbon Black And Carbon Fibre Polimeric Composites”, *Composites Science And Technology*, V.61, p.903-909, Elsevier Science Ltd., 2003.
- FELLER J.F., “Characterization Of Electrical And Termal Properties Of Extruded Tapes Of Thermoplastic Conductive Polymer Composites (CPC)”, *Polymer Testing*, V.22, pp.831-837, Elsevier Science Ltd., 2003.

- FU S. Y., “Fracture Resistance Of Short Glass Fibre Reinforced And Short Carbon Fibre Reinforced Polypropylene Under Charpy Impact Load And Its Dependence On Processing”, *Journal of Materials Processing Technology*, 89-90 , pp.501-507, 1999.
- FU S. Y., LAUKE B., MADER E., YUE C.Y., HU X., “Tensile Properties Of Short Glass Fibre And Short Carbon Fiber Reinforced Polypropylene Composites”, *Composites , Part A Applied Science and Manufacturing*, Vol. 31 , pp.1117-1125, 2000.
- GHOSH M., BARMAN A., DE S.K., CHATTARJEE S., “Low Temperature Electrical Conductivity Of Polyaniline- Polyvinyl Alcohol Blends”, *Solid State Communications*, V.103, No:11, pp. 629-633, Elsevier Science Ltd ,1997.
- KOÇAK D., TAŞDEMİR M., MERDAN N., AKALIN M., “Farklı Oranlardaki İpek Atıkları (Deşesi) ile Desteklenmiş PP Polimerinin Oluşturduğu Kompozit Yapıların Mekanik ve Akış Özelliklerinin İncelenmesi” , 9. Denizli Malzeme Sempozyumu, S.215-220, 8-9-10 Mayıs 2002, Denizli, Türkiye.
- LORRAIN P., CORSON D.L., “Elektromanyetizma”, (Çevirenler: KÖKSAL F., ÇELİK F., TAPRAMAZ R., Editör: KÖKSAL F.), 19 Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun, 1990.
- MANWAR HUSSAİN, YONG-HO CHOA, KOİCHİ NİIHARA, “Fabrication Process And Electrical Behavior of Novel Pressure-Sensitive Composites”, *Composites, Part A, Applied Science And Manufacturing*, V.32, pp. 1689-1696, Elsevier Science Ltd., 2001.
- MERDAN N., KOÇAK D., TAŞDEMİR M., AKALIN M., “Farklı Oranlardaki İpek Atıkları (Deşesi) ile Desteklenmiş HDPE Polimerinin Oluşturduğu Kompozit

Yapıların Mekanik ve Akış Özelliklerinin İncelenmesi” , 9. Denizli Malzeme Sempozyumu, S.209-214, 8-9-10 Mayıs 2002, Denizli, Türkiye.

- ONARAN K., “Malzeme Bilimi” , 4.Baskı, S. 137-138, Bilim Teknik Yayınevi , İstanbul, 1993.
- PALIN G.R., “Teknolojide Plastikler”, (Çeviren: Macit Çiğdemoğlu), S.33-39, 90-92, 100-102, 128-133, Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:64, Ankara, 1971.
- PİŞKİN E., “Polimerler-II, Mühendislik Plastikleri” , Pagev Yayınları No:6, İstanbul, 2000.
- SAVAŞCI T., UYANIK N., AKOVALI G., “Ana Hatları İle Plastikler Ve Plastik Teknolojisi”, 2.Baskı, Pagev Yayınları No:8, İstanbul, 2002.
- SAVAŞCI T., UYANIK N., AKOVALI G., “Ana Hatları İle Plastikler Ve Plastik Teknolojisi”, Çantay Kitabevi, İstanbul, 1998.
- TAKIRAN İ., “Polistiren”, Bölüm 5, S. 171,175,184-186, [Editörler; Bilgiç T., Yağcı M.A., Taşkiran İ., Cöbek M., Ezdeşir A.] , “Polimerler-I” , 275, Pagev Yayınları , İstanbul, 1999.
- TAŞDEMİR M., “ Properties of Acrylonitrile-butadiene- styrene (ABS) / Polycarbonate (PC) Blends with Styrene- Butadiene – Styrene (SBS) Block Copolymer, *Journal of Applied Polymer Science*, 2004 Wiley Periodicals Inc., 2004.
- TAŞDEMİR M., “Mechanical, Thermal and Microstructural Properties of PP/ PA6 / SEBS Polymer Alloys”, *Journal of Applied Polymer Science*, 2003 Wiley Periodicals Inc., Vol. 89, 3485-3491, 2003.

- TAŞDEMİR M., YILDIRIM H., “Effect of Styrene-Butadiene- Styrene Addition on Polystyrene/ High Density Polyethylene Blends”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol 83, 2967-2975, 2002.
- TEZCAN İ., “Organik Kimya”, Marmara Üniversitesi Yayın No:467 ,Teknik Eğitim Fakültesi Yayın No:1, İstanbul, 1988.
- THOMASON J.L., “The Influence of Fibre Length and Concentration on the Properties of Glass Fibre Reinforced Polypropylene, 5. Injection Moulded Long and Short Fibre PP”, *Composites , Part A Applied Science and Manufacturing*, Vol. 33 , pp.1641-1652, 2002.
- TSOTRA P., “ Electrical And Mechanical Properties Of Functionally Graded Epoxy-Resin/Carbon Fibre Composites”, *Composites , Part A Applied Science and Manufacturing* ,Vol.34, pp.75-82, Elsevier Science Ltd., 2003.
- TURAÇLI H., “Ektrüzyon Teknolojisine Giriş” , Pagev Yayınları No:4, İstanbul, 1999.
- TURAÇLI H., “Enjeksiyon Hataları Ve Çözümleri” , Pagev Yayınları No:5, İstanbul, 1999.
- TURAÇLI H., “Enjeksiyon Kalıpları İmalatı”, Pagev Yayınları No:7, İstanbul, 2000.
- VİLCAKOVA J., SAHA P., QUADRAT O., “Electrical Conductivity Of Carbon Fibres / Polyester Resin Composites In The Percolation Threshold Region”, *Europen Polymer Journal*, V.38, p. 2343-2347, Elsevier Science Ltd., 2002.

- W.RYSZARD , “Conductive Polymer Materials With Low Filler Content”, *Journal of Electronics*, V.56, p.55-66, Elsevier Science Ltd., 2002.
- WAN JİN LEE, YOUNG JU KİM, SHİNYOUNG KAANG, “Electrical Properties Of Polyaniline/ Sulfonated Polycarbonate Blends”, *Synthetic Metals*, V. 133, pp.237- 243, Elsevier Science Ltd , 2000.
- WİRİYA THONGRUANG, R.J. SPONTAK, C.M. BALİK, “Bridged Double Percolation İn Conductive Polymer Composites an Electrical Conductivity, Morphology And Mechanical Property Study”, *Polymer*, V.43, pp.3717-3725, Elsevier Science Ltd , 2002.
- X.LİANG, “Resistivity Of Carbon Fibres/ABS Resin Composites”, *Materials Letters*, V.43, p. 144-147, Elsevier Science Ltd., 2000.
- YAĞCI M.A., “Polipropilen”, Bölüm 3, S. 57-62, 70-72, [Editörler; Bilgiç T., Yağcı M.A., Taşkiran İ., Cöbek M., Ezdeşir A.] , “Polimerler-I” , 275, Pagev Yayınları , İstanbul, 1999.
- YAŞAR H., “Plastikler Dünyası”, 2.baskı, S.18-19,107-111, 120,125-129, 152-153, 198-199, Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:142, Ankara, 2001.

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanmasında bana sınırsız yardım ve desteklerini esirgemeyen, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakóltesi Malzeme ABD Plastik Laboratuvarı öğretim üyeleri Yrd.Doç.Dr. **Mustafa ÖKSÖZ** ve Yrd.Doç.Dr. **Münir TAŞDEMİR**'e,; **ONUR Mühendislik ve Otomasyon** San. ve Tic.Ltd.Şti.'ne,; büyük emeği geçen tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. **E.Selçuk ERDOĐAN**'a, beni sürekli motive eden ve sonsuz güvenleriyle onurlandıran annem **Tölay ÇAĐLARER** ve babam **M.Cumhur ÇAĐLARER**'e teşekkürü borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

EVREN ÇAĞLARER

7 Ekim 1975 yılında Edirne'de dünyaya gelmiŐim. İlk ve orta öğrenimimi Edirne'de, lisans öğrenimimi de Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi bölümünde tamamladım. 2000 yılından bu yana Trakya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesinde AraŐtırma Görevlisi olarak çalışmaktayım.