



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATKILI POLİESTER FİLAMENLERİNDEN KUMAŞ ÜRETİMİ ve ÖZELLİKLERİ

Okan AKÇAM

Doç.Dr. Esra KARACA

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2011
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Okan AKÇAM tarafından hazırlanan “KATKILI POLİESTER FİLAMENTLERİNDEN KUMAŞ ÜRETİMİ ve ÖZELLİKLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Esra KARACA

Başkan : Doç. Dr. Esra KARACA
U. Ü. Müh.-Mim. Fakültesi,
Tekstil Bilimleri Anabilim Dalı
İmza

Üye : Doç. Dr. Sunay ÖMEROĞLU
U. Ü. Müh.-Mim. Fakültesi,
Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı
İmza

Üye : Prof. Dr. Muhsin KILIÇ
U. Ü. Müh.-Mim. Fakültesi,
Enerji Anabilim Dalı
İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN
Enstitü Müdürü
... / ... /

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19 / 10 / 2011

İmza

Okan AKÇAM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KATKILI POLİESTER FİLAMENTLERİNDEN KUMAŞ ÜRETİMİ ve ÖZELLİKLERİ

Okan AKÇAM

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Esra KARACA

Gelişen dünya koşullarıyla birlikte çeşitlenen ürün yelpazesi, istenen ürün kalitesi ve özelliklerinin elde edilmesi amacıyla her geçen gün araştırmalar ve geliştirmeler devam etmektedir.

Günümüzde tekstil liflerinin uygulama alanları her geçen gün artmaktadır. Tekstil liflerinin kullanım alanlarına bağlı olarak liflerin sağlaması gereken özellikler değişmektedir. Tekstil liflerinin özelliklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar artarak devam etmektedir. Tekstil liflerinin geliştirilmesi diğer alanlarda meydana gelen teknolojik ve bilimsel çalışmalar ile desteklenmektedir. Son yıllarda nano malzeme alanında meydana gelen teknolojik ve bilimsel gelişmeler tekstil liflerinin modifikasyonlarında yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Nano malzemeler ve nano sistemler kullanılarak tekstil liflerinin kullanım özellikleri ve fonksiyonları geliştirilebilmektedir. Çalışmada nano partikül katkıli poliester lifleri üretim yöntemleri hakkında bilgi verilerek, kullanılan perlit katkı malzemesinin poliester lifi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Poliester liflerinin nano perlit malzemeleri ile modifiye edilmesi sonrası özelliklerinde olumlu yönde gelişmeler olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Poliester, filament, nano malzeme katkısı, modifikasyon, dokuma kumaş.

2011, xi + 121 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

FABRIC PRODUCTION FROM POLYESTER FILAMENTS CONTAINING ADDITIVE and ITS PROPERTIES

Okan AKÇAM

Uludağ University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Esra KARACA

Conditions in the developing world with a diversified range of products, research and development capabilities to achieve desired product quality and continues to every day.

Today, application areas of textile fibers is increasing with each passing day. Features which must provide for the intended use of textile fibers varies depending on the fibers. Continue to increase efforts to improve properties of textile fibers. Occurring in other areas of the development of textile fibers supported by technological and scientific studies. In recent years, technological and scientific developments that occurred in the field of nano-material modification of textile fibers have been used extensively. Nano materials and nano-systems can be developed using the textile fibers to-use features and functions. The study nanoparticles doped polyester fibers giving information about production methods, used in polyester fiber perlite additive effect on the investigated material. Properties of polyester fibers can be improved by the modifications and the usage of the nano-materials with perlite.

Key words: Polyester, filament, nano material additives, modification, woven fabric.
2011, xi + 121 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Zaman, maliyet ve sürdürülebilir kalite günümüz teknolojilerinde rekabet gücünü artıran en önemli üç etkidir. Uluslararası projelerde yer almak için ileri düzeyde AR-GE faaliyetlerinin yürütülmesine ihtiyaç vardır. En kısa süre, en az maliyet ve katma değeri yüksek ürünlerin üretimi araştırma ve geliştirme ile mümkün olmaktadır. Konvansiyonel yöntemler ile üretilen standart tekstil ürünleri, günümüz koşullarında arzu edilen özellikleri sağlamakta yetersiz kalmaktadır. Özellikle, güvenlik ve konfor alanında istenilen özellikleri sağlamak için teknolojik ürünlerin üretilmesi gerekmektedir. Tez araştırmasının kapsamı gereğince, tekstil ürünlerinin kullanım alanlarında talep edilen özellikler göz önüne alınarak, poliester liflerinin nano malzeme ile modifikasyonu ile özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ortaya çıkacak ürün ile insan sağlığının, güvenliğinin ve konforunun artmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ileriki çalışmalara referans olması ve geliştirilmesi açısından önemli bilgiler içermektedir.

Bu çalışmanın verileri Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenen 109M269 nolu araştırma projesinin bazı bölümlerinden elde edilmiştir. Projeyi maddi katkıları ile destekleyen TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tezin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Hocamız Doç. Dr. Esra KARACA'ya, veri toplama ve araştırma sırasında, üretim denemeleri yapılmasında, geliştirilen ürünlerin testlerinin yapılmasında desteklerini sunan KORTEKS A.Ş.'nin Ar-Ge Müdürü Mutlu SEZEN, Hayri YILDIRIM, Ar-Ge Mühendisi Onur ÇELEN ve diğer Ar-Ge üyelerine, malzeme desteğinde bulunan GENPER firması sahibi Turgay ÇÖMERT'e, mesleki gelişim ve araştırmalarımında desteklerini sunan Doç.Dr. Sunay ÖMEROĞLU, Araştırma Görevlisi Serkan TEZEL ve testlerde desteğini esirgemeyen Dr.Mehmet ORHAN hocama, yüksek lisans eğitimim süresince desteğini sunan, çalıştığım Adoksan Tekstil firması sahibi Derviş ADIGÜZEL, İsmet ADIGÜZEL, Pazarlama Müdürü Bürkan UZUN'a ve İşletme Müdürü Bülent DURSUN'a, desteğini her zaman yanımda hissettiğim manevi babam Remzi ÖZKAN'a, mesleki gelişimimde yardımları olan ve eğitimlerine katıldığım isimlerini teker teker sayamadığım Uludağ Üniversitesindeki hocalarıma, başta Prof.Dr.Mehmet Doğan, Doç.Dr.İbrahim USLAN ve Yrd.Doç.Dr. Ali DURMUŞ olmak üzere Balıkesir Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi ve Gazi Üniversitesi'nde desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocalarıma teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli biricik aileme şükran ve saygılarımı sunarım.

Okan AKÇAM
06/09/2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜRLER.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Poliester.....	5
2.2. Eriyik Çekim Yöntemiyle Poliester Filament Üretimi.....	6
2.2.1. Monomer üretimi.....	6
2.2.2. Polimer Üretimi.....	9
2.2.3. Eriyik çekim yöntemi.....	12
2.3. Poliester Lif Çeşitleri.....	15
2.3.1. Politrimetilen teraftalat (PTT).....	15
2.3.2. Polietilen naftalat (PEN).....	15
2.3.3. 1,4-Polisikloheksan dimetilen teraftalat (PCT).....	16
2.3.4. Polikaprolaktam (PCL).....	17
2.3.5. Polialkan teraftalat veya 3-karbon glikol (PDO veya 3GT).....	17
2.3.6. Polibutilen teraftalat (PBT).....	18
2.3.7. Polipivalactone (PVL).....	18
2.3.8. Polietilen oksibenzoik asit (PEB).....	18
2.3.9. Poliglikolik asit (PGL).....	19
2.4. Poliester Lif Özellikleri.....	19
2.4.1. Morfolojik yapı ve özellikleri.....	19
2.4.2. Fiziksel özellikleri.....	22
2.4.3. Kimyasal özellikleri.....	28
2.4.4. Termal özellikleri.....	29
2.5. Poliester Liflerinin Kullanım Alanları.....	29
2.6. Dolgu ve Kuvvetlendirici Maddeler.....	31
2.7. Masterbatch.....	33
2.7.1. Yumuşatıcı masterbatch.....	34
2.7.2. Makromoleküler modifikasyon sağlayıcı masterbatch.....	34
2.7.3. Dolgulu masterbatch.....	34
2.7.4. Kaplin ajanlı masterbatch.....	35
2.7.5. Renklendirici ajan içeren masterbatch.....	35
2.7.6. Antistatik ajan içeren masterbatch.....	36

2.7.7. Foto oksidatif bozunmayı engelleyici ajan içeren masterbatch	36
2.7.8. Yanmayı geciktirici ajan içeren masterbatch	37
2.7.9. Ultra viole (UV) ışınları emen ajanlar içeren masterbatch	38
2.8. Sentetik Liflerin Modifikasyonu	38
2.8.1. Katkı maddeleri kullanılarak lif modifikasyonu	39
2.8.1.1. Beyazlatma ve parlatma modifikasyonu	40
2.8.1.2. Ateşe karşı dayanıklılık modifikasyonu	40
2.8.1.3. Antimikrobiyellik modifikasyonu	40
2.8.1.4. Güneş ışığına karşı dayanıklılık modifikasyonu	41
2.8.1.5. Antistatiklik modifikasyonu	41
2.8.1.6. Matlaştırma modifikasyonu	42
2.8.1.7. Renklendirme modifikasyonu	43
2.8.1.8. Boyanabilirlik modifikasyonu	43
2.9. Perlit	44
2.9.1. Perlitin sınıflandırılması	44
2.9.2. Perlit üretim teknolojisi	46
2.9.3. Perlitin fiziksel özellikleri	48
2.9.3.1. Gözeneklilik	49
2.9.3.2. Hafiflik	49
2.9.3.3. Isı ve ses yalıtıcılık	50
2.9.4. Perlitin kimyasal özellikleri	50
2.9.4.1. Kimyasal pasiflik	51
2.9.4.2. Yanmazlık	52
2.9.5. Perlitin dünya rezervleri ve üretim miktarları	52
2.9.6. Perlitin kullanım alanları	54
2.9.6.1. Yapı endüstrisinde perlit kullanımı	55
2.9.6.2. Endüstride perlit	56
2.9.6.3. Tarımda perlit	57
2.9.6.4. Tekstilde perlit	57
3. MATERYAL ve YÖNTEM	59
3.1. Materyal	59
3.1.1. Perlit	59
3.1.2. PET Cipsleri	60
3.1.3. PBT Cipsleri	60
3.2. Yöntem	61
3.2.1. Perlit malzemesinin öğütülmesi	61
3.2.2. Perlit malzemesinin karakterizasyonu	62
3.2.2.1 Boyut analizi	62
3.2.2.2. Fourier transform infrared (FTIR) analizi	63

3.2.2.3. Gözenek boyut dağılımı analizi	64
3.2.2.4. Taramalı elektron mikroskop (SEM) analizi.....	64
3.2.2.5. Yüzey alanı ölçümü	65
3.2.2.6. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi	65
3.2.2.7. Termogravimetrik analiz (TGA).....	66
3.2.3. Masterbatch üretimi	66
3.2.4. Masterbatch karakterizasyonu.....	67
3.2.4.1. Taramalı elektron mikroskop (SEM) analizi.....	67
3.2.4.2. DSC analizi	67
3.2.5. Poliester iplik üretimi	68
3.2.6. İpliklere uygulanan testler.....	69
3.2.6.1. Fiziksel testler	69
3.2.6.2. Mikroskop çalışmaları.....	71
3.2.6.3. DSC analizi	72
3.2.6.4. TGA analizi	72
3.2.7. Kumaş üretimi	72
3.2.8. Kumaşlara uygulanan testler	74
3.2.8.1. Güç tutuşurluk testi	74
3.2.8.2. Isı iletkenliği testi.....	76
3.2.8.3. Su buharı direnci testi	77
3.2.8.4. Antibakteriyellik ölçümü	79
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	81
4.1. Perlit Malzemesine Ait Analiz Sonuçları.....	81
4.1.1. Öğütülmüş ve öğütülmemiş perlit malzemesinin boyut analiz sonuçları.....	81
4.1.2. Fourier transform infrared (FTIR) analizi sonuçları	84
4.1.3. Gözenek boyut dağılımı analizi sonuçları.....	85
4.1.4. Boyut değişimi için SEM analizi sonuçları.....	87
4.1.5. Yüzey alanı ölçüm sonuçları	89
4.1.6. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi sonuçları.....	90
4.1.7. Termogravimetrik (TGA) analiz sonuçları	91
4.2. Masterbatch Malzemesine Ait Analiz Sonuçları.....	93
4.2.1. SEM analiz sonuçları	93
4.2.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi sonuçları.....	94
4.2.3. Termogravimetrik (TGA) analiz sonuçları	96
4.3. Poliester İpliklere Ait Test Sonuçları.....	98
4.3.1. Fiziksel test sonuçları	99
4.3.2. Mikroskop çalışmalarının sonuçları.....	100
4.3.3. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analiz sonuçları.....	102
4.3.4. Termogravimetrik (TGA) analiz sonuçları	104

4.4. Poliester Kumaşlara Ait Test Sonuçları	106
4.4.1. Güç tutuşurluk testi sonuçları.....	106
4.4.2. Isıl iletkenlik test sonuçları	108
4.4.3. Su buharı direnci test sonuçları	109
4.4.4. Antibakteriyellik ölçümü analizi.....	110
5. SONUÇ	113
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Etilenin hipokloröz asit reaksiyonu ile etilen glikol elde edilmesi.....	7
Şekil 2.2. Etilenin klor reaksiyonu ile etilen glikol elde edilmesi	7
Şekil 2.3. Etilen oksitin su ile hidrolizi sonucu etilen glikol elde edilmesi	8
Şekil 2.4. TPA oluşma reaksiyonu (p-ksilen yöntemi)	8
Şekil 2.5. DMT oluşma reaksiyonu (p-ksilen yöntemi).....	9
Şekil 2.6. DMT oluşma reaksiyonu (TPA yöntemi)	9
Şekil 2.7. PET polimerinin ester değişimi reaksiyonu (DMT+EG → PET).....	10
Şekil 2.8. PET Polimerinin esterleşme reaksiyonu (TPA+EG → PET)	11
Şekil 2.9. Esterleşme reaksiyonu sonrası PET polimerinin polikondenzasyon reaksiyonu	11
Şekil 2.10. Ester değişimi reaksiyonu sonrası PET polimerinin polikondenzasyon.....	11
Şekil 2.11. Eriyik lif çekim sistemi.....	13
Şekil 2.12. Politrimetilen teraftalat (PTT) lifinin kimyasal yapısı.....	15
Şekil 2.13. Polietilen naptalat (PEN) lifinin kimyasal yapısı.....	16
Şekil 2.14. 1.4-Polisikloheksan dimetilen teraftalat (PCT) lifinin kimyasal yapısı	16
Şekil 2.15. Polikaprolaktam (PCL) lifinin kimyasal yapısı	17
Şekil 2.16. 3-Karbon glikol (3 GT) lifinin kimyasal yapısı	17
Şekil 2.17. Polibutilen teraftalat (PBT) lifinin kimyasal yapısı	18
Şekil 2.18. Poli pivalactone (PVL) lifinin kimyasal yapısı.....	18
Şekil 2.19. Polietilen oksibenzoik asit (PEB) lifinin kimyasal yapısı	19
Şekil 2.20. Poliglikolik asit (PGL) lifinin kimyasal yapısı	19
Şekil 2.21. Poliester liflerinin makromoleküler yapı yönlenmesi.....	20
Şekil 2.22. Poliester lifindeki bağlar	21
Şekil 2.23. Poliester lif üretiminde kullanılan düze şekilleri	22
Şekil 2.24. Poliester lifinin enine ve boyuna kesiti	23
Şekil 2.25. Poliester liflerinin boncuklanma grafiği	24
Şekil 2.26. İçi boş poliester lifleri	26
Şekil 2.27. Masterbatch granülleri	33
Şekil 2.28. Masterbatch üretim prosesi	34
Şekil 2.29. Renklendirilmiş masterbatch granülleri.....	36
Şekil 2.30. Nano partiküllerin lif üretiminde kullanılan polimerlerin içerisine eklenmesi	40
Şekil 2.31. Ham perlit	45
Şekil 2.32. Tasnif edilmiş perlit	45
Şekil 2.33. Genleştirilmiş perlit	46

Şekil 2.34. Mikronize perlit	46
Şekil 2.35. Duvar gevşek dolgu uygulaması	55
Şekil 2.36. Yer gevşek dolgu uygulaması	55
Şekil 2.37. Döküm sanayisinde perlit	56
Şekil 2.38. Tarımda perlit kullanımı	57
Şekil 2.39. Tekstilde perlit kullanımı	58
Şekil 3.1. 1-SDM Model laboratuvar tipi atritör	61
Şekil 3.2. Microtrac S3000 partikül boyut analiz cihazı	63
Şekil 3.3. Perkin Elmer spektrum 100 cihazı	63
Şekil 3.4. Quantachrome Nova 2200E cihazı	64
Şekil 3.5. Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazı	65
Şekil 3.6. Mettler Toledo Stare System TGA/SDTA 851e cihazı	66
Şekil 3.7. Rondol laboratuvar tipi masterbatch makinesi	67
Şekil 3.8. Spinboy II-CC iplik çekim ünitesi	68
Şekil 3.9. Uster Cihazı	70
Şekil 3.10. Statimat Kopma-uzama tayini cihazı	71
Şekil 3.11. Yağ oranı ölçüm cihazı	71
Şekil 3.12. Mispa büküm makinesi	72
Şekil 3.13. Dornier jakarlı dokuma makinesi	73
Şekil 3.14. Brükner ram makinesi	74
Şekil 3.15. Atlas shirley güç tutuşurluk test cihazı	75
Şekil 3.16. Test cihazına yerleştirilmiş test numunesi	75
Şekil 3.17. Alambeta Test cihazı	77
Şekil 3.18. Terleyen korumalı sıcak plaka	78
Şekil 3.19. Sweating guarded hotplate test cihazı	78
Şekil 4.1. Öğütülmemiş perlit malzemesinin partikül boyutu analizi	82
Şekil 4.2. Öğütülmüş perlit malzemesinin partikül boyutu analizi	83
Şekil 4.3. Öğütülmemiş perlit malzemesinin IR spektrumu	84
Şekil 4.4. Öğütülmüş perlit malzemesinin IR spektrumu	84
Şekil 4.5. Öğütülmemiş mikronize perlitin gözenekli yapısı	86
Şekil 4.6. Öğütülmüş perlitin gözenekli yapısı	86
Şekil 4.7. Öğütülmemiş perlit malzemesinin SEM görüntüleri	87
Şekil 4.8. Öğütülmüş perlit malzemesinin SEM görüntüleri	88
Şekil 4.9. Öğütülmüş perlit malzemesinin topaklanmasının SEM görüntüsü	89
Şekil 4.10. Öğütülmemiş perlit malzemesinin DSC termogramı	90
Şekil 4.11. Öğütülmüş perlit malzemesinin DSC termogramı	91
Şekil 4.12. Öğütülmemiş perlit malzemesinin TGA termogramı	92
Şekil 4.13. Öğütülmüş perlit malzemesinin TGA termogramı	92
Şekil 4.14. % 25 Öğütülmüş perlit katkılı masterbatch granülü kesiti	94

Şekil 4.15. % 25 Ögütülmüş perlit katkılı masterbatch granülü	94
Şekil 4.16. PBT Masterbatch granülünün DSC termogramı.....	95
Şekil 4.17. %25 Perlit aktifli PBT masterbatch granülünün DSC termogramı.....	95
Şekil 4.18. PBT Masterbatch granülünün TGA termogramı	97
Şekil 4.19. %25 Perlit aktifli PBT masterbatch granülünün TGA termogramı	97
Şekil 4.21. Referans poliester ipliğın enine kesiti.....	100
Şekil 4.22. Perlit katkılı poliester ipliğın enine kesiti	101
Şekil 4.23. Perlit katkılı poliester ipliğın uzunlamasına görüntüsü	101
Şekil 4.24. Referans poliester ipliğın DSC termogramı.....	102
Şekil 4.25. Perlit katkılı poliester ipliğın DSC termogramı	103
Şekil 4.26. Referans poliester ipliğının TGA termogramı	104
Şekil 4.27. Perlit katkılı poliester ipliğın TGA termogramı	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Poliester lif karakteri ve özellikleri.....	6
Çizelge 2.2. Makromolekül düzene göre PET lifinin kristallik derecesi	20
Çizelge 2.3. Uzama sonrası geri dönüş oranları.....	24
Çizelge 2.4. Modifiye poliester liflerinin bazı mekanik özellikleri ve kullanım alanları.....	25
Çizelge 2.5. Fiziksel yapılarına göre dolgu maddeleri.....	32
Çizelge 2.6. Polimerlerin maksimum bozunma derecelerine ulaştıkları ışık dalga boylarına	37
Çizelge 2.7. Perlitin fiziksel özellikleri.....	49
Çizelge 2.8. Perlitin kimyasal özellikleri	51
Çizelge 2.9. Dünya perlit rezervleri	52
Çizelge 2.10. Yıllara göre perlit üretimi	53
Çizelge 3.1. Mikronize perlitin kimyasal ve fiziksel özellikleri	59
Çizelge 3.2. PET cipsinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	60
Çizelge 3.3. PBT cipsinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	61
Çizelge 3.4. Perlit yaş öğütme işleminin gerçekleştirildiği atritör parametreleri .	62
Çizelge 3.5. Poliester iplik üretim parametreleri	69
Çizelge 3.7. Kumaş üretim ve yapısal parametreleri	73
Çizelge 4.1. Perlit malzemesi için IR spektrum titreşim türleri ve bölgeleri.....	85
Çizelge 4.2. Perlit malzemesinin gözenek boyut dağılımı analizi	86
Çizelge 4.3. Perlit katkılı iplik ve referans ipliğe uygulanmış olan testlerin karşılaştırmalı sonuçları	99
Çizelge 4.4. Güç tutuşurluk test sonuçları	107
Çizelge 4.5. Isı iletkenlik testi ölçüm sonuçları	108
Çizelge 4.6. Su buharı direnci ölçüm sonuçları	109
Çizelge 4.7 Antibakteriyellik test sonucu değerleri	111

1.GİRİŞ

Tekstil ürünlerinin hammaddesi olan lifler uzun yıllardır hazır giyim ve ev tekstili üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte 1970'lerin sonundan itibaren bilim ve teknolojide meydana gelen hızlı gelişmeler ile tekstil lifleri için geleneksel uygulama ve kullanım alanlarının dışında teknik tekstiller gibi farklı üretim alanı ortaya çıkmıştır. Çok çeşitli ve geniş olan bu üretim alanında tekstil ürünleri inşaat, otomotiv, savunma, spor, tıp, elektronik, denizcilik ve benzeri sektörlerde birçok teknik uygulamayı kapsamaktadır. Teknik tekstilleri normal tekstil malzemelerinden farklı kılan özellikler; kullanım anındaki özellikleri ile birlikte bu özellikleri sağlayan hammaddeler (polimer madde, lif tipi vb.) ve bunların üretim teknikleridir. Bu nedenle kimyasal liflerin özelliklerinin çeşitli teknikler ile modifikasyonu ve birçok özelliğe sahip lif üretimi ile ilgili çalışmalar günümüzde giderek artmaktadır.

Poliester (PET) tekstil ve plastik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan polimerlerden birisidir. Poliester liflerinden üretilmiş giysilik ve döşemelik kumaşlar, halılar ve teknik tekstiller gibi malzemeler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tekstil malzemelerinde poliester liflerinin tercih edilmesinin nedeni, düşük maliyetleri, kolay işlenebilirlikleri, düşük yoğunlukları, yüksek mukavemetleri ve kimyasal dayanımlarının iyi olması söylenebilir. Poliester liflerinin sahip olduğu bu özellikler kullanım alanlarının genişlemesini sağlamıştır.

2000'li yıllarda poliester lifleri tekstilden otomobile kadar her alanda kullanılmaktadır. Poliester üretimi tüm sentetik lif üretimlerinin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Poliesterin kullanım alanının geniş olması üzerinde araştırmaların yapılması ve özelliklerinin değiştirilmesine yönelik modifikasyonların yapılmasına neden olmaktadır (Anonim 2004).

Tekstil uygulamalarında gerekli kullanım özelliklerinin sağlanması, mevcut tekstil malzemelerinin modifikasyonu veya yeni geliştirilen tekstil malzemeleri ile gerçekleştirilmektedir. Kimyasal liflerin modifikasyonu, üretim sırasında ve üretim sonrası elde edilen ürün üzerinden yapılabilmektedir. Üretim sırasında liflerin modifikasyonu işlem koşullarında değişikliğe gitmek, lif kesit şekillerini değiştirmek ve polimerlerin içerisine çeşitli oranlarda dolgu maddeleri ekleyerek yapılabilmektedir.

Üretim sonrasında ise, lif yüzeyine çeşitli bitim apreleri uygulanması veya lif yüzeyinin kaplanması şeklinde olmaktadır. Bu uygulamalar ve modifikasyonlar sonucu farklı özelliklere sahip lifler elde edilebilmektedir. Bu lifler geleneksel kumaşlara ilave özellikler kazandırdıkları gibi yeni tekstil yapılarının tasarımında ve pazarlanmasında da önemli rol oynamaktadır. Lifler, filmler ve kompozitler gibi polimerik malzemelere organik veya inorganik küçük partiküller ilave edilerek bu ürünlere yeni özellikler kazandırılmaktadır. Üretim sırasında polimer madde içerisine katılan çeşitli boyut ve oranlardaki yardımcı maddeler nihai ürünün; renk, mukavemet, parlaklık, kir ve su iticilik, ısı iletkenliği, güç tutuşurluk, UV dayanımı, antibakteriyellik gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve ürünün kullanım sırasındaki performansını değiştirmektedir. Bu nedenle, günümüzde kimyasal tekstil liflerinin üretimleri sırasında polimer madde içerisine katılan çeşitli boyut ve oranlardaki inorganik ve organik partiküller ile yapılan çalışmalar her gün artmaktadır. Liflerde yapılan bu çalışmalara nano teknolojideki gelişmeler, nano sistemler ve nano malzemeler gibi daha efektif materyallerin geliştirilmesi olanak sağlamaktadır. Tekstil malzemelerini modifiye etmekte kullanılan partikül büyüklüklerinin azalması ile birim hacimdeki toplam yüzey alanları genişlemekte ve nano partiküllerin konvansiyonel malzemelere göre etkileri artmaktadır (Erdem ve ark. 2010, Jeong ve ark. 2005).

Tekstil materyallerini nano malzemeler ile modifiye etmek için iki temel metot kullanılmaktadır. Birincisi, nano malzemelerin tekstil lifleri içerisine üretim sırasında ilave edilmesidir. İkincisi ise, nano malzemelerin bitim işlemleri sırasında tekstil malzemeleri yüzeyine uygulanmasıdır. Bitim işlemleri sırasında lifleri ve kumaşları nano malzemeler ile modifiye etmek için kullanılan konvansiyonel metotlar genellikle geçici etkilere sahiptir ve yıkama, aşınma gibi işlemler ile özelliklerini kaybederler. Ancak liflerin içerisine katılan nano malzemeler yüksek yüzey enerjileri nedeni ile liflere daha çok bağlanırlar ve katmış oldukları özelliğin dayanımını artırırırlar. Polimer esaslı tekstil malzemelerinin modifikasyonunda farklı amaçlara yönelik çeşitli nano malzemeler kullanılmaktadır. Bu nano malzemelerin kimyasal lif üretimi sırasında çeşitli yöntemler ile polimer madde içerisine karıştırılması ile “nano kompozit” lifler olarak adlandırılan lifler elde edilmektedir. Nano kompozit lifler, polimer ve en az bir boyutu 100 nm’den küçük olan nano boyutlu dolgu malzemesinin birleşimi olan lifler olarak tanımlanmaktadır (Erdem ve ark. 2010). Nano kompozit lif üretiminde kullanılan

nano boyutlardaki dolgu malzemeleri, partikül, tabakalı yapı veya lif gibi farklı formlarda olabilmektedir. Lif üretiminde kullanılan polimerlerin içerisine nano partiküllerin karıştırılmasında kullanılan başlıca üç yöntem eriyikte karıştırma, çözeltide karıştırma ve polimerizasyon sırasında karıştırma (Erdem ve ark. 2010, Aşçıoğlu ve Adanur 2003). Bunların yanı sıra partiküllerin polimer içerisinde sol-gel işlemi sırasında oluşturulması, metal/polimer nano kompozitler için uygun başlatıcılardan metal partiküllerin oluşturulması gibi diğer yöntemler de kullanılmaktadır (Erdem ve ark. 2010). Bu yöntemler içerisinde, direk karıştırma özellikle de eriyikte karıştırma geleneksel polimer işleme tekniklerinin avantajlarına sahiptir.

Kompozit malzemeler ve plastikler gibi değişik polimer malzemelerde nano partiküller çeşitli amaçlar için dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak nano partiküller ile modifiye edilmiş tekstil liflerinin özellikleri ve karakterizasyonu üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır (Erdem ve ark. 2010, Rottstegge ve ark. 2007). Diğer taraftan bu çalışmalarda uygun bir lif üretim hattının nano kompozit lif üretimi için başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür (Chatterjee ve ark. 2005, Marcincin ve ark. 2009). Günümüzde polimer esaslı kimyasal liflerinin özelliklerinin nano partiküller ile modifikasyonuna yönelik çalışmaların sayısı artmaktadır. Bu liflerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, kullanım sırasındaki özellikleri ve davranışları üzerindeki çalışmalar ise devam etmektedir (Erdem ve ark. 2010, Wang ve ark. 2003). Benzer şekilde araştırmacı ve üreticiler farklı kullanım amaçları için çeşitli özelliklere sahip poliester liflerinin üretimi ile ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetlerine de devam etmektedirler. Bu araştırmalarda, liflerin modifikasyonu için önceki kısımlarda özetlenen çeşitli teknikler uygulanmakta ve bu teknikler ile elde edilen yeni liflerin özellikleri incelenerek ticari ve bilimsel değer sağlayan ürünler elde edilmeye çalışılmaktadır.

Perlitin olumlu fiziksel ve kimyasal karakteristiğinden dolayı, genişmiş perlit çeşitli uygulamalarda çeşitli kullanım alanları bulmuştur. Yapı endüstrisinde düşük ağırlıklı kum, bahçecilikte nem kontrolü, tekstil endüstrisinde ağartma ajanları, kimya endüstrisinde emici madde, filtreleme işlemlerinde filtre maddesi ve çeşitli dolgu proseslerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Günümüzde üretilen perlitin yaklaşık % 65'i yapı endüstrisinde kullanılmaktadır. Perlitin kullanım alanına bağlı

olarak partikül boyutları değişmektedir ve tane boyutları 10 mikrondan başlayarak her boyutta bulunmaktadır. Perlitin hafiflik, ısı izolasyonu ve ses izolasyonu özellikleri onu beton üretiminde kullanılan hafif kum olarak yaygın kullanılmasını sağlamaktadır (Bektas ve ark. 2004). Ayrıca perlit, kimyasal inertlik, yanma direnci ve yüksek ses emicilik özelliği göstermektedir. Akustik amaçlı olarak çoğunlukla püskürtme formunda boya ve sıvada kullanılmaktadır (Yılmaz ve Özdeniz 2004). Boya, diş minesi, glaze, plastik, reçine ve lastiklerde dolgu maddesi olarak kullanılırken bunların yanı sıra kimyasal reaksiyonlarda katalizör ve aşındırıcı madde olarak kullanılabilir (Pichor ve Janiec 2007).

Türkiye volkanik faaliyetlerin yoğun olduğu bölge üzerinde bulunmaktadır. Bu bağlamda Türkiye perlit madeni kaynakları bakımında zengin bir ülkedir. Dünya rezervlerinin yaklaşık %74'ü Türkiye'de yer almaktadır. Dünya rezervlerinin büyük bir bölümünün Türkiye'de olması ve çok iyi özelliklere sahip olması, perlit malzemesi üzerinde çalışma yapılmasına yol açmaktadır.

Bu çalışmada, perlitin iplik içerisine yerleştirilmesi ile elde edilecek iplikten üretilen kumaşlarda ısı izolasyonu, yanmaya karşı direnç, su buharı direnci ve antibakteriyel özelliklere sahip ürünlerin oluşturulmasına çalışılmıştır. Bu bağlamda öncelikle PET polimeri içerisine liflere farklı özellikler kazandırabilecek nano partiküller ilave etmek için kullanılan yöntem açıklanmış, daha sonra bu partiküllerin elde edilmesi için öğütme çalışmaları yapılmıştır. Poliester liflerindeki önceki çalışmalar dikkate alındığında, dolgu malzemesi olarak nano partikülleri kullanmanın özellikli tekstil malzemeleri üretmek için uygun bir yöntem olabileceği görülmüştür. İki ürünün hazır olmasıyla lif üretimi gerçekleştirilerek, kumaş formuna getirilmiştir. Liflenin yapısal özelliklerine ve kullanım anındaki bazı ürün özelliklerine etkisi çeşitli testler kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonuçları literatürde ki çalışmalar ile karşılaştırılarak yorumlanmış ve değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Poliester

Lif çekim işlemlerinin orijini, eski mısırlarda metal ipliklerin oluşturulması esnasında, harcın metal deliklerden geçirilerek elde edilmesine dayanmaktadır. Bireysel olarak metal ipliklerin temasından önce metaller soğutulmuştur. Kimyasal solüsyon ile üretimin prensipleri ise, ilk olarak Hilaire de Chardonnet tarafından 1889 yılında üretilen rayon liflerine dayanmaktadır.

Poliester liflerinin çekimi ile ilgili bilgiler esas olarak 1930 yıllarındaki W.H.Carothers (Dupont) patentlerine ve dokümanlarına dayanmaktadır. Poliesterin lif oluşturma özellikleri ise ilk olarak 1941 yılında J.R.Whinfield ve J.T Dickson tarafından keşfedilmiş ve ilk poliester lifi olan Terylen İngiltere’de üretilmiştir. J.R. Whinfield ve J.T.Dickson tarafından Calico Printers adına yapılan çalışmalarda; teraftalik asitten polietilen teraftalat (PET) üretimi ile poliester lif üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu yarı aromatik poliester, Carothers tarafından araştırılan alifatik poliester ile karşılaştırıldığında; yüksek erime noktasına sahip olduğu ve hidrolitik özelliklerinin iyileştirildiği görülmektedir. Whinfield ve Dickson patentleri, uzun yıllar poliester üretiminde yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak 1950’li yıllara kadar poliesterin ticari olarak kullanımı mümkün olmamıştır (Anonim 2004). İlk olarak poliester lifinin tanıtılması ve tanımı, Dacron ticari ismi ile Dupont firması tarafından 1951 yılında Amerika’da yapılmıştır. Tanıtımı yapılmış olan bu yeni lifin kuru ve ıslak mukavemeti, ısı uygulaması sonrası göstermiş olduğu çok iyi boyutsal stabilitesi göze çarpan önemli özellikleri olmuştur.

Poliester, endüstride çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Poliester lifleri çok iyi derecede şekillendirilebilmektedir ve endüstride kullanılan diğer lifler ile harmanlandığında çok yönlü özellikler kazanırken, aynı zamanda harman edilen lifler özelliklerini kaybetmemektedir.

Poliester lifleri çeşitli fiziksel ve kimyasal mühendislik uygulamaları ile modifiye edilebilmektedir. Yapılan bu modifikasyonlar poliester liflerinin performans özelliklerini düzeltmektedir. Farklı özelliklere sahip poliester lifleri elde edilmesi için, üretim prosesinde değişiklikler yapılarak özellikle farklı kesitlerde lif üretimi mümkün

olabilmektedir. Böylece, dairesel kesitten farklı kesitlerde lif üretimi ile farklı özelliklere sahip poliester lifleri geliştirilmektedir. Poliester liflerinin kendine has özellikleri Çizelge 2.1’de gösterilmektedir (Kadolph 2007).

Çizelge 2.1. Poliester lif karakteri ve özellikleri (Anonim 2004)

<u>Özellikler</u>	<u>PTT</u>	<u>PET</u>
Sürtünme direnci	İyi	İyi
Hacim	Çok iyi	Oldukça iyi
Kırışma direnci	Çok iyi	Çok iyi
Statik elektriklenme	Düşük	Çok yüksek
Su emiciliği	Zayıf	Zayıf
Mukavemet (g/denye)	3,15	2,8-6,0
Su emilimi (ağırlığa göre %)		
24 saatte	0,03	0,09
14 günde	0,15	0,49
Ateşe karşı direnç	Düşük	Düşük
% 5 Uzatmada elastik toparlanma	%99-100	%75-80
Erime sıcaklığı (°C)	228	265
Camsı geçiş sıcaklığı (°C)	45-65	80
Yoğunluk (g/cm ³)	1,33	1,40

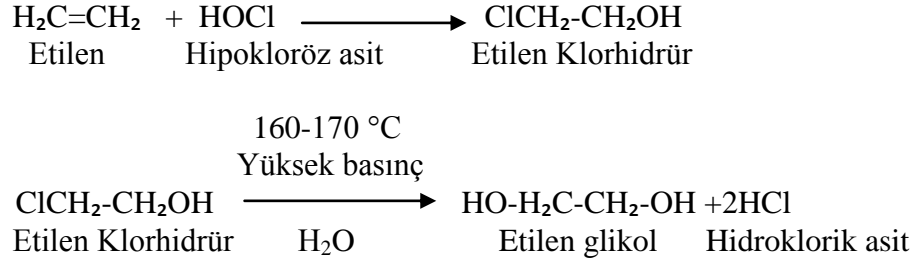
2.2. Eriyik Çekim Yöntemiyle Poliester Filament Üretimi

2.2.1. Monomer üretimi

Poliester lifleri DIN 60001’e göre lineer makromoleküllerden oluşmakta ve bu makromoleküller ağırlıkça en az % 85 diol ve teraftalik asidin bir esterini içermektedir. Poliester dikarboksilik asit ve dihidrik alkolün kimyasal tepkimesi ile elde edilmektedir.

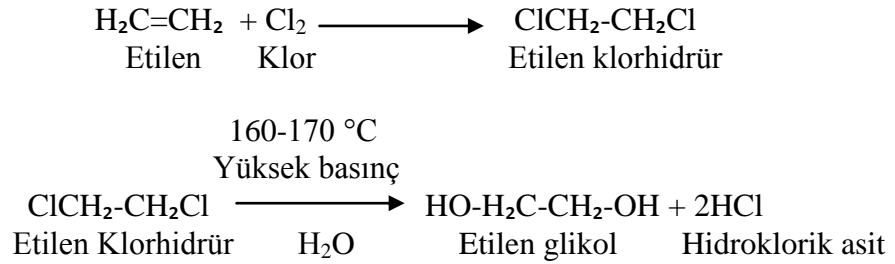
Lif çekmeye uygun poliesterin elde edilebilmesi için gerekli saflıkta teraftalik asit (TPA) elde edilmesi ekonomik olarak ve endüstriyel ölçekte gerçekleştirilmediğinden; 1963 yılına kadar poliester üretimi, yalnızca dimetil teraftalat (DMT)’dan yapılabilmıştır. Bu tarihten sonra, TPA kullanımıyla poliester üretimi artmıştır. Günümüzde, TPA ve etilen glükolün polimerizasyonu ile elde edilen poliester üretimi dünya çapında mevcut üretimlerin yarısından fazlasını oluşturmaktadır (Şefkat 2005).

Etilen glikol üretiminde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemlerden biri; etilenin hipokloröz asitle reaksiyonu sonucunda oluşan ürünün (etilen klorhidrür), yüksek basınç altında 160-170 °C sıcaklıklarda hidroliz edilmesidir (Şekil 2.1.).



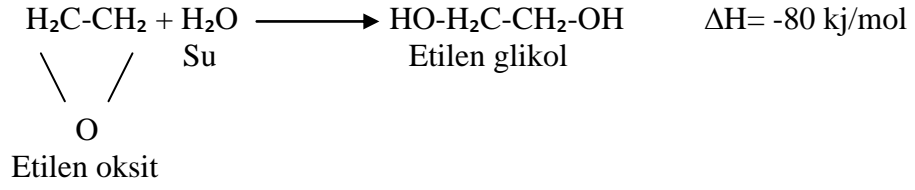
Şekil 2.1. Etilenin hipokloröz asit reaksiyonu ile etilen glikol elde edilmesi

Etilen glikol üretiminde kullanılan ikinci yöntem ise, etilenin klorla reaksiyonu sonucu oluşan ürünün yine yüksek basınç altında 160-170 °C sıcaklıklarda hidrolizidir (Şekil 2.2.).



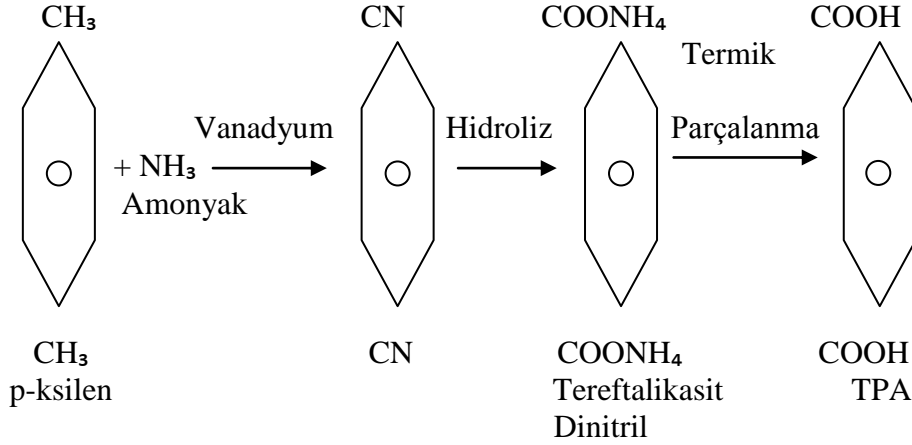
Şekil 2.2. Etilenin klor reaksiyonu ile etilen glikol elde edilmesi

Günümüzde etilen glikol üretiminde kullanılan diğer bir yöntem, etilen oksitin su ile hidrolizidir (Şekil 2.3.). Etilen oksit üçlü halka oluşturduğundan çok aktiftir. Bu yapısı reaksiyonun çok rahat meydana gelmesini sağlamaktadır. Ancak reaksiyon sonucunda istenmeyen yan ürünler meydana gelmektedir. Bunlar diglikol ve poliglikol'dür. Oluşan bu yan ürünlerin oranı poliester üretiminde kullanılması düşünülen etilen glikolde % 0,2'den az olmalıdır. Reaksiyon sonunda etilen oksitten oluşturulan etilen glikolün saflaştırılması, ortamdaki suyun buharlaştırılması ile yapılmaktadır.



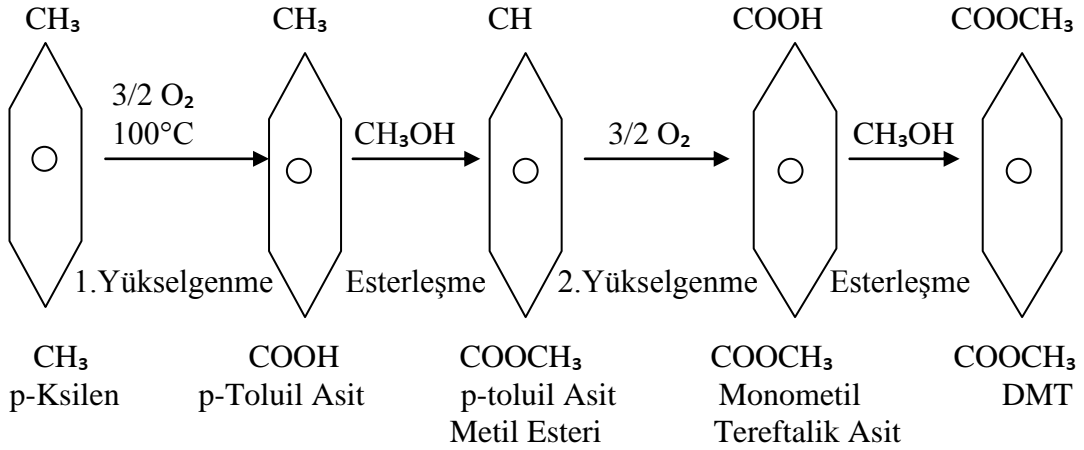
Şekil 2.3. Etilen oksitin su ile hidrolizi sonucu etilen glikol elde edilmesi

Teraftalik asitin eldesinde en çok kullanılan yöntem p-ksilen'den üretimdir. Bu yöntemde p-ksilen amonyaklı ortamda vanadyum katalizörlerinin de etkisiyle tereftalik asit-dinitrile yükseltgenmesi sağlanmaktadır. Daha sonraki adımlarda nitril grupların sabunlaştırılması sonucu oluşturulan amonyum tuzları termik olarak parçalanarak TPA elde edilir (Şekil 2.4).



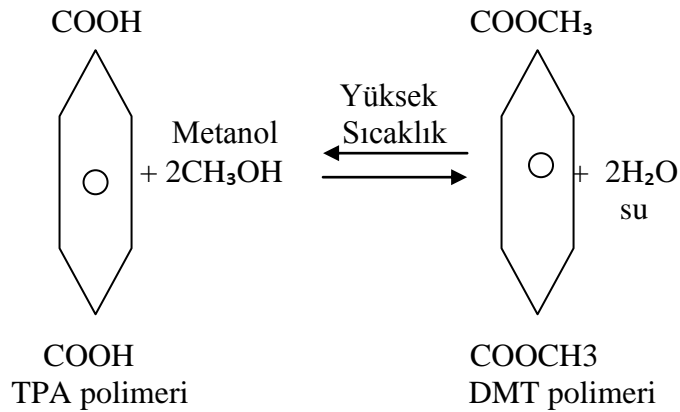
Şekil 2.4. TPA oluşma reaksiyonu (p-ksilen yöntemi)

DMT eldesinde de en fazla tercih edilen yöntem p-ksilenden üretimdir. p-ksilen sıvı fazda metanollü ortamda, yüksek sıcaklık ve basınç altında meydana gelen reaksiyon ile DMT haline dönüşür. Reaksiyon iki adımda gerçekleşir. İlk adımda p-ksilen, p-toluil aside yükseltgenir; ikinci adımda, ise daha yüksek basınç ve sıcaklıkta ikinci yükseltgenme gerçekleşir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. DMT oluşma reaksiyonu (p-ksilen yöntemi)

DMT polimeri elde edilmesinde tercih edilen diğer bir yöntem ise TPA kullanılmasıdır (Şekil 2.6.). Reaksiyon sıvı fazda, metanollü ortamda yüksek sıcaklık ve basınçta gerçekleşmektedir (Karaca 2004).



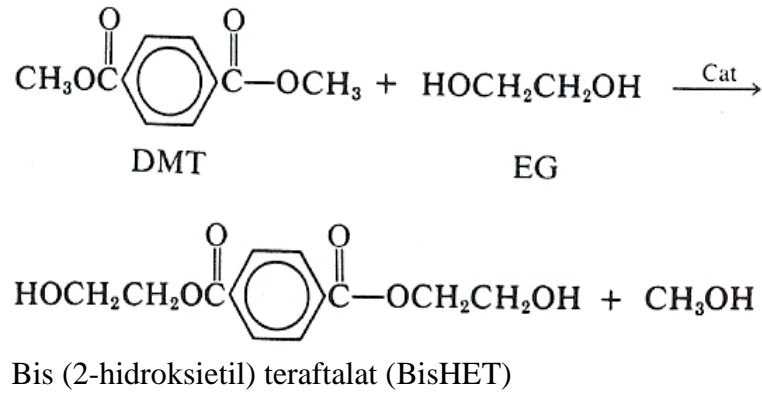
Şekil 2.6. DMT oluşma reaksiyonu (TPA yöntemi)

2.2.2. Polimer Üretimi

Polikondenzasyon, düşük molekül ağırlıklı monomerlerin zincir polimer molekülü oluşturmak üzere meydana gelen reaksiyondur. Kondenzasyon tepkimelerinin genel tanımı, fonksiyonel grupları bulunan iki molekülün aralarından küçük bir molekül ayrılarak birleşmesi şeklinde yapılır. Fonksiyonel grup, bir molekülün kimyasal tepkimelerde yer alan kısmını tanımlar. PET polimeri, DMT'nin ester değişimi ve TPA'nın esterleşme reaksiyonları sonrası oluşan polikondenzasyon reaksiyonları ile oluşmaktadır.

Ester değişimi reaksiyonu sıvı fazda gerçekleşmektedir. Sıvı fazın oluşunu iki şekilde sağlanır: Dimetil teraftalat (DMT) etilen glikol (EG) içerisinde çözünür veya dimetil teraftalat eritilerek sıcak etilen glikol ile karıştırılır. Dimetil teraftalatın etilen glikol içerisinde çözünmesi için çift cidarlı ısıtılabilir kazanlar kullanılır. Çözünme işlemi iki maddenin 150-160 °C'lik sıcaklıklarda birkaç saat boyunca karıştırılması ile sağlanmaktadır. Eritme yöntemi çözme yöntemine göre çok daha hızlıdır. Reaksiyon sonunda yan ürün olarak oluşan gaz fazdaki, yüksek sıcaklıktaki metanol ortamdan uzaklaştırılmalıdır (Karaca 2004).

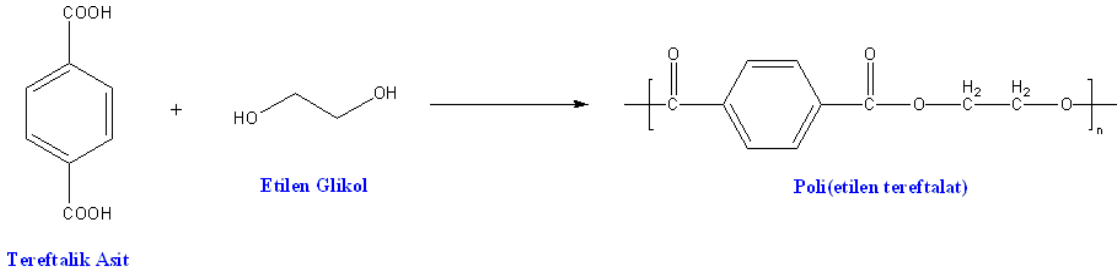
Ester değişimi reaksiyonunu hızlandırıcı olarak çinko, mangan, kalsiyum ve kurşun tuzları katalizör olarak; titanyum dioksit de matlaştırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Ester değişimi reaksiyonu şekil 2.7'de verilmektedir (Öz 2006).



şekil 2.7. PET polimerinin ester değişimi reaksiyonu (DMT+EG→PET) (Öz 2006)

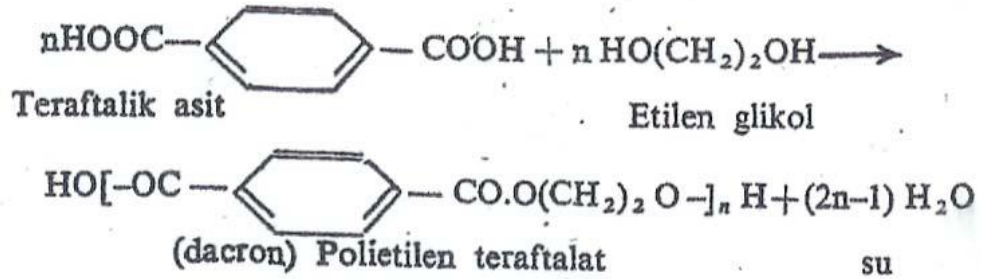
TPA'nin etilen glikol ile esterleşme reaksiyonu sonucunda polietilen teraftalat elde edilmektedir (şekil 2.8.). Esterleşme reaksiyonu ester değişimi reaksiyonuna göre daha kısa sürmektedir. Reaksiyonda katalizör madde kullanılmamaktadır. Esterleşme reaksiyonu iki adımda meydana gelmektedir. İlk adımda esterleşme reaksiyonu gerçekleşirken, ikinci adımda polikondenzasyon reaksiyonu gerçekleşmektedir. TPA ile EG'ün esterleşme reaksiyonunda ortaya çıkan en önemli zorluklar şu şekildedir;

- Tereftalik asidin erimemesi ve çözünürlüğünün düşük olması;
- Reaksiyon hızının, katalizör kullanılmadığında düşük olması;
- Diglikol gibi polieterlerin oluşması.

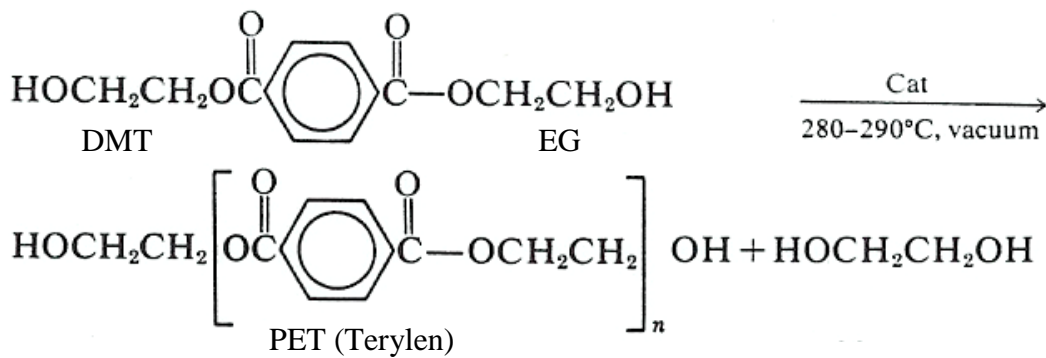


Şekil 2.8. PET Polimerinin esterleşme reaksiyonu (TPA+EG→PET)

Lif yapımında kullanılan poliester, genellikle eriyik polikondenzasyon yöntemine göre elde edilmektedir. PET polimeri üretiminde kullanılan esterleşme veya ester değişimi reaksiyonlarının ardından polikondenzasyon reaksiyonu gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar Şekil 2.9. ve Şekil 2.10'da verilmektedir (Karaca 2004).



Şekil 2.9. Esterleşme reaksiyonu sonrası PET polimerinin polikondenzasyon reaksiyonu (Öz 2006)



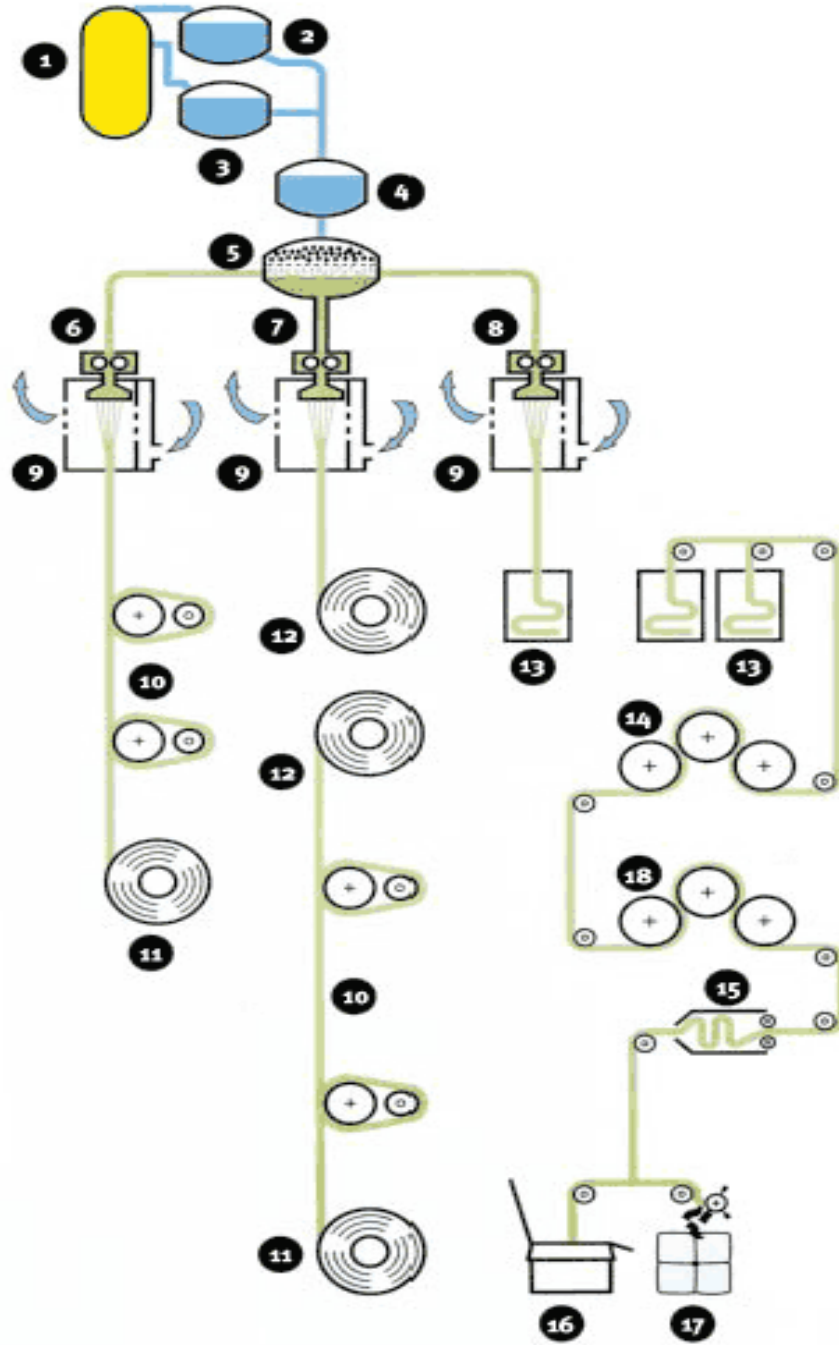
Şekil 2.10. Ester değişimi reaksiyonu sonrası PET polimerinin polikondenzasyon reaksiyonu (Öz 2006)

2.2.3. Eriyik çekim yöntemi

Eriyik çekim yöntemi, 1930'lu yılların sonunda poliamid 6 ve 6.6 polimerlerinden lif üretimi için geliştirilmiştir. Ancak günümüzde bu teknik başta poliester olmak üzere pek çok polimerden lif üretimi için kullanılmaktadır.

Günümüzde poliester üretimi için eriyik çekim yöntemi, biri sürekli diğeri kesikli olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Kesikli yöntemle daha önce üretilmiş ve katı hale getirilmiş polimer (cips, tane veya granül), eriyik lif üretim tesislerinde, polimer ekstrüder aracılığıyla eritilip basınçlandırılır. Tek bir ekstrüder yardımıyla, eşit uzunlukta dallanan borular aracılığı ile pek çok üretim birimine erişebilen sistem ile polimer beslenmektedir. Sürekli yöntemde ise, önce kondenzasyon polimerizasyonu ile polimer üretimi yapılır ve hemen ardından eriyik haldeki polimer ile doğrudan lif üretimi gerçekleştirilmesidir. Bu yöntemde polimer, lif üretiminden önce katılaştırılmaz. Eriyik haldeki polimerin kaynağı ne olursa olsun, polimer, oldukça hassas bir biçimde imal edilmiş dozaj pompaları tarafından sabit debide filtre ünitesinden geçirilerek, lif üretim birimine beslenir. Eriyik haldeki polimerin lif oluşturmak üzere düzeye ulaşmasından önce, bir dizi filtreden geçirilerek içerisinde var olabilecek her türlü parçacık, jel ve/veya yabancı maddelerin filtresi sağlanır. Bu safsızlıklar filtrelerde tutulmadan geçerse, ya düze deliklerini tıkayacaklar ya da lifin içerisine yerleşip lif kesitinde yer işgal ederek lifin daha sonraki işleme veya kullanımı esnasında performansını kötüleştireceklerdir. Matlaştırıcı veya renk verici parçacıklar filtrelerde tutulmamaktadır (Demir 2006). Eriyik lif çekim sistemi Şekil 2.11'de verilmektedir.

Poliester lifleri, sıcak çekim işlemi ile oryante edilmektedir. Ayrıca mukavemet, modül, uzama gibi mekanik özellikleri sıcak çekim işlemi sırasında geliştirilmektedir. Düze deliklerinin şekline göre poliester liflerinin enine kesiti belirlenmektedir. Poliester eriyiğinin düze deliklerinden geçirilerek şekil kazanması, aynı zamanda poliester liflerinin modifikasyon yöntemlerinden biridir (Kadolph 2007).



Şekil 2.11. Eriyik lif çekim sistemi (<http://www.fibersource.com/f-tutor/polyesterform.htm>, 2011)

1-) Ham petrol, 2-) DMT/TPA, 3-) Glikol, 4-) PET, 5-) Eriyik, 6-) Poliester iplik üretimi-FDY, 7-) Poliester iplik üretimi-POY, 8-) Poliester iplik üretimi-TOW, 9-) Filament oluşumu, 10-) Çekim işlemi, 11-) FDY bobini, 12-) POY bobini, 13-) TOW kovası, 14-) Çekim işlemi, 15-) Kıvrırcıklaştırma, 16-) TOW, 17-) Kesim işlemi ve balyalama, 18-) Fiksaj işlemi

Eriyik üretim işlemleri, üretilmiş haldeki filamentin sahip olduğu moleküler oryantasyon derecesine göre sınıflandırılabilir. Üretilen filamentin kısmen moleküler oryantasyona sahip olduğu ve 2500-4000 m/dk sarım hızlarında gerçekleştirilen üretim işlemi kısmi oryante olmuş filament POY (Partially oriented yarn) olarak adlandırılır. POY üretim işlemi 1950'li yıllarda araştırılmıştır. Fakat yüksek hızlı sarıcıların mevcut olmaması nedeniyle ticari olarak üretimi 1970'li yıllarda gerçekleşmiştir. 2500 ila 4000 m/dk aralığında sarım hızına sahip olan POY üretim işleminde hava sürtünmesi dolayısı ile oluşan filament gerginliği moleküler yapı değişikliğine neden olmaktadır. Artan filament gerginliklerinde filamentler hızlanarak moleküler viskoelastik deformasyona maruz kalır ve kısmen lif eksenine paralel hale gelir ve oryantasyonu sağlanır.

Tamamen oryantasyon meydana gelmiş filamentler tam çekimli filament FDY (Fully oriented yarn) olarak adlandırılmaktadır. Sarım hızının 6000 m/dk yaklaştığı veya daha yüksek hızlarda, hava sürtünmesi ve eylemsizlik kuvvetleri yardımıyla filament gerginliği tam çekimli hale getirilmektedir. Isı transfer katsayısı, soğuma hızları ve radikal sıcaklık değişimleri artmaya devam eder. Ancak, bu hızlarda kristalizasyon için gereken zaman oldukça kısadır ve bu nedenle de kristalleşmenin oluşumu engellenir. 6500 m/dk'yı aşan sarım hızlarında üretilen filamentlerde mukavemet azalması gözlenmektedir ve iplik kopuşlarından dolayı üretimin sağlanması oldukça güçleşir (Demir 2006).

TOW iplik üretiminde, birinci adım olarak sonsuz uzunluktaki poliester filament eriyik çekim yöntemi ile üretilmektedir. Sonsuz filament üretimi sonrası TOW koparma makinesine gelen sonsuz uzunluktaki filament balyası açılır ve ısıtılmış olarak silindirlere gönderilir. Filamentler farklı hızlarda dönen silindirlerin arasından geçerken istenilen uzunluklarda bölünür ve buhar verilerek relax ya da unrelax hale getirilir ve elyaf kovalarına doldurulur. Kovalara doldurulan kopmuş filamentler, liflerinin düzenlenmesi için bir sonraki adıma taşınır.

Lif üreticileri son zamanlarda lif çekim ünitelerinde çeşitli özelliklerde lifler üretmek için değişimler yapmaktadırlar. Bu çeşitlendirme, özel kullanıcılar için farklı düze delik şekli yardımıyla farklı kesitlerde ve farklı kompozisyonlarda iplik elde edilerek

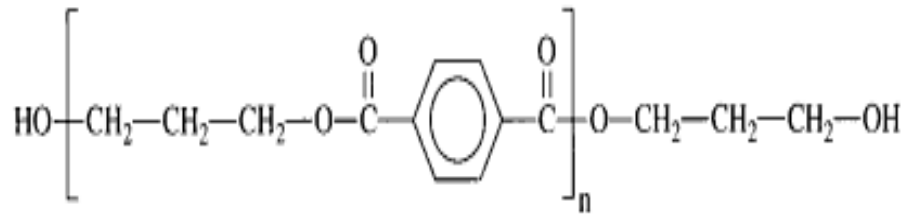
sağlanmaktadır. Özel poliester lifleri, standart poliester liflerine göre daha yüksek fiyatla satılabilmektedir. Farklı kesitlerde lif üretmek için yapılan modifikasyon pahalı değildir ve modifikasyon işlemi üretim esnasında kolaylıkla sağlanabilmektedir. Lif üretim tesisleri de bu katma değeri yüksek ürünler ile kar oranlarını yükseltmek için tüylü, mikro lifler ve bakteriye, kokuya karşı dirençli lifler gibi lif üretimleri gerçekleştirerek katkı yapmaktadır (Anonim 2004).

2.3. Poliester Lif Çeşitleri

Günümüzde üretilen ve kullanılan ürünlerin büyük bir kısmında sentetik lifler kullanılmaktadır. Poliester lifleri sentetik lifler içerisinde ürün geliştirilmesine en uygun lif olmasından dolayı, birçok kullanım alanı bulmuştur. Polietilen tereftalat temelinde geliştirilen ve üretilen poliester liflerinin farklı özelliklere sahip çeşitleri bulunmaktadır.

2.3.1. Polimetilen tereftalat (PTT)

Corterra ticari ismi ile Whinfield ve Dr. J.Dickson tarafından patentlenmiş olan aromatik polimetilen tereftalattan (PTT) oluşan liftir ve PET lifi ile aynı zamanda geliştirilmiştir. Shell Kimya firmasının açıklamalarına göre, PTT tipi poliester liflerinin üretimi teknik ve mali nedenlerden dolayı 1990'lı yıllara kadar gerçekleşmemiştir. Uzun süre yapılan testler sonucunda, halı üretiminde poliamid ve PET'e göre çok iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Militky ve ark. 1991). PTT liflerinin ergime sıcaklığı 233 °C ve camsı geçiş sıcaklığı 35 °C'dir. PTT lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.12'de verilmektedir (Rogers ve Long 2003).

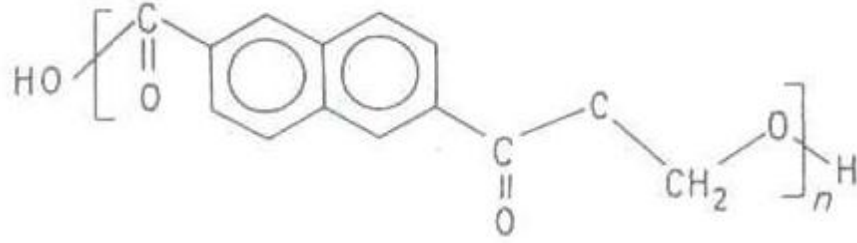


Şekil 2.12. Polimetilen tereftalat (PTT) lifinin kimyasal yapısı (Rudnik 2008)

2.3.2. Polietilen naftalat (PEN)

PET polimerinin yeniden sentezi ile PEN poliester çeşidi geliştirilmiştir. PEN tipi poliester lifi piyasada Pentec ticari ismi ile yer almaktadır. Özellikle lastiklerde kord

bezi, yelken bezleri, halat yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. PEN liflerinin ergime sıcaklığı 260 °C ve camsı geçiş sıcaklığı 110 °C dir. PEN lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.13’de verilmektedir.

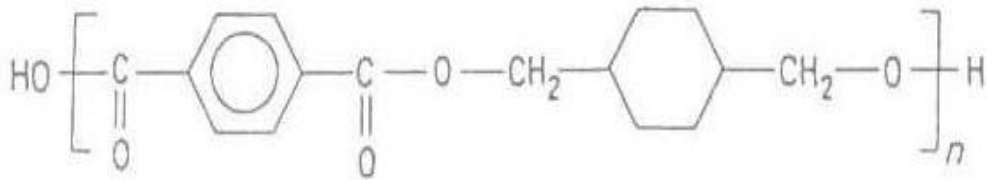


Şekil 2.13. Polietilen naptalat (PEN) lifinin kimyasal yapısı (Militky ve ark. 1991).

2.3.3. 1.4-Polisikloheksan dimetilen teraftalat (PCT)

Poliester liflerinin içerisinde en popüler olan lif 1,4- Poli sikloheksan dimetil teraftalat (PCT) dir. PCT lifinin polimeri teraftalik asit ve 1,4-bis(hidroksimetil) sikloheksanın kondenzasyon reaksiyonundan oluşmaktadır. PCT lifleri 1950’li yıllarının sonunda Eastman Kodak firması tarafından Kodel II ticari ismi altında piyasaya sürülmüştür.

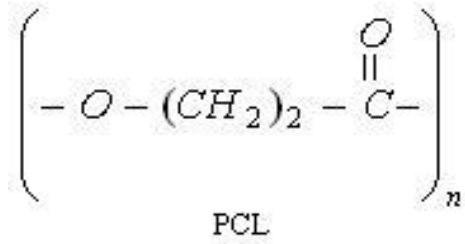
PET liflerine göre düşük özgül ağırlığa sahiptir ve bundan dolayı PET liflerine göre çok daha fazla yüzey kaplama özelliği bulunmaktadır. Yüksek lif çekim sıcaklığına sahiptir ve PET lifine göre ısıya karşı yüksek dayanım gösterir. Kir iticilik özelliği daha iyidir. PCT lifleri kristalizasyon oranlarına göre cis-PCT ve trans-PCT olmak üzere iki çeşittir. Cis-PCT’nin ergime sıcaklığı 320 °C, trans-PCT’nin ergime sıcaklığı 260 °C dir. Cis-PCT’nin camsı geçiş sıcaklığı 68 °C, trans-PCT’nin camsı geçiş sıcaklığı 87 °C dir. PCT lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.14’de verilmektedir.



Şekil 2.14. 1.4-Polisikloheksan dimetilen teraftalat (PCT) lifinin kimyasal yapısı (Militky ve ark. 1991).

2.3.4. Polikaprolaktam (PCL)

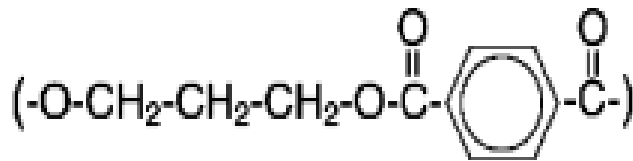
Securus ticari ismi ile piyasada bulunan bu grup poliester lifi yüksek dayanım ve darbeleri emme özelliğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde, emniyet kemerlerinde ve hava yastıklarında yolcunun vücudunu pano ya da ön cama karşı ilk darbeye durduracak şekilde enerjiyi sönmülemektedir. PET lifleri PCL lifleri ile harmanlanarak kullanıldığında PCL lifi esneklik ve yastıklama sağlarken, PET lifi frenleyici özellik göstermektedir. PCL liflerinin erime sıcaklığı 60 °C, camsı geçiş sıcaklığı -60 °C dir. PCL lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.15’de verilmektedir (Militky ve ark. 1991).



Şekil 2.15. Polikaprolaktam (PCL) lifinin kimyasal yapısı (Rogers ve Long 2003)

2.3.5. Polialkan teraftalat veya 3-karbon glikol (PDO veya 3GT)

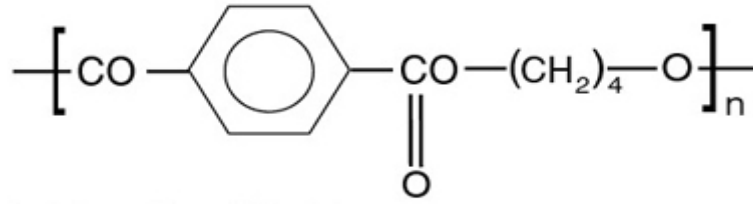
PET liflerinin geliştirilmesi, 1 etilen glikole karşılık 2 karbon kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Dupont firması tarafından geliştirilen Sorona ticari isimli poliester lif için öncelikli olarak fermante olmuş şekerden 1,3 propandiol üretimi gerçekleştirilmektedir. Daha sonra üretilmiş olan 1,3 propandiol, Sorona lifinin sentezinde kullanılmaktadır. Elde edilen yeni tip polyester lifi diğer poliester liflerine göre daha yumuşak, kolay boyanabilir, iyi yaylanma özelliği ve uzama sonrası iyi geri dönüş özelliklerine sahip olmuştur. 3 GT lifinin erime sıcaklığı 280 °C, camsı geçiş sıcaklığı 50 °C dir. 3GT lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.16’da verilmektedir (Militky ve ark. 1991).



Şekil 2.16. 3-Karbon glikol (3 GT) lifinin kimyasal yapısı (Kurian 2005)

2.3.6. Polibutilen teraftalat (PBT)

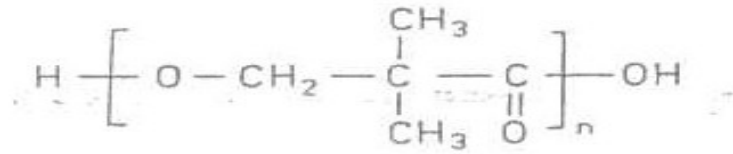
Genel olarak PET ile beraber üretimi en fazla olan poliester çeşididir. Üretim aşamasında butilen glikol ile DMT veya TPA'nın 250 °C'de polikondenzasyonu ile üretilmektedir. PET lifine göre maliyeti daha yüksektir. Çok iyi tekstil özellikleri göstermektedir ve kolay boya taşıyıcısı olabilmektedir. PBT lifinin ergime sıcaklığı 232 °C, camsı geçiş sıcaklığı 22 °C'dir (Rogers ve Long 2003). PBT lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.17'de verilmektedir.



Şekil 2.17. Polibutilen teraftalat (PBT) lifinin kimyasal yapısı (<http://www.dowell.com.hk/whatisPBT.htm>, 2011)

2.3.7. Polipivalactone (PVL)

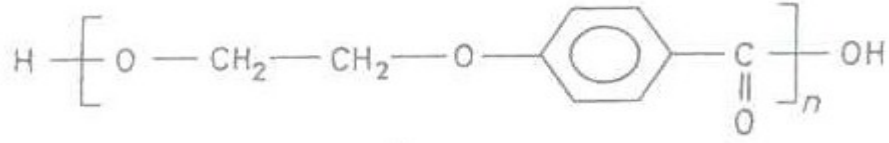
Bu tip poliester lifleri hidrokspivalik asitin, laktonları polimerize edilerek üretilmektedir. Ergime sıcaklığı 240 °C ve camsı geçiş sıcaklığı -10 °C dir. Çok özel bir iplik çekim sisteminde, 150 °C den 200 °C'ye kadar kontrollü ısıtılıp, çok hızlı bir şekilde soğutularak kristalize olmaktadır. PVL liflerinin kimyasal yapısı Şekil 2.18'de verilmektedir.



Şekil 2.18. Poli pivalactone (PVL) lifinin kimyasal yapısı (Militky ve ark. 1991).

2.3.8. Polietilen oksibenzoik asit (PEB)

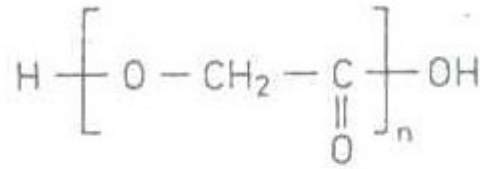
PEB poliester, 4,β hidroksetoksi benzoik asitin metil ester ile reaksiyonundan elde edilmektedir. Bu poliester polimerinin erime sıcaklığı 223-228 °C sıcaklıkları arasındadır ve camsı geçiş sıcaklığı tam amorf PEB için 65 °C dir. PEB lifinin kimyasal yapısı Şekil 2.19'da verilmektedir.



Şekil 2.19. Polietilen oksibenzoik asit (PEB) lifinin kimyasal yapısı (Militky ve ark. 1991).

2.3.9. Poliglikolik asit (PGL)

Poliglikolik asit poliester, glikolik asidin çoklu kimyasal reaksiyon adımları sonucunda elde edilmektedir. Yüksek kristaliniteye sahiptir ve hidrofilik özellik göstermektedir. 224-226 °C sıcaklıklarda ergimektedir. PGL liflerinin kimyasal yapısı Şekil 2.20’de verilmektedir.

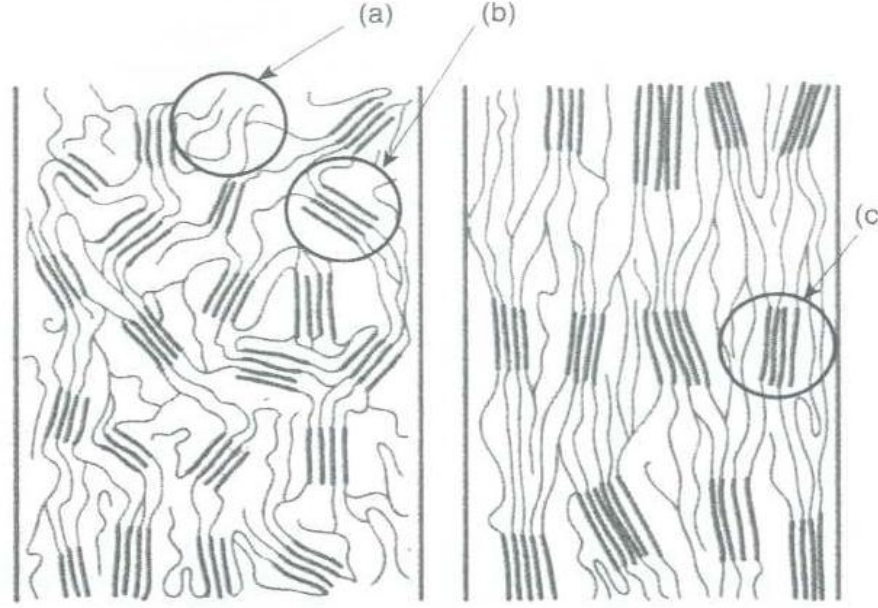


Şekil 2.20. Poliglikolik asit (PGL) lifinin kimyasal yapısı (Militky ve ark. 1991).

2.4. Poliester Lif Özellikleri

2.4.1. Morfolojik yapı ve özellikleri

Heuvel ve Husmen (1978) tarafından bildirildiğine göre; poliester lifleri yarı kristalin yapıda olup, üretim esnasında germe işlemi ile düzensiz yapılı amorf bölgedeki makromoleküller az ya da çok yönlü bir yerleşim kazanmaktadır. Yönlendirme miktarı, eriyik çekim esnasında uygulanan sarım hızı yükseldikçe artar. Makromoleküller yapı ve yönlendirme durumuna göre öngörülen molekül düzenleri Şekil 2.21’de verilmektedir (Şefkat 2005).



Şekil 2.21. Poliester liflerinin makromoleküler yapı yönelmesi (a-Amorf bölge, b- Oryante olmamış kristalin bölge, c-Kristalin bölge) (Kadolph 2007)

Prepelkin (2001) tarafından bildirildiğine göre; makromoleküler düzene göre PET lifinin kristallik derecesinin değişimi Çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Makromolekül düzene göre PET lifinin kristallik derecesi (Şefkat 2005)

Poliester yapı özelliği	Kristalinite derecesi
Oryante olmamış amorf PET	0,02
Oryante olmamış kristalin PET	0,48
Oryante kristalin PET	0,65

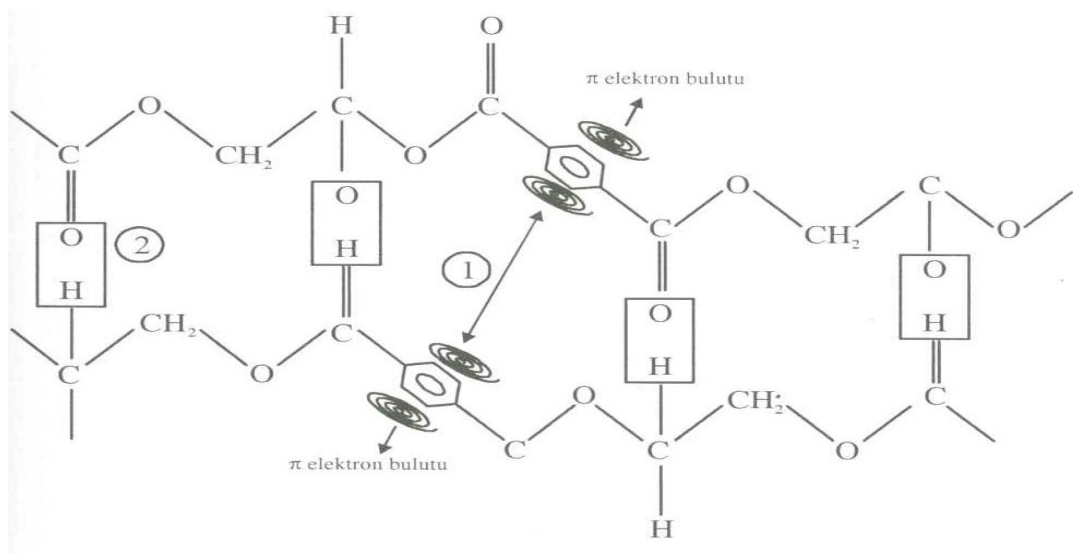
Geller (2001) tarafından bildirildiğine göre; Poliesterin yapı özellikleri ile ilgili halen çeşitli incelemeler yapılmaktadır. Dört yarı kristalin PET lifinin yapısı X-ışını difraksiyonu ve termal mekanik analiz yöntemiyle incelendiğinde, çoğunlukla fibriller (paralel yönelmiş kristalin bölgelerin arasındaki amorf bölgeler) arasına yerleşmiş olan oryante orta bir fazın olduğu görülmüştür. Oysa geleneksel yapı modelleri iki fazlıdır. Bu inceleme yarı kristalin poliesterdeki kristalin olmayan kısmın tek bir yapı olarak ele alınamayacağını göstermektedir (Şefkat 2005).

Tarakcioğlu (1986) tarafından bildirildiğine göre; poliester liflerinde yapılan bu araştırmalara göre amorf bölgeler, makromoleküllerin farklı yönelme durumuna bağlı

olarak “anizotrop kristalin olmayan (amorf) bölgeler” ve “izotrop kristalin olmayan (amorf) bölgeler” diye ikiye ayrılarak incelenebilir. Bu hipoteze göre lifin boyarmadde alımını belirleyen kısım, yalnızca izotrop kristalin olmayan (amorf) bölgelerdir (Şefkat 2005).

Poliester lifleri düz moleküler zincirlere sahiptir ve bu moleküler zincirler çok iyi şekilde oryante olarak birbirine yakın şekilde paketlenmektedir. Oluşturulan bu paket yapısında moleküler zincirler arasında güçlü hidrojen bağlar oluşmaktadır. Poliester lifinin makromolekülleri arasındaki bağlar Şekil 2.22’de verilmektedir (Hockenberger 2004).

Liflerde moleküllerin yönlenmesi ile daha düzenli bir yapı oluşacağından kristallenme derecesi artmaktadır. Düzenli bir yapı daha sıkı bir moleküler yerleşimi gerektireceğinden poliester liflerinde komşu moleküller arasında Van der Wall çekim kuvvetleri meydana gelmektedir. Moleküler zincir üzerinde karbon ve oksijen bağları yer almaktadır. Makromoleküler yapı içerisinde benzen halkalarından dolayı güçlü dispersiyon çekim kuvvetlerinin oluştuğu söylenebilir. Ayrıca ester gruplarının endüksiyon etkisi sonucu benzen halkalarında dipol momentleri ortaya çıkmaktadır. Benzen halkası ile konjuge durumda olan ve trans-trans konformasyonuna sahip ester yapısının yüksek politesi nedeniyle polar çekim kuvvetleri görülmektedir (Karaca 2004).

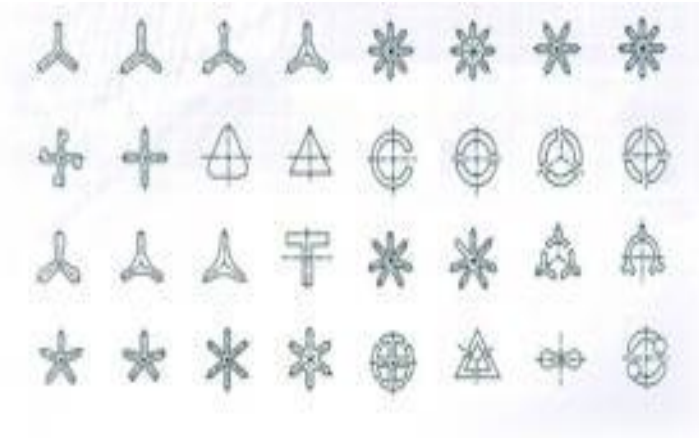


Şekil 2.22. Poliester lifindeki bağlar (Hockenberger 2004)

Ortalama polimerizasyon dereceleri, poliester cinsine ve üretim koşullarına göre farklılık göstermekle birlikte 100-350, moleköl ağırlıkları ise 20000-60000 gr/mol değerleri arasında değişmektedir.

2.4.2. Fiziksel özellikleri

Poliester lifleri yüksek veya normal dayanıklılıkta, parlak veya mat, beyaz veya solüsyon boyama şeklinde üretilebilmektedir. Üretilmiş olan bu lifler düşük boncuklanma ve yüksek kararlılık göstermektedir. Poliester lifleri poliamid lifleri gibi saydam bir yapıya sahip değildir. Beyazdır ve ağartma işlemine girmesine gerek yoktur. Bununla beraber optik beyazlık istenen poliester lifleri için üretim esnasında lif çekim solüsyonuna optik beyazlatıcı kimyasal madde eklenmek suretiyle optik beyazlık elde edilebilmektedir. Poliester liflerinin dairesel, trilobal, beşgen, yıldız, içi boş ve dörtgen enine kesitlerde üretilmesi mümkündür. Elde edildiği enine kesite göre poliester lifinin fiziksel özellikleri değişmektedir. Poliester lif üretiminde kullanılan düzeler Şekil 2.23'de verilmektedir.

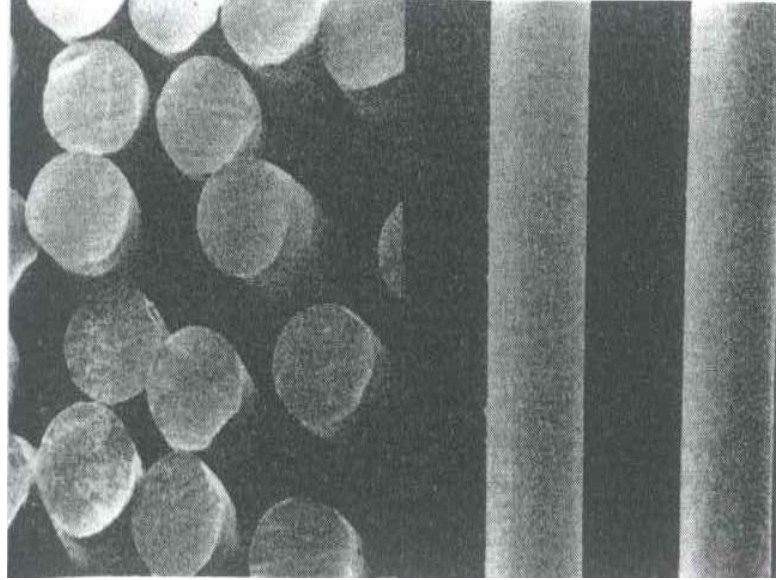


Şekil 2.23. Poliester lif üretiminde kullanılan düze şekilleri (http://cplastec.com/product_index.php, 2011)

Çelik ve ark. (2000) tarafından bildirildiğine göre; poliester lifleri bünyesinde fazla nem tutmayan hidrofobik özellikli liflerdir. Bunun sebebi, liflerin polar yapısı olması ve kristalin bölge oranının yüksekliğinden dolayı su moleküllerinin film tabakası şeklinde ancak lif yüzeyine tutunabilmesi ile açıklanmaktadır. Liflerin hidrofobik yapısı statik elektriklenmesinin yüksek olmasına ve havadaki yağlı kirleri çekmesine ve çabuk kirlenmesine neden olmaktadır (Şefkat 2005).

Harmancıoğlu (1973) tarafından bildirildiğine gore; poliester liflerinin mikroskopta uzunlamasına gorunüşü pürüzsüz bir çubuğa benzer. Enine kesiti ise, üretim esnasında kullanılan düze tipine bağlı olarak değişmektedir. Yaygın olarak yuvarlak kesit kullanılmaktadır. Poliester lifinin mikroskopta incelenen enine kesiti ve uzunlamasına gorüntüleri Şekil 2.24’de gorülmektedir (Şefkat 2005).

İplik üzerine artan bir yük uygulandığında kopuncaya kadar yüklenen yük miktarı mukavemet değerini vermektedir. Poliester polimerinin viskozitesi ile ergime noktasının, sarım hızının ve hava üfleme hızının ve mukavemetin artması lif oryantasyonunu artırmaktadır. Bu durum poliester liflerinin dayanıklılığının artmasını sağlamaktadır.



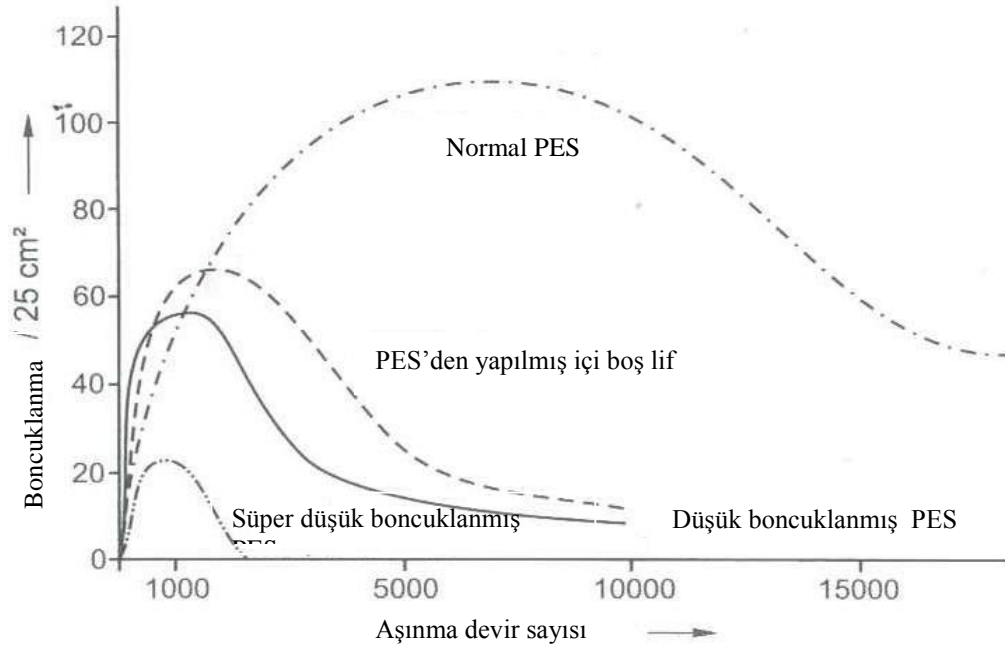
Şekil 2.24. Poliester lifinin enine ve boyuna kesiti (Kadolph, 2007)

Prepelkin (2001) tarafından bildirildiğine gore; İplik üzerine artan bir yük uygulandığında kopuncaya kadar meydana gelen boyca uzamanın yüzdesel ifadesi kopma uzamasını vermektedir. Genellikle filamentlerin uzama oranı % 15-30 iken, kesikli liflerde bu oran % 30-50 arasında değişmektedir. Poliester liflerinin uzama sonrası geri dönüş oranları Çizelge 2.3’de verilmiştir (Şefkat 2005).

Çizelge 2.3. Uzama sonrası geri dönüş oranları (Kadolph 2007)

Uzama oranları				
<u>Lif</u>	<u>%1</u>	<u>%3</u>	<u>%5</u>	<u>%15</u>
Poliester (Normal)	% 91	% 76	% 63	% 40

Poliester liflerinin aşınma dayanımı çok iyidir. Ancak mukavemetlerinden dolayı lifler uzun süreli aşınma söz konusu olduğunda boncuklaşma eğilimi göstermektedir (Şekil 2.25.). İpliğin yüzeyinde yer alan lifler koparak kumaş yüzeyinden dışarı çıkmaktadır. Lif uçları toz ve diğer lifleri de üzerinde toplayarak küçük boncuklar oluşturmaktadır.



Şekil 2.25. Poliester liflerinin boncuklanma grafiği (Albrecht ve ark. 2003)

Yüksek abrasyon dayanımlı poliester üretimi, sıcak çekimde kristalinitenin geliştirilmesi ve moleküler ağırlığın artırılması ile sağlanır. Çizelge 2.4'de çeşitli poliester liflerinin bazı mekanik özelliklerini ve son kullanım alanlarını göstermektedir.

Çizelge 2.4. Modifiye poliester liflerinin bazı mekanik özellikleri ve kullanım alanları (Kadolph 2007)

Lif çeşidi	Kopma mukavemeti (g/d)	Kopma uzaması (%)	Kullanım alanı
Yüksek mukavemetli filament	6,8-9,5	9-27	Kord bezi, endüstriyel kullanım
Normal mukavemetli filament	2,8-5,6	18-42	Giyim ve ev tekstili
Yüksek mukavemetli kesikli lif	5,8-7,0	24-28	Dayanıklı baskı malzemesi
Normal mukavemetli kesikli lif	2,4-5,5	40-45	Giyim ve ev tekstili

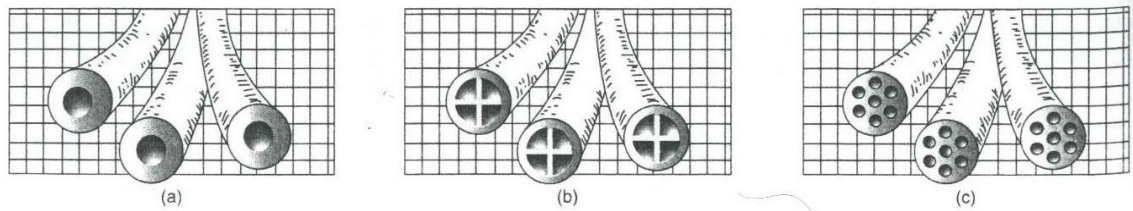
Poliester liflerinin yoğunluğu $1,38 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Katkı maddesi katılarak matlaştırılmış poliester liflerinde yoğunluk $1,40 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilmektedir. Yoğunluk, lif yapısındaki kristal bölgeler ile amorf bölgeler arasındaki oran ile belirlenmektedir. Lif üretim aşamasında sarım hızının artması ile moleküler düzen ve viskozite değişmektedir ve buna bağlı olarak yoğunlukta da değişme meydana gelmektedir. % 100 amorf poliester liflerinde yoğunluk $1,34 \text{ g/cm}^3$, % 100 kristalin poliester liflerinde yoğunluk $1,46 \text{ g/cm}^3$, oryante olmuş yarı kristalin poliester lifleri için $1,38-1,39 \text{ g/cm}^3$ arasında yoğunluk değerleri değişmektedir.

Poliester liflerinin nem emiciliği % 0,4 ila % 0,8 oranları arasında değişmektedir. Zayıf nem emicilik özelliği konfeksiyon ürünlerinin ve döşemelik kumaşların konfor oranını düşürmektedir. Dokuma kumaşlar genellikle dairesel kesitli poliester liflerden oluşmuş poliester ipliklerden üretilmektedir. Dokuma kumaşlarda dairesel kesitli liflerin kullanılması sıcak ve nemli ortamlarda yeterli rahatlığı sağlamamaktadır. Sıcak ve nem ile oluşan sıvı, poliester liflerinin emiciliğinin düşük olmasından dolayı kumaş yapısından uzaklaştırılamamaktadır ve kumaş kaygan, yapışkan bir hal almaktadır. Poliester liflerinden üretilmiş ürünlerin konforunu arttırabilmek için; poliester lifleri emici lifler ile harmanlanabilir, poliester liflerinde konfor modifikasyonu yapılabilir veya ince açık kumaş yapısı oluşturulabilir. Uygulanabilecek bu yöntemlerden başka filament iplik yerine kumaş yapısında kesikli lif tercih edilebilir, dairesel kesit yerine

trilobal kesit tercih edilebilir, bitim işlemleri ile emicilik sağlanabilir ve nem fitilleri oluşturulabilir.

Pamuk lifleri ile poliester liflerinin harmanlanması ile oluşan liflerden üretilen kumaşlar, nemli hava koşullarında, % 100 poliester kumaşlarına göre daha iyi konfor sağlamaktadır. Nem, poliesterin dış yüzeyi boyunca yerleşmektedir ve poliesterin dış yüzeyi boyunca buharlaşmaktadır. Poliester kumaşlar hafiftir ve nem emiciliği olmadığından dolayı kolay kurumaktadır. Poliester liflerinin yapısında gözenek olmadığından ölçülü termal direnç göstermektedir. Yün, akrilik gibi liflerden oluşan kumaşlarda, soğuk havalarda kullanılması ile alınan konforu poliester kumaşlar sağlayamamaktadır. Poliester liflerinin yün ile harmanlanması durumunda çok iyi şekilde yünün konforunu arttırmaktadır. Poliester lifleri yastık ve yorgan gibi ürünlerde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır.

Poliester liflerinin düşük emicilik özelliğinden dolayı, sıcağa hassas diğer liflere göre statik elektriklenme daha çok görülmektedir. Poliester liflerinin statik elektriklenmesini düşürmek amacıyla lif çekim prosesinde su emilimini sağlayacak kimyasallar eriyiğe eklenmektedir. Bu maddelerin lif yapısına eklenmesi, lif çekim işleminin 1. aşamasında veya yağ iticilik işlemi için yapılan bitim işlemi aşamasında yapılmaktadır. Bu kimyasallar ile lif yüzeyi nem çeken gözenekli yapıya bileşimler içerecek şekilde modifiye edilmektedir. Bundan başka lif modifikasyonları ile yüzey genişlemesi sağlanmaktadır ve lifin antistatikliği düşürülmektedir. Yüzey genişlemesi ile her bir birimin kütle oranı hafifçe emicilik özelliği artışına neden olmaktadır. Poliester lifinin spesifik kütle büyüklüğü 1,22 ila 1,38 g/cm³ arasında değişmektedir. Şekil 2.26'da görüldüğü gibi dolgu lifleri 1,4,7 adet kanal deliğine sahip olabilmektedir.



Şekil 2.26. İçi boş poliester lifleri; a) 1-Hollofil; b) 4-Quallofil; c) 7-Hollofil (Kadolph 2007)

Dolgu lifi olarak kullanılan içi boş liflerin yoğunlukları daha düşüktür. Antistatik bikomponent lifler poliester kaplama ile kombine edilebilmektedir ve daha sonra isophthalate kopolimer kaplama yapılmaktadır. Bu işlemler sonrası karbon siyah ile emdirilerek antistatik özellik elde edilmektedir. Poliester liflerinin % 2 oranında karbon siyah ile kaplanmış liflerle harmanlanması, önemli derecede, liflerin statikliğini düşürmektedir. Bu lifler halı, döşemelik kumaş, filtre, koruyucu dış giysi, keçe, elektriksel malzemeler, halatlar ve diğer antistatik uygulamalarda kullanılmaktadır.

Elastik lifler poliesterin bir alt sınıfıdır. Bu lifler % 100 oranında uzayıp ve çok iyi geri toparlanmaktadır. Bu lifler iyi mukavemet, dayanıklılık, kolay temizlenme ve çok iyi tuşe özelliklerine sahiptir. Kolaylıkla boyanabilmekte ve ısı ile şekil verilebilmektedir. PTT (politrimetilen teraftalat) % 10 ila % 15 arasında uzama kabiliyetine sahiptir ve bununla beraber iyi geri toparlanma özelliğine sahiptir. Bu özellik normal poliester (PET) liflerine göre daha iyidir. PTT lifleri dayanıklı, yumuşak, kolay temizlenebilmekte ve kolay boyanabilmektedir. Poliester lifleri, kabiliyeti ve yumuşak tuşe özelliklerinden de faydalanılarak gecelik, çorap, iç giyim ve aktif spor kıyafetlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Sadece küçük deformasyonlar olduğunda ve kırışıklık oluşumlarında bile poliester lifleri poliamid liflerine göre daha iyi geri dönüş özelliği göstermektedir. Poliester liflerinin bu geri dönüş özelliği yünün yüksek uzamasına benzerdir. Bu durum poliester ve yün harmanının başarılı özellik göstermesini sağlamaktadır. Bazı alanlarda poliester kullanımının yüne göre daha çok avantajları vardır. Örnek olarak; ıslak yünün kırışıklığının giderilmesi zordur ve zayıftır. Yüksek nemde poliester kumaşları kırışmaz ve kıvrılmaya karşı çok dirençlidir. Poliester liflerinin kıvrılması üretim esnasında ısı, nem ve basınç altında yapılabilmektedir ve daha sonradan geri dönüşümü olmamaktadır.

Poliester liflerinin boyutsal stabilitesi yüksektir. Uygun bir şekilde ısıya maruz kaldığında boyutlarını korumaktadır. Poliester lifleri devamlı buruşuk veya pileli bir şekilde kalabilmektedir.

Modifiye edilmemiş poliesterden yapılmış kumaşlarda boncuklanma çok ciddi bir problemdir. Düşük boncuklanma oranına sahip lifler ile harmanlanması boncuklanma

problemini gidermede iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca bitim işlemlerinde oluşan tüylerin yakılması boncuklanma oranını düşürmeye yardımcı olmaktadır.

2.4.3. Kimyasal özellikleri

Poliester lifleri kuvvetli anorganik asitlere dahi dayanıklı bir lif olmasına karşın, % 30'u aşan konsantrasyon ve yüksek sıcaklıklarda tümüyle parçalanmaktadır. Asidin anyonu büyük (örneğin; sülfürik asit) ise lif içerisine nüfuz edemez, fakat elyaf yüzeyini etkilemektedir. Asidin anyonu küçük ise elyaf içine nüfuz ederek poliester lifine daha hızlı ve daha fazla zarar vermektedir (örneğin; hidroklorik asit ve nitrik asit) (Yakartepe 1995). Poliester liflerinin hafif ve zayıf asitlere karşı dayanıklılıkları iyidir. Bunlara sıcakta da dayanırlar. Kuvvetli asitlere gelince; hidroflorik asit dahil soğukta dayanıklıdır. Öte yandan zayıf alkalilere dayanıklılığı iyidir; fakat kuvvetli alkalilere dayanımı iyi değildir.

Poliester liflerinin az rutubet çekimi nedeniyle elektrik iletkenliği düşüktür. Yüksek sıcaklıkta liflerin yumuşaması ve erimesi izolator olarak kullanılmasını sınırlıyor, ancak düşük sıcaklıkta izole yeteneği iyidir. Güve ve zararlı böceklerden etkilenmez. Aynı zamanda küf ve mantar gibi mikroorganizmalardan da zarar görmez. Kaynar suda büzülme özelliği göstermesi yanında; aynı şekilde aseton, kloroform, trikloretilen gibi birçok organik eriticilerden kaynama noktasında etkilenecek büzülürler. Bunların dışında lifler sıcak fiksaj işlemine tabi tutulmuşlar ise bu etkenler karşısında ve kaynar suda büzülmezler (Altınok 2008).

Poliester makromoleküllerinde bulunan benzen halkalarından kaynaklanan dispersiyon çekim kuvvetleri ve H köprüleri nedeniyle sıkı moleküler üstü yapıya sahiptir. Poliester liflerinde bulunan bu bağ yapısı, bazlara karşı dayanıksız ester bağlarına sahip olmasına rağmen bazlara karşı da dayanıklılık göstermesini sağlamaktadır. Ancak bu dayanım yoğun organik bazlara karşı sınırlıdır. Kuvvetli bazlar, poliester liflerini dıştan itibaren sabunlaştırarak parçalamaya başlar ve böylece lifler, ipeğimsi bir yapıya dönüşür (Yakartepe 1995).

2.4.4. Termal özellikleri

Polimerin donmuş sert elastiki halden, yumuşak elastiki hale veya tersi için geçiş noktasına (veya bölgesine) “ camlaşma noktası” denilmektedir. Camlaşma noktasının hemen üzerindeki sıcaklıklarda makromoleküllerin ve serbest hacmin hareketlilik kazanması, yalnızca amorf bölgelerde meydana gelmekte ve kristalin bölgelerde değişim oluşmamaktadır.

Tarakçıoğlu (1986) tarafından bildirildiğine göre; Genel olarak, kristalin bölge miktarının artması camlaşma noktasını yükseltmektedir. Polietilen teraftalatın camlaşma noktası 80-90 °C arasındadır. Ancak termik, hidrotermik işlemler veya organik çözücülerle muamele sonucu anisotrop kristalin olmayan (amorf) bölge miktarı azalır, kristalin bölge miktarı artan poliester liflerinin camlaşma noktası düşmektedir. Bu ilginç durum, bahsedilen etkenlerle lifte ard kristalizasyon meydana gelirken, anisotrop amorf bölgelerde bir gevşeme ve daha fazla boşluk, serbest hacim meydana gelmesi şeklinde açıklanmaktadır. Bu ard kristalizasyon sonucu camlaşma noktası düşmesinin yanında, lifin boyar madde alım miktarı da artmaktadır.

Çelik ve ark. (2000) tarafından bildirildiğine göre; camlaşma noktası aşıldıktan sonra sıcaklık arttırılmaya devam ederse, belirli bir sıcaklıktan itibaren kristalin bölgedeki makromolekül bölümleri etkin hareketlilik kazanmaya başlamaktadır. Erime sıcaklığının 20-30 °C altındaki sıcaklıklardaki bölgede lif gerçek anlamda yumuşak elastiki duruma geçtiğinden bu sıcaklığa da “yumuşama sıcaklığı” denilmektedir. Poliester lifleri için yumuşama bölgesi 220-240 °C arasındadır.

Prepelkin (2001) tarafından bildirildiğine göre; yumuşama noktasından 20-30 °C daha yüksek sıcaklıklarda, lifteki makromoleküllerin büyük bir kısmının serbest hareketlilik kazanması, birbiri üzerinden kayabilmesi sonucu, makromolekülleri bir arada tutmak isteyen kuvvetler tümüyle yok olduğundan lif akıcı bir duruma gelmekte yani erimektedir. Poliester liflerinin erime noktası 265-267 °C'dır (Şefkat 2005).

2.5. Poliester Liflerinin Kullanım Alanları

Dünyadaki poliester liflerinin büyük bir bölümü Amerika tarafından üretilmektedir. Poliester lifleri dokuma kumaşlarda, konfeksiyonda ve mobilya üretiminde kullanılan

çok önemli bir materyaldir. Poliester iplikler dokuma kumaşın yapısında atkı ve/veya çözgüde kullanılmaktadır. Kesik elyaf olarak üretilen poliester lifleri genellikle pamuk veya viskon ile harmanlanarak karışım iplik halinde kullanılmaktadır. Karışım ipliklerden oluşan kumaşlar sağlam ve rahat olmaktadır. Sıcağı ve nemi iyi şekilde tutmaktadır. Görünüşlerini çok iyi korumaktadır ve kolay temizlenmektedir. Sahip oldukları özellikler, geniş kullanım alanı bulmasını ve popüleritesinin devam etmesini sağlamaktadır. Poliester dokuma kumaşlar; düşük ve yüksek gramajlı konfeksiyon ürünlerinde, çarşaf, yatak örtüsü, perde, perde fonu, kalın yatak örtüsü, masa örtüsü ve döşemelik kumaşlarda kullanılmaktadır.

Filament iplikler yüksek ışık direncine sahip olmaları nedeniyle perdelerde kullanılmaktadır. Özellikle ince ipek benzeri perdelerde ve ince dokuma kumaşlarda kullanılmaktadırlar. Poliesterin en önemli kullanım alanını perdelik kumaşlar oluşturmaktadır.

Poliesterin en önemli ikinci kullanım alanı ise örme kumaşlardır. Dokuma kumaşlarda olduğu gibi pamuk ve poliester harmanlanarak kullanılmaktadır. Poliesterden üretilmiş örme kumaşlar iyi giyim özelliği, rahatlık, görünüş kalıcılığı ve kolay temizlenme özelliklerine sahiptir. Poliester ipliklerinin örmede ilk kullanıldığı kumaş, erkek tişörtleri ve kadın giyimi olan bluzlar olmuştur. Tekstüre poliester geliştirildiğinde poliester iplik kullanımı çok büyük oranda artış göstermiştir. Poliester ve tekstüre poliester ipliklerin konfeksiyon ürünlerinde, döşemelik kumaşlarda ve perde kumaşı uygulamalarında çok hızlı bir şekilde kullanımı artmıştır.

Poliesterin iyi esneme özelliğinden dolayı önemli üçüncü kullanım alanı, dolgu malzemeleridir. Poliester lifleri yastık, yorgan, yatak örtüsü, mobilya dolgusu, tabak altlığı, kışlık giysilerde dolgu malzemesi olarak yüksek oranda kullanılmaktadır. Diğer dolgu maddesi olan tüy ve asetatin pazar payları her geçen gün düşmektedir. Bu malzemelerin kullanım alanlarında, her geçen gün poliester lifleri dolgu malzemesi olarak yer almaktadır. Dolgu malzemeleri, kullanım sırasında gözle görülen malzemeler değildir ve zayıf performansları, topaklanması veya iyi performansları ile kendilerini göstermektedirler.

Dokusuz yüzeyler veya lifli yüzeyler poliester liflerinin dördüncü önemli kullanım alanıdır. Tela, ara astarı, yastık yüzeyi, mobilya ve yatak telası olarak kullanılan dokusuz yüzey kumaşları örnek kullanım alanlarıdır. Bu kumaşlar rayonların yetersiz ve dayanıksız olduğu, ayrıca emiciliğin gerek olmadığı yerlerde poliester liflerinin kullanılmasını sağlamıştır. Dokusuz yüzey poliester kumaşlar ayrıca, ömrü kısa medikal ürünlerde, emici olmayan bandaj uygulamalarında ve kalp monitörleri için tampon olarak kullanılmaktadır.

Poliesterden geliştirilmiş olan ve lastiklerde kullanılan kord bezi poliester liflerinin en çok kullanılan beşinci kullanım alanıdır.

Poliester daha bir çok tüketim ve endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Havlı kumaşlar, tenteler, halatlar, kablolar, balık ağları, tek kullanımlık çocuk bezleri, bahçe hortumları, yelkenler, gübre ve tohum torbaları, dikiş iplikleri, suni damar ve suni kalp kapakçıkları bunlara bazı örneklerdir. Poliester halılar, poliamid halılara göre daha yumuşak tutumlarından dolayı tercih edilmektedir. Endüstriyel ve teknik uygulamalarda kullanımlarının artırılmasına yönelik araştırmalar devam etmektedir (Kadolph 2007).

2.6. Dolgu ve Kuvvetlendirici Maddeler

Polimerlere eklenen dolgu ve kuvvetlendirici maddeler polimerin üretim maliyetlerini düşürmesi yanında mekanik, termal ve optik özelliklerinde iyileştirmeler sağlamaktadır. İdeal dolgu maddesinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir.

1. Dolgu maddesi kimyasal olarak inert olmalıdır. Proses sıcaklıklarında kimyasal zarar vermemelidir.
2. Dolgu maddesinin partikül boyutu polimer ara yüzeylerine homojen olacak şekilde çok iyi dağılım göstermelidir.
3. Dolgu maddesi proses boyunca, koku yaymamalı, toksik olmamalı ve ateş almamalıdır.
4. Dolgu maddesi düşük nem almalı, su ve diğer kimyasallar içerisinde az çözünmelidir.

Dolgu maddeleri kompozitler içerisinde çok farklı avantajlar sağlamaktadır. Dolgu maddelerinin sağlamış olduğu avantajlara örnek olarak; dayanıklılığı ve sertliği

artırmak, ısı dayanımı ve patlama dayanımını artırmak, maliyeti düşürmek, çok iyi termal özellikler veya yüzey görünümünü iyileştirmek söylenebilir. Bu avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır: Limitli üretim prosesi, ana malzemenin ömrünü kısaltabilmesi gibi.

Çizelge 2.5’de fiziksel yapılarına göre dolgu maddeleri sınıflandırılmaktadır. Genel olarak odun tozları, kil, kum gibi dolgu malzemeleri genişletici dolgu malzemesi olarak kullanılırken, lifli dolgu malzemeleri ve mika gibi plaka dolgu malzemeleri kompozit yapının kuvvetlendirilmesi ve ana malzemenin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde etki yapmaktadır (Tanrısinibilir 1995).

Çizelge 2.5. Fiziksel yapılarına göre dolgu maddeleri (Tanrısinibilir 1995).

<u>Toz maddeler</u>		<u>Lifli Maddeler</u>	
<u>Organik</u>	<u>Anorganik</u>	<u>Organik</u>	<u>Anorganik</u>
Odun unu	Cam,	Selüloz	Kil
Mantar	CaCO ₃	Odun	Asbest
Fındık kabuğu	Al ₂ O ₃	Karbon/Grafit	Cam
Nişasta	BeO	Aramid lifleri	Amyant
Polimer	Fe ₂ O ₃	Poliester	Nylonlar
Karbon	CaSO ₄		Bor
Protein	MgO,		Al ₂ O ₃
	MgCO ₃		Madenler
	TiO ₂		
	Metal tozlar		
	Silikatlar (mika, talk vb.)		
	Baryum ferrit		

Kompozit yapının özelliklerini etkileyen dolgu maddesi özellikleri şunlardır;

1. Dolgu maddesinin tipi
2. Dolgu maddesinin boyutları ve boyut dağılımları
3. Dolgu maddesinin geometrisi
4. Dolgu maddesinin boy/en oranları (çapı veya kalınlık oranları)
5. Dolgu maddesinin miktarı

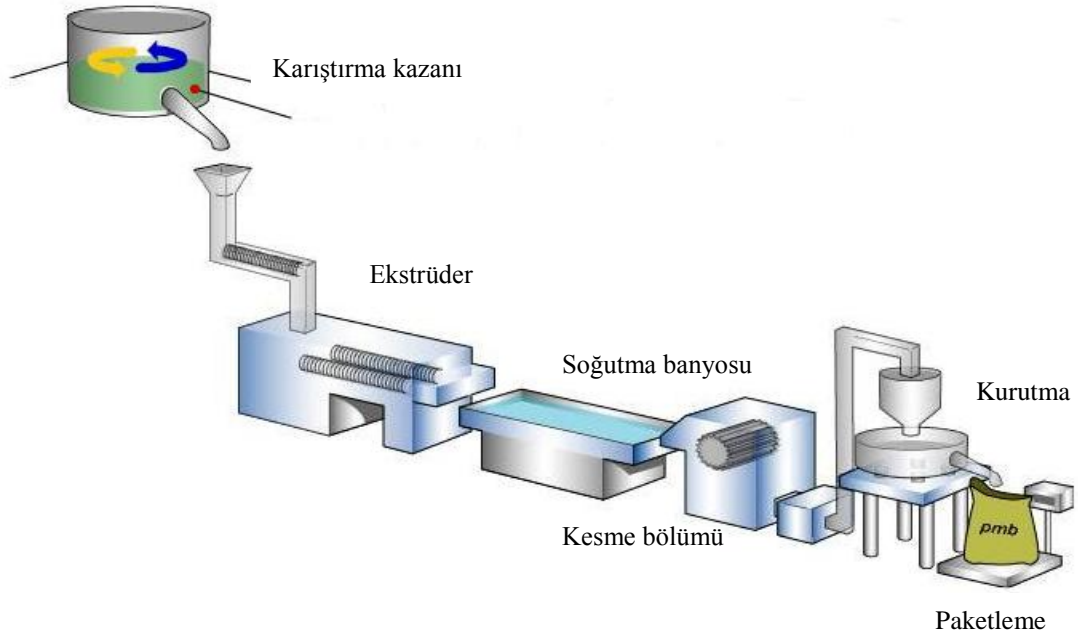
2.7. Masterbatch

Masterbatch ismi her ne kadar bir üretim şekli olmasına rağmen nihai ürünün ismi olarak da kullanılmaktadır (Şekil 2.27.). Masterbatch işlemi polimerin renklendirilmesi veya özelliklerinin değiştirilmesi çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Polimerin renklendirilmesinde ve modifikasyonunda yüksek oranda katkı maddesi, malzemeye yüklenerek masterbatch granüllerinin üretimi gerçekleştirilir. Toz halinde bulunan malzemeyi polimerin içerisine homojen şekilde dağıtmak zordur. Masterbatch işlemi ile ana üretimden önce toz maddenin vidalı ekstrüderlerde, çok yüksek konsantrasyonlarda, akışkanlığı çok yüksek olan polimerin içerisinde homojen olarak karışması sağlanmaktadır (Şekil 2.28.). Granül oluşumundan sonra masterbatch granülleri ana hammaddenin içerisine belli oranda kabaca karıştırılır. Taşıyıcı polimer, işleme esnasında toz maddeyi ana polimerin içerisine homojen olarak dağıtır.



Şekil 2.27. Masterbatch granülleri (<http://chinakeysun.en.made-in-china.com/product/RoTQJnMdgvkK/China-VCI-Masterbatch.html>, 2011)

Taşıyıcı polimerin boyanacak veya modifiye edilecek olan polimer ile aynı olması tercih edilirken, farklı olduğu durumlar da olabilmektedir. Her iki durumda da, masterbatch granüllerinin akışkanlığının, karıştırılacak olan ana polimerin akışkanlığından yüksek olması gerekmektedir.



Şekil 2.28. Masterbatch üretim prosesi (http://www.pmb.co.uk/knowledge_how.htm, 2007)

2.7.1. Yumuşatıcı masterbatch

Yumuşatıcılar, polimer ile karışabilir düşük hacimli organik maddelerdir. Eriyik polimerin viskozitesini, camsı geçiş sıcaklığını, bitmiş ürünün elastise modülünü düşürerek akışkanlığı ve termoplastik özelliği arttırmaktadır. Yumuşatıcı masterbatchler sınırlı sayıda polimerde kullanılır: Polivinil klorür (PVC), polivinil alkol (PVA) ve doğal-sentetik kauçuklar bunlara birkaç örnektir (Anonim 1980).

2.7.2. Makromoleküler modifikasyon sağlayıcı masterbatch

Makromoleküler düzenleyiciler, polimerin esas olarak mekanik özelliklerini ve bazı fiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. Polimerlerde camsı geçiş durumunda oluşacak bozunmaların azaltılmasında, özellikle düşük enerjili darbe dayanıklılığı elde edilmesinde, ayrıca polimerin reolojik özelliklerini değiştirmek için kullanılmaktadır (Olabisi ve ark. 1979).

2.7.3. Dolgulu masterbatch

Dolgu maddeleri polimere masterbatch işlemi ile eklenerek, nihai ürünün düşük maliyette elde edilmesini ve polimerin temel özelliklerinin değiştirilmesini sağlayabilmektedir. Masterbatch yöntemi ile dolgu yapma işlemi termoset reçineler,

kauçuklar, özellikle phenoplastik ve amino plastlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Termoplastik polimerlerde kullanımı sınırlı durumdadır. Fakat günümüzde hızlı bir şekilde geliştirmeler ve araştırmalar devam etmektedir (Seymour 1978).

2.7.4. Kaplin ajanlı masterbatch

Kompozit malzemelerin kalitesinin artırılması, dolgu ve takviye ajanı parçacıklarının yüzey uygulamaları ile sağlanabilir. Bu iyileştirme kompozit malzemenin yüksek sıcaklığa ve neme maruz kaldığında daha iyi görülebilmektedir. Kaplin ajanları dolgu ve polimer arasındaki yapışmayı arttırarak ara yüzeyde her iki malzeme arasında güçlü bağ oluşumunu sağlamaktadır. Organik polimerlerden üretilen kompozit malzemelerin cam, mineral, metal ve bunların oksitlerinden oluşan dolgu maddeleri ile birleştirilmesinde silan maddeleri önemli rol oynamaktadır. Kaplin ajanlarının diğer türleri şu şekilde sıralanabilir; Organotitanate, fosfor içeren bileşikler, stearik asit, salisilik asit, p-klorofenil, aminler, karbon katyonik stiren, amino silan gibi aktif maddeler (Daoust 1983).

2.7.5. Renklendirici ajan içeren masterbatch

Boyama birçok polimer malzemenin üretiminde bulunan adımlardan biridir. Plastik çağının başlangıcında renklendiriciler sarımsı veya yaşlanma sonucu oluşan kahverengi görünümü gizlemek amacıyla polimere eklenirdi. Günümüzde bu işlem esas olarak estetik bir görünüm elde etmek için uygulanmaktadır (Şekil 2.29.). Renklendirici pigmentler orijinlerine göre inorganik, organik ve metalik olmak üzere üçe ayrılır (Daoust 1983).

İnorganik pigmentler polimer endüstrisinde kullanılan pigmentlerin %75'ini kapsamaktadır. Bu pigmentler; titanyum dioksit, demir oksitler (sentetik oksitler), krom, molibden, beyaz çinko, alüminyum hidrat (yeşil), beyaz kurşun, zinober, krom oksit, kadmiyum (kırmızı) olarak sıralanabilir.



Şekil 2.29. Renklendirilmiş masterbatch granülleri (<http://unicolor.ca/knowledge.htm>, 2011)

Çok sayıda organik pigmentde bulunmaktadır. Organik pigmentlerin başlıcaları; karbon siyahları, fitalosiyanimler, temel asit renklendiriciler, diazinler, azo ve azo yoğunlaşma pigmentleri olarak sayılabilir. Karbon siyahları ve azo türevleri en çok kullanılan organik pigmentlerdir (Billmeyer 1967).

2.7.6. Antistatik ajan içeren masterbatch

Çoğu polimer düşük elektrik iletkenliğine sahip olduğundan dolayı polimer yüzeyi üzerinde statik elektrik yükleri oluşmaktadır. Statik yüklenme toz toplama ve kıvılcım oluşumu gibi sorunları ortaya çıkarmaktadır. Antistatik maddeler uygulama yöntemine göre ya da kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmaktadır. Uygulama yöntemine göre harici ve dahili antistatik ajan olarak sınıflandırılırlar (Gul 1968).

2.7.7. Foto oksidatif bozunmayı engelleyici ajan içeren masterbatch

Foto oksidatif bozunma çoğu polimerik malzemeler için normal bir durumdur. Özellikle oksijen mevcut olduğu ortamda ışık radyasyonu polimerik malzemenin yaşlanmasına çok aktif katkı yapmaktadır. Polimerlerin radyasyondan etkilenmeleri, sahip oldukları hassas kimyasal gruplar aracılığıyla olmaktadır. Bazı polimerlerin maksimum bozunma derecelerine ulaştıkları ışık dalga boyları Çizelge 2.6'da verilmektedir (Vale 1961).

Çizelge 2.6. Polimerlerin maksimum bozunma derecelerine ulaştıkları ışık dalga boylarına (Schwarz 1975)

Polimer	Efektif dalga boyu (nm)
Poliester	315
Polistiren	318, 340
Polietilen	300
Polipropilen (Termal stabilize değil)	370 (280)
Poli(vinil klorür)	310, 370
Vinil klorür-Vinil asetat kopolimeri	327, 364
Poli(vinil asetat)	280
Polikarbonat	280-305, 330-360
Selüloz ketobutirat	295-298
Selüloz Nitrat	310
Poliamid	250-310
Poli (metil metakrilat)	290-315
Poliformaldehid	300-320

Polimerlerin ışığa karşı dayanımlarına onların saflık dereceleri, farklı katkı maddeleri, bunların hazırlanması ve üretim tarihi gibi faktörler etkilidir. Örnek olarak, üretim esnasında meydana gelen bozunma kendi yapısını değiştirmektedir.

2.7.8. Yanmayı geciktirici ajan içeren masterbatch

Otomobil sanayisinde, havacılıkta, madenlerde malzemenin yanması çok ciddi sorun oluşturmaktadır ve polimerin yanma direncinin belli sınırlar içerisinde olması istenmektedir. Polimerlerin yanması özellikle kimyasal yapısı ve bazı fiziksel faktörlere bağlı olarak karmaşık bir olgudur. Yanmayı geciktirici kimyasal bileşikler polimerlerin piroliz reaksiyonlarını modifiye etmektedir veya yanmaya neden olan oksidasyon reaksiyonlarını düşürerek engellemektedir.

Pratik uygulamalarda yanmayı geciktirici karışımlar kombin edilerek farklı tipte etkiler alınabilmektedir. Başlıca yanmayı geciktirici maddeler fosfor, antimon, alüminyum, bor bileşikleri, klor ve bromür içeren maddelerdir. Daha az yaygın olarak kullanılan

yanmayı geciktirici maddeler kurşun içeren maddeler, çinko, silisyum, zirkonyum, kalay, bizmut, kükürt ve selenyum olarak sıralayabiliriz (Daoust 1983).

2.7.9. Ultra viole (UV) ışınları emen ajanlar içeren masterbatch

UV emiciler doğal ışık spektrumunun belirli bir kısmını emen maddelerdir. Yeterli yükseklikteki enerji birincil serbest radikaller veya çürüten hidroperoksitler üzerinden polimerin bozunmasına neden olmaktadır. UV emicilerin polimerin bozunmasını engellemek için karşılaması gereken temel şartlar şu şekildedir (Strobel ve Canino 1962).

- UV emiciler 300-400 nm dalga boyundaki radyasyon ışınlarını polimere göre daha kolay emilimini sağlamalıdır.
- UV emiciler polimer ile reaksiyona girmemelidir.
- UV emiciler ışımaya enerjisini emme yeteneğine sahip olmalı ve istikrarlı olmalıdır.
- UV emiciler zararlı enerjiyi kendi içerisine emmeli ve zararsız enerjiye dönüştürmelidir. Çünkü ilgili yüksek dalga boyundaki enerji veya termal enerji ile polimeri bozunma sıcaklığı üzerinde ısınması bu şekilde engellenebilir.

2.8. Sentetik Liflerin Modifikasyonu

Sentetik liflerin üretimlerindeki en önemli avantaj, üretim sürecinin her adımının kontrol edilebilir olmasıdır. Sentetik lif üreticilerinin; herhangi bir üretim adımının sınırlaması olmadan, her bir lifin potansiyelini araştırması ve lif modifikasyonu sentetik liflerin çok yönlü özellikler kazanmasına katkı yapmaktadır. Özel modifikasyonlar, sentetik liflerin üretiminden beklenen performanslarında bir değişiklik olmadan, liflerin tutum, konfor, yağ iticilik ve güneş ışığına dayanıklılık gibi özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamaktadır. Örnek olarak, poliamid liflerinin halı üretiminde kullanılması için modifikasyon yapılmıştır. Bu modifikasyonda poliamid lifleri dairesel olmayan kesitlerde üretilmiş ve büyük kuvvetler altında ezilmeye daha fazla dayanıklı hale getirilmiştir. Ayrıca bu modifikasyon kir iticilik ile kirleri gizlemiştir. Çapraz boyanabilme, antistatik ve yanmazlık gibi özellikleri de geliştirilmiştir.

Temel lif, modifikasyon yapılmadığında çok basit bir liftir. Ticari isim olarak herhangi bir katma değer sağlamamaktadır. Temel lifler için kullanılan diğer terimler, esas, standart, klasik ve ilk nesil lifler olarak sıralanabilir.

Temel liflerin modifikasyonu ile elde edilen lifler kendi ticari ismi veya markası altında satılabilmektedir. Eğer bir türden birkaç veya birçok lif modifikasyonu yapılmış ise 1. Nesil, 3. Nesil veya 10. Nesil gibi marka isimleri olabilmektedir (Kadolph 2007).

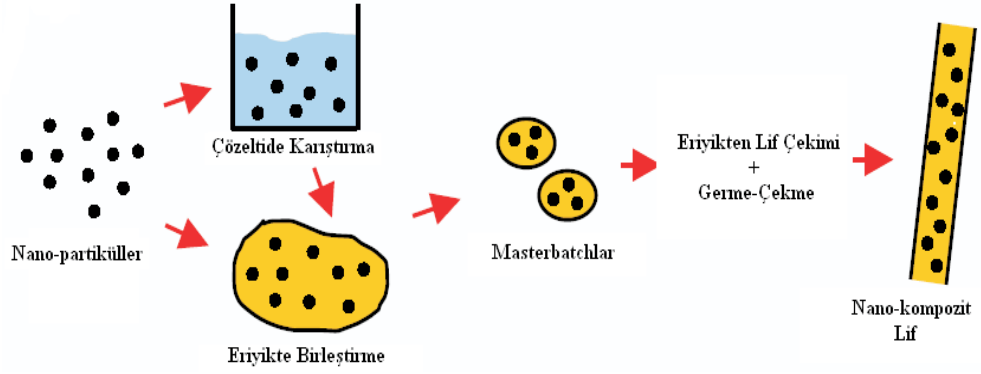
Genel olarak lif modifikasyonunda kullanılan beş ana yol vardır.

1. Düze deliklerinin şekli ve boyutları değiştirilerek farklı boyutlarda ve çaplarda lif üretiminin gerçekleştirilmesi
2. Liflerin moleküler yapılarının ve oryantasyon oranlarının değiştirilerek liflerin dayanıklılığının artırılması
3. Lif yapısının içerisine farklı materyaller (katkı maddeleri) eklenerek yapının değiştirilmesi ve lif performansının artırılması
4. Lif çekim prosesinde yapılan değişiklikler ile lif karakterinin modifiye edilmesi
5. Çok kompleks bir modifikasyon yöntemi olan iki polimerin bir araya getirilmesi ile modifikasyon sağlanması

2.8.1. Katkı maddeleri kullanılarak lif modifikasyonu

Lif katkı maddeleri, modifiye edilecek polimerin yeni bir parçası olacak şekilde polimer zincirine veya polimer eriyik/çözelti içerisine eklenerek lif yapısına dahil edilir ve böylece modifikasyon sağlanır. Fakat eriyik/solüsyon içerisine katkı maddesi eklenerek yapılan modifikasyonda katkı maddesi, polimer zincirinin bir parçası olmamaktadır (Şekil 2.30.). Katkı maddesi ile modifikasyonda fazla katkı maddesi kullanılması, lifin fiziksel karakterini (dayanıklılık ve tutum gibi) olumsuz etkileyebilmektedir.

Katkı maddeleri kullanılarak liflere pek çok özellik kazandırmak mümkündür. Uygulanabilen çeşitli lif modifikasyonları alt başlıklar halinde özetlenmiştir.



Şekil 2.30. Nano partiküllerin lif üretiminde kullanılan polimerlerin içerisine eklenmesi (Erdem ve ark. 2010)

2.8.1.1. Beyazlatma ve parlatma modifikasyonu

Beyazlatıcı ve parlaticı maddelerin lif çekim solüsyonuna eklenmesi liflerin beyaz olmasını ve sarılaşmaya karşı dirençli bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Eklenen katkı maddesinin yapmış olduğu etki, kumaşın daha fazla mavi ışık yansıtması ile optik beyazlatma sağlarken sarılışı maskeleyesidir. Bu beyazlatıcılar düzenli olarak yıkanabilmekte ve kuru temizleme yapılabilmektedir. Ayrıca bu maddeler beyazlatma için gerekli olan ağartma işlemini ortadan kaldırmaktadır.

2.8.1.2. Ateşe karşı dayanıklılık modifikasyonu

Ateşe dayanıklı lifler, kumaş yüzeyine yapılan bitim işlemi ile kazandırılan ateşe karşı dayanıklılığa göre tüketiciye çok daha iyi koruma sağlamaktadır. Bazı üretilmiş sentetik lifler doğal kimyasal yapısından dolayı ateşe karşı dayanıklıdır. Bu lifler aramid, novoloid, modakrilik, cam, PBI, saran, sulfar ve vinyon lifleri olarak sıralanabilir. Diğer liflerin çekim çözeltilerine ateşe karşı dirençlik veren malzemenin eklenmesi ile veya polimer yapısının değiştirilmesi ile ateşe karşı direnci sağlanabilmektedir. Fakat ateşe karşı direnç oranları değişebilmektedir.

2.8.1.3. Antimikrobiyellik modifikasyonu

Antimikrobiyel lifler tekstil ürünlerini bakteri, küf, mantar ve diğer mikroorganizmaların gelişmelerine karşı korurken, kokuyu ve lifin hasar görmesini engellemektedir. Bakteri ve mikropları öldürmek veya büyümelerini engellemek için lif çekim solüsyonuna ekstrüzyon öncesinde kimyasal eklenmektedir ve lif çekim

esnasında lifin yapısına dahil edilmektedir. Birkaç organik ve inorganik madde bu amaçla kullanılabilir. Ancak, bakterilerin bu maddelere karşı dirençlerinin gelişmesi konusunda bazı endişeler bulunmaktadır. Birçok kimyasal, üretilen malzemenin kullanım ömrü boyunca bozulmadan efektif olarak kalabilmekte, fakat bazı kimyasalların etkileri zamanla azalmaktadır.

Antibakteriyel olarak modifikasyon uygulanmış akrilik, asetat ve olefin lifleri devamlı olarak bu özelliği taşımaktadır ve yıkama sonucunda bile kaybetmemektedir. Bu modifikasyon ile bazı hava filtrelerinde, çoraplarda ve iç çamaşırlarında bakteri ve koku oluşumu engellenmektedir. Malzemede yapılan modifikasyon işlemleri ile tekstil ürünleri üzerinde mikropların uzun süreli kalması engellenirken tekstil yüzeylerinin daha hijyenik olması sağlanmaktadır. Antimikrobiyellik modifikasyonunun uygulandığı bazı ürünlerde bakteri üremelerini engellemek ve mevcut bakterileri uzaklaştırmak için sık yıkama uygulaması yapılabilir.

2.8.1.4. Güneş ışığına karşı dayanıklılık modifikasyonu

Ultraviyole ışınlar lifler üzerinde renklerin solmasına ve liflerin hasar görmesine neden olmaktadır. Ultraviyole ışınlar lifler tarafından emildikten sonra, radyan ışın enerjisi ile lif veya boya arasında reaksiyon meydana gelmektedir ve lifler hasar görmektedir. Azotlu bileşikler gibi stabilizatörler, güneş ışınlarına karşı direnci artırmak için eriyik veya solüsyon içine eklenebilmektedir. Azotlu bileşikler içeren stabilizatörler lif boyamada kullanırken dikkatli seçilmelidir. Estron SLR güneş ışığına dayanıklı asetat lifidir. Bu lifler özellikle cam yapıları binaların ofislerinde kullanılan mobilya dekorasyonunda ve pencere için üretilen tekstil ürünlerinde önem arz etmektedir. Ayrıca SLR lifleri, otomotivde iç kısmın dekorasyonunda güneş ışığına karşı korunma açısından önemli bir lifdir. Mat lifler parlak liflere göre güneş ışığına karşı daha duyarlıdır. Bundan dolayı SLR lifleri genellikle parlak olmaktadır.

2.8.1.5. Antistatiklik modifikasyonu

Liflerin elektriği iletmesi elektronların lifler üzerinde nasıl kolayca hareket ettiğini göstermektedir. Malzemeler üzerinde elektron akışı sonucunda statik yapı kurulmaktadır. Eğer lifler aşırı elektron sahibi olurlarsa negatif olarak yüklenmektedirler ve pozitif yüklü herhangi bir cismi çekmektedirler. Bu çekim durumu

vücuda giyilen elbise yoluyla gösterilebilmektedir. Su da çok iyi elektron ileticidir ve statik dağıtıcıdır. Birçok sentetik lif düşük oranlarda su emmektedir. Bu nedenle statik olarak yüklenmesi çok hızlı olmaktadır. Kuru havada liflerin birbirine sürttüğü durumlarda statik dağılım çok yavaş meydana gelmektedir. Lifler ıslatıldığında statik olarak yüklerin dağılımı hızlı bir şekilde olmakta ve statik yüklenme minimumda tutulabilmektedir.

Antistatik kimyasallar lif yapısına ilave edilerek ıslak bir yapı kazandırılmaktadır ve bu şekilde antistatik lifler daha dayanıklı bir koruma sağlamaktadır. Yapıya eklenen kimyasal, iletken lifin ayrılmaz bir parçası gibi davranmaktadır. Kimyasal bileşik lif yapısına polimer ile eklenmektedir ve lif boyunca eşit dağılım sağlanmaktadır. Lif yapısına eklenen kimyasal bileşik doğal olarak lifin hidrofilitasını değiştirmektedir ve daha iyi hidrofilik bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Hidrofilik yapı lifin yeniden nem kazanmasını artırarak statik yüklerin dağılımının daha hızlı olmasını sağlamaktadır. Nem içeren hava, nem emilimi için yeterli etkiyi sağlamaktadır. Pamuk liflerinde bile hava çok kuru ise antistatik etki oluşmaktadır. Antistatik kontrol life yerleştirilen iletken madde yoluyla sağlanmaktadır.

Antistatik lifler kir iticiliğe önemli oranda katkı sağlamaktadır. Antistatik lifler toz partiküllerinin çekimini ve tutulmasını minimize ederek kirlenmeyi geciktirmektedir ve opaklık, parlaklık ipliğin kir saklamasını sağlamaktadır. Tekstil ürününün yıkanmasından sonra, kirin tekrar tekstil ürününe bağlanma oranı düşmektedir. Bu durumun sonucu olarak yağlı lekeler, motor yağları bile çok kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir.

2.8.1.6. Matlaştırma modifikasyonu

Lif pürüzsüz ve yuvarlak yüzeyden ışığı yansıtmaktadır. Bu lifler “parlak lif” olarak adlandırılmaktadır. Lifi üretiminde ekstrüzyon işlemi aşamasından önce lif çekim eriğine beyaz pigmentler (titanyum dioksit) eklenerek mat lif üretimi gerçekleştirilmektedir. Çeşitli matlaştırma oranları kullanılarak liflerin parlaklığı kontrol edilebilmektedir. Lif çekim eriğine eklenen matlaştırıcı katkı maddesi miktarına göre mat, yarı-mat olarak adlandırılabilir lif çeşitleri üretilmektedir. Matlaştırılmış lifler mikroskop altında tanımlanarak lif içerisindeki mevcut koyu lekeler görülebilmektedir.

Matlaştırıcı madde partikülleri ışığı emmektedir veya ışığın yansımalarını engellemektedir. Emilen ışık lif içersindeki bağları kopararak hasar görmesine neden olmaktadır. Parlak lifler ışığı yansıtmaktadır ve ışığın yapacağı zararı azaltmaktadır. Bu nedenden dolayı, perde olarak kullanılan kumaşlar için parlak lifler daha iyi dayanıklılık göstermektedir. Poliester liflerinde yapılan matlaştırma modifikasyonu ile ışık altındaki liflerin dayanımları parlak liflere göre çok daha az olmaktadır.

2.8.1.7. Renklendirme modifikasyonu

Renk pigmentlerinin veya boyaların çekim eriğine veya solüsyonuna eklenmesiyle lif, çekim ünitesindeki düzelerden çıktıktan sonra renkli olmaktadır. Bu şekilde gerçekleştirilen üretime solüsyon boyama, kitle pigmentasyonu, dope boyama, jel boyama, eriyik boyama veya boyalı üretim gibi isimler verilmektedir. Eriyik veya solüsyon boyama işlemi ile elde edilen renklendirme kalitesi diğer renklendirme işlemlerinin hiçbirinde elde edilememektedir. Genellikle renk haslıkları ve yıkama haslıkları çok yüksektir. Çünkü renkler homojen olarak lif boyunca dağılmaktadır ve tekstil materyalinin kullanımı sonucunda renk değişikliği minimum düzeyde kalmaktadır. Siyah lif boyanmasında çok iyi renk haslığı özelliğini gerçek anlamda elde etmenin zor olmasından dolayı, siyah pigmentler solüsyon boyamada kullanılan ilk renktir.

Liflerin renkli olarak üretilmesi, her gram başına renksiz lif üretimine göre daha pahalıdır. Bu maliyet farklılığı daha sonra iplik veya kumaş boyamaya göre daha dengeli bir maliyet oluşturmaktadır. Eriyikten veya solüsyondan boyanan lifler yoğun olarak ev tekstili, konfeksiyon ve perde ürünleri üretimlerinde kullanılmaktadır. Bu tür boyamanın tek dezavantajı üreticinin siparişlerini hızlı bir şekilde karşılamak için yüksek miktarda üretim geçekleştirmesidir. Üreticilerin moda ile değişen renklere göre değişim yapması daha az mümkündür; çünkü bu liflerden numune renklerin üretimi ve yeniden boyanması mümkün değildir.

2.8.1.8. Boyanabilirlik modifikasyonu

Çapraz boyanabilirlik veya boya çekicilik, lifin moleköl yapısına boya kabul eden kimyasal maddelerin eklenmesiyle elde edilebilmektedir. Bazı lifler boyanmamakta, bazıları da belirli sınıf boyaları yapılarına kabul etmemektedirler. Bu modifikasyon, bu

sınırlamaları gidermek için geliştirilmiştir. Boya çeken lifler, orjin liflerine göre çok daha kolay boyanabilmektedir. Bu tür lifler özellikle halı üretiminde kullanılmaktadır.

Bu modifikasyona tabi tutulmuş lifler, renklendirme modifikasyonuna tabi tutulan liflerin aksine düze çıkışında boyalı değildir (Kadolph 2007).

2.9. Perlit

Perlit, magmanın asit fazında oluşan lavların soğuyup, gözle veya mikroskopla görülebilecek bir yapıda kırılmasının meydana getirdiği, kütle bünyesinde su damlacıkları bulunan volkanik bir camdır (www.tasper.com.tr 2008). Perlit ismi, bazı perlit tiplerinin kırıldığında inci parlaklığında küçük küreler elde edilmesi nedeni ile, inci anlamına gelen perle kelimesinden türetilmiştir. Genellikle duru, parlak, soğan kabuğuna benzer bir yüzeyi vardır. Nispeten % 2-5 arasında su içermesi perlitin diğer volkanik camlar olan volkanik kül ve gevşek yapılu volkanik taşlardan ayırt edilmesini sağlamaktadır (Bektaş ve ark. 2004). Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, genişletildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayadır. Çeşitli perlit kayaları renk ve yapı itibarıyla birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Ham perlitin rengi saydam açık griden parlak siyaha kadar değişebilmektedir. Genleştiğinde renk tamamen beyazlaşır. Perlit kelimesi hem ham perlit ve hem de bunun genişletilmesiyle elde edilen ürün için kullanılmaktadır (Arslan ve ark. 2001).

Hızlı ısıtılması durumunda perlit gözenekli ve düşük yoğunluklu bir materyale dönüşmektedir. Perlitin kapiler yapısında bulundurduğu suyun; 900-1100 °C sıcaklıklara hızla ısıtılması ile kimyasal su buharlaşmakta ve yapının kırılmasına neden olmaktadır. Kırılan kaya yapısı sıcak, gözenekli, yumuşak kaya parçacıkları haline dönüşmektedir. Bu kabarcıklı yapı oluşumu ham perlitin normal hacminin 15-20 katı genişlemesi ile meydana gelir ve köpük benzeri bir yapı meydana getirir. Bu yeni materyal genişletilmiş perlit olarak adlandırılmaktadır.

2.9.1. Perlitin sınıflandırılması

Yapılarına göre perlitin sınıflandırmak mümkündür; Lithoidal, granüler, süngerimsi ve soğan zarlı. Bunlar da kendi aralarında sınıflandırılabilir. Bu perlit tiplerinin yapısal farklılıkları yanında su içerikleri de değişiktir. Perlitin genişlemesini sağlayan su

miktarının fazla olması genişmeyi kolaylaştırır, bu tip perlitlere aktif perlit denilmektedir. Bağlı su miktarının az oluşu genişirmeyi zorlaştırır, bu tiplere yüksek sıcaklık perlitli veya pasif perlit adı verilmektedir (Pichor ve Janiec 2008).

Perlit, grinin toplarından siyaha kadar değişik renklerde camsı volkanik bir kayadır. Bu haliyle perlite ham perlit (Şekil 2.31.) denilmektedir.



Şekil 2.31. Ham perlit

Ham perlitin 0,0-2,5 mm aralıklarda kırılıp, değişik aralıklı eleklerden geçirilerek boyutlandırılmasına tasnif edilmiş perlit (Şekil 2.32.) denilmektedir. 0,0-0,6 mm, 0,6-1,2 mm, 0,8-2,4 mm, 1,2-2,4 mm ebatlarında üretim yapılabilmektedir.



Şekil 2.32. Tasnif edilmiş perlit

Tasnif edilmiş perlitin 850-1150 °C'deki alev şokunda bünye suyunu kaybederek, patlaması sonucunda tane hacminin 15-20 misline kadar büyümesi haline geniştirilmiş perlit (Şekil 2.33.) denilmektedir (Akcam 2006).



Şekil 2.33. Genleştirilmiş perlit

Genleştirilmiş perlitin bacalı filtrelerden geçirilerek tasnif edilmesi sonucunda mikronize perlit (Şekil 2.34.) elde edilmektedir. Tasnif edilmiş perlitin genleştirilmesi esnasında oluşmaktadır. Tane boyutları 10-1000 mikron arasında değişmektedir.



Şekil 2.34. Mikronize perlit

2.9.2. Perlit üretim teknolojisi

Perlit cevheri, açık işletmecilik metodu ile üretilmekte ve kırma, öğütme, sınıflandırma işlemlerini takiben genleştirilmiş perlit elde edilmektedir. Genleştirilmiş perlitin üretiminde, volkanik kayaların cevher ocağına yakın bir yerde ilk kaba kırmadan geçirilip gerekli tane iriliğine getirilmesi ekonomik bulunmaktadır.

Yüzeyde veya yüzeye yakın geniş alan kaplayan yataklar ekonomik olarak işletilmektedir. Bazı gevşek yapılu perlit ocakları riparli dozer ile sökülebilsede genellikle üretimde patlayıcılar kullanılmaktadır. Üretilen ham cevher fabrikalara taşınır, burada çeneli kırma veya merdaneli kırma makineleri kullanılarak kırılır ve kurutulur. Daha sonra çekiçli ve çubuklu değirmenlerden geçirilir ve elekler vasıtasıyla tane boylarına göre tasnif edilir ve torbalanır. Burada tane boyu çok önemlidir, zira birçok kullanım alanı ham cevherin tane boyutuna dayanmaktadır. En çok aranan 0,8-3 mm arasındaki değişen tane boyutlarıdır. Belirli tane iriliğine göre tasnif edilmiş

perlit, cevher kalitesine göre ön ısıtma işlemlerinden geçirilmektedir. Bu işlem ile perlitteki su miktarı % 2'ye kadar düşürülerek geliştirilmeye hazır hale getirilir. Bazı perlit cevherleri ise ön ısıtma işlemine gerek olmamaktadır.

Öğütülmüş, tasnif edilmiş ham perlit, cinsine göre 700-1200 °C arasında sıcaklığı olan bir ortama verildiğinde, içerisindeki suyun buhar halinde çıkmasıyla çok kısa sürede mısır gibi patlayarak hacminin 4-30 kat üzerine genişler. Bu şekilde geliştirilmiş perlit, çok gözenekli ve hafif camsı bir yapıya dönüşmektedir. 400 °C'ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulmasıyla perlitteki suyun % 80-90'ı buharlaşır. Kalan % 1-1,5'lük kısım genişleme işleminde eylemi olan aktif suyu meydana getirir. Genleşme 700-1200 °C'de gerçekleşebilmektedir. Perlitin geliştirilmesinde başlıca dört faktörün rol oynadığı söylenebilir.

1. Kullanılan perlitin cinsi
2. Gerekli ısıtma süresi
3. Tane iriliği
4. Genleşme sıcaklığı

Genleştirilen perlit havalı ayırıcılardan geçilerek sınıflandırılır ve torbalanır. Genleşen perlit hafif fakat hacimce büyük olduğundan tesisler pazar alanlarına yakın yerlerde kurulmaktadır. Perlit teknolojisi daha çok makine ile ilişkisi olan yoğun bir teknolojidir.

Eti Holding Menderes tesislerinde ön ısıtmalı bir teknoloji uygulanmaktadır. Böylece genleştirmeden önce, sıkı bağlı su oranı optimuma getirilmiş olan perlit cevherinin geliştirilmesiyle pek çok avantaj sağlanmaktadır:

- Daha iri taneli perlit elde edilmektedir (İnce partikül ve toz azalmaktadır).
- Genleşmiş perlitteki kapalı gözenekler büyük oranda artmaktadır.
- Genleşmiş ürünün kapiler su emmesi % 65 düzeyinde azalabilmektedir.
- Genleştirme fırınının verimi artmaktadır.

Perlit genellikle kolayca kırılabilen iyi öğütülebilen bir kayadır. Ancak tane dağılımı kırma darbelerine bağlı olduğu için, kırıcı ve öğütücü seçimine dikkat edilmesi

gerekmektedir. Perlitin hazırlanması için perlit tesislerinde gerekli işlemler şöyle sıralanabilir;

1. Kırma
2. Ön öğütme
3. Kurutma
4. Öğütme
5. İnce öğütme
6. Eleme, sınıflandırma, boyutlama
7. Depolama

Perlitte ilgili talepler değişik boyutlar içerdiğinden öğütmede esneklik önem taşımaktadır. Perlit çeşitli kullanım yerlerine göre talebi genel olarak aşağıdaki gruplarda ağırlık taşımaktadır.

- 0,05 mm; 0,3-1 mm; 0,3-1,6 mm; 0,3-2 mm (0,3 mm altındaki perlit miktar max. % 8)
- 0,3-2 mm (0,3 mm altındaki miktar max. % 40)
- 0-0,4 mm; 0-1,2 mm (0,3 mm altındaki perlit miktarı max. % 10)
- 0,8-1,6 mm; 0-2,0 mm (0,3 mm altındaki perlit miktar max. % 40)
- 0-0,4 mm; 0,4-1,2 mm; 1,2-2,0 mm.

Perlit genleştirme tesisleri, hammadde depolama, genleştirme, ayırma ve paketleme olarak üç üniteden oluşmaktadır. Perlitin cinsine ve istenen ürüne göre genleştirme tesisinde kullanılacak fırının tipi değişmekle birlikte son yıllarda sabit, dikey fırınlara doğru bir temayül bulunmaktadır. Bu fırınlar mazot ya da gazla çalışmaktadır (Arslan ve ark. 2001).

2.9.3. Perlitin fiziksel özellikleri

Doğada ham olarak bulunan perlit malzemesinin fiziksel özellikleri Çizelge 2.7'de verilmektedir.

Çizelge 2.7. Perlitin fiziksel özellikleri (Arslan ve ark. 2001).

Özellikler	Değerler
Tanım	Konkoidal, sferidal kırıklı camsı volkanik kayaç
Renk	Beyaz, gri ve tonları, genleşince tümüyle beyaz
Sertlik (Mohs)	5-6
Özgül ağırlık	2200-2400 kg/m ³
Gevşek yoğunluk	32-400 kg/m ³
Yumuşama noktası	871-1093 °C
Ergime noktası	1260-1343 °C
Özgül ısı	0,2 cal/g °C
Isı iletkenliği	0,04 W/Mk
Refraktif indeks	1,5
pH	6,5-8
Serbest nem (%)	Maksimum 0,5

2.9.3.1. Gözeneklilik

Bu özellik, perlit taneciklerinde boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Gözeneklilik perlite emicilik (absorptif) ve yüzeyde soğurma (adsorptif) özellikleri kazandırmakta ve bu nedenle bu özelliklerin gerekli olduğu uygulama alanlarında önem taşımaktadır. Su kirliliğini giderme çalışmaları ve ısı yalıtıcılığı aranan durumlarda su emicilik istenmemektedir. Bunun nedeni, gözeneklere dolan suyun ısı iletkenliğini artırması olmaktadır. Bu durumda silikon veya bir maddeyle gözenekler pasifleştirilip, perlit "hidrofobize" edilmektedir. Perlitin gözenekli yapısı, süzme yardımcı maddesi olarak, tarımsal, kimyasal ürünler (tarım savaş ilaçları, temizleyiciler) için taşıyıcı olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

2.9.3.2. Hafiflik

Bu özellik, gözenekli bir yapıya sahip olmanın sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Tane büyüklüğü dağılımına ve genleşme oranına bağlı olarak, genleştirilmiş perlitin birim hacim ağırlıkları oldukça farklı değerlerde olabilmektedir. Hafiflik özellikle prefabrik

yapı malzemesi üretiminde ve çeşitli dolgu maddeleri kullanımında perlit kullanılmasına özendirici önemli bir nitelik olarak belirmektedir.

2.9.3.3. Isı ve ses yalıtıcılık

Isı ve ses yalıtıcılık özelliği, hafiflik gibi boşluklu (gözenekli) bir yapının sonucu olarak beliren bir özelliktir. Kuru perlit dolgusunun 24 °C'daki ısı iletkenlik değeri, kuru birim hacim ağırlığına bağlı olarak; 32 kg/m³ için, 0,040 W/m°C'den, 180 kg/m³ için, 0,055 W/m°C'e kadar değişkenlik göstermektedir. Aynı sıcaklıkta cam yününün 0,037 W/m°C ısı yalıtıcılığına sahip olduğunu söylemek perlitin yalıtıcılıktaki mükemmelliğini göstermeye yardımcı olacaktır. Bu özelliğinden dolayı perlit, çimento ve alçı gibi bağlayıcılarla sıva, yalıtım betonu yapımında kullanılmakta ve ucuzluk, yanmazlık, bakteriyel ayrışmaya sonsuz direnç özelliklerinden dolayı, diğer yalıtıcı malzemeler karşısında vazgeçilmez avantajlara sahip durumdadır.

Ses emicilik ve ses yalıtıcılık konusunda da perlit ve perlit ürünlerinin önemli özellikleri bulunmaktadır. 5 cm kalınlığındaki perlit gevşek dolgusu 13 dB düzeyinde ses yalıtımı sağlar. Bu değer aynı kalınlıktaki cam yünü için 12 dB, strafor için 13 dB'dir. Görüldüğü gibi perlit, ses geçirgenliğini önlemede, günümüzde yaygın olarak kullanılan diğer malzemelere göre eşit performans vermenin dışında ucuzluk, dayanıklılık gibi özellikleriyle de üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca büyük salonların perlitli sıvayla sıvanması duvarların ses özelliğini artırmakta, çınlamayı ve yankılanmayı ortadan kaldırarak akustik özelliklere önemli katkıda bulunmaktadır (www.tasper.com.tr 2008).

2.9.4. Perlitin kimyasal özellikleri

Perlit, özel dokulu, iç yapısında belli oranda su içeren, asit bileşimli esas itibariyle volkanik camdır. Fibrik (asit türevi) yapılı değildir. Nitrat sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde içermez. Dolayısıyla kimyasal olarak oldukça saftır. Tipik bir perlitin kimyasal analizi Çizelge 2.8'de gösterilmiştir (Arslan ve ark. 2001).

Çizelge 2.8. Perlitin kimyasal özellikleri

Kimyasal Madde	(%) Değeri
SiO ₂	71,0-75,0
AlO ₃	12,5-18,0
Na ₂ O ₃	2,9-4,0
K ₂ O	0,5-5,0
CaO	0,5-0,2
Fe ₂ O ₃	0,1-1,5
MgO	0,02-0,5
TiO ₂	0,03-0,2
MnO ₂	0,0-0,1
SO ₃	0,0-0,2
FeO	0,0-0,1
Cr	0,0-0,1
Ba	0,0-0,05
PbO	0,0- 0,03 / 0,3
NiO	Eser
Cu	Eser
B	Eser
Be	Eser
Serbest silis	0,0-0,2
Toplam klorürler	Eser-0,2
Toplam sülfatlar	Hiç Yok

2.9.4.1. Kimyasal pasiflik

Perlit kararlı kimyasal yapısı nedeniyle, kimyasal reaksiyonlara girmeyen ve suda çözünmeyen bir maddedir. Bu özelliğinden dolayı perlit, çeşitli kimyasal maddelerle birlikte onları etkilemeden kullanılabilen, ayrıca fiziksel özellikleriyle de katkıda bulunmaktadır. Perlit yalnız sıcak derişik hidroklorik asitte çözünmektedir. Konsantre mineral asitlerinde erime oranı % 2, seyreltik mineral veya konsantre zayıf asitlerde erime oranı ise % 0,1'dir. Bu çerçevede perlit dolgu maddesi, kimyasal madde

taşıyıcısı, süzme yardımcı maddesi, yalıtım maddesi vb. olarak gerekli yerlerde kullanılmaktadır.

2.9.4.2. Yanmazlık

İnorganik bir yapıya sahip olan perlit, özellikle hafiflik ve yalıtıcılıkta kendisine rekabet edebilecek organik kökenli yapay malzemelere oranla yanmazlık üstünlüğüne sahiptir. Yanmazlık özelliği yanında, yüksek ısılarda uzun süre bozunmadan dayanabilme ve ısı yalıtıcılık özellikleri bulunduğundan, yangından zarar görmesi istenmeyen önemli yapı elemanlarının korunmasında kullanılmaktadır. Uygun şekilde düzenlenen koruyucu perlit katmanları 7000 °C – 9000 °C arasındaki yangın sıcaklığında 4 saate kadar, taşıyıcı çelik elemanları koruyabilmektedir. Yanmazlık ve ısı yalıtım özelliğinden dolayı, metaruliji sanayisinde de kullanılmaktadır (www.tasper.com.tr 2008).

2.9.5. Perlitin dünya rezervleri ve üretim miktarları

Dünyada önemli perlit rezervleri yaşlı volkanik bölgelerde yoğunlaşmıştır. Ülkeler ve bölgeler için perlit rezervleri Çizelge 2.9’da verilmektedir.

Çizelge 2.9. Dünya perlit rezervleri (Arslan ve ark. 2001)

Ülkeler	Görünür Rezervler (milyon ton)
ABD	50
Diğer	5
Kuzey Amerika Toplam	55
Türkiye	30
Yunanistan	50
Diğer	490
Avrupa Toplamı	570
Japonya	10
Filipinler	10
Diğer	30
Asya Toplamı	80
Afrika ve Okyanusya	25
Dünya Toplamı	700

Yapılan araştırmalara göre; dünyada toplam perlit rezervi yaklaşık olarak 6,6 milyar tondur ve bu rezervlerin 4,5 milyar tonu Türkiye’de bulunmaktadır. Bununla beraber, geri kalan rezervler Yunanistan, ABD., Japonya, Filipinler, Rusya, Macaristan, Meksika, İtalya lkelerinde bulunmaktadır (Topçu ve Işıkdağ 2007).

Mevcut durumda, ham perlit ve işlenmemiş perlit ürünlerini en çok üreten ve tüketen lke ABD’dir. Perlit yatakları ülkenin batı eyaletlerinde bulunmaktadır. Bu eyaletler özellikle New Mexico, Arizona, Kaliforniya, Kolerado, Nevada, Oregon ve Utah eyaletleridir. Bunlardan New Mexico toplam tonajın büyük bir kısmını karşılamaktadır. Genleştirme tesisleri ise tüketim alanlarına yakın olan doğu eyaletlerinde bulunmaktadır (izelge 2.10.). Üretimde söz sahibi diğer ülkeler ise in, Yunanistan, Japonya, Türkiye, Slovakya, İtalya, Macaristan ve Fransa’dır.

Çizelge 2.10. Yıllara göre perlit retimi (Brown ve ark. 2011)

ÜLKE	2007 (ton)	2008 (ton)	2009 (ton)
Ermenistan	50 000	50 000	50 000
Bulgaristan	13 900	7 400	14 800
Gürcistan	-----	-----	-----
Yunanistan	1 100 000	1 000 000	862 935
Macaristan	67 542	132 000	82 058
İtalya	60 000	60 000	60 000
Rusya	45 000	45 000	45 000
Slovakya	20 000	25 000	25 000
Türkiye	160 000	160 000	160 000
Ukrayna	36 000	36 000	36 000
Güney Afrika	400	400	400
Meksika	54 405	43 180	51 395
Amerika	409 000	434 000	380 000
Arjantin	35 838	26 545	21 802
in	700 000	700 000	700 000
İran (a)	47 422	47 000	47 000
Japonya	230 000	230 000	230 000
Filipinler	9 900	10 100	10 100
Tayland	6 400	7 000	7 000
Avustralya (b)	8 546	6 942	7 649
Yeni Zelanda	7 873	-----	8 848

(a)Yıl bitimi 20 Mart, (b)Yıl bitimi 30 Haziran olarak alınmıştır.

Sektörde tanınan önemli firmalar aşağıdaki gibidir (Arslan ve ark. 2001).

- a) Harbolite Co. (ABD)
- b) American perlite Co. (ABD)
- c) Wilkins Mining and Trucking Co. (ABD)
- d) Grafco (Dicalite) (ABD)
- e) Silver and Baryte Ores Mining (Yunanistan)
- f) Otavi Minen Hellas (Yunanistan)
- g) Henan xinyag Shantianti (Çin)
- h) Etibank (Türkiye)
- ı) Perlite SPA (İtalya)

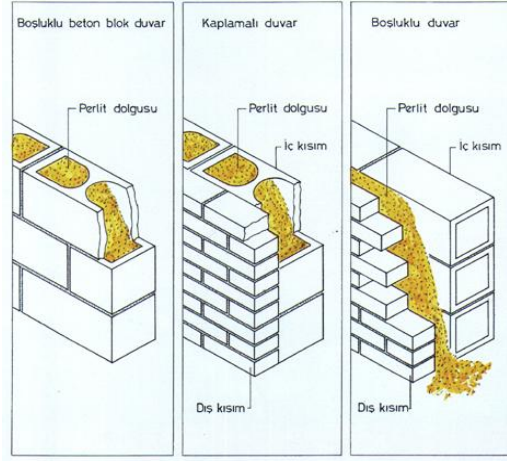
2.9.6. Perlitin kullanım alanları

Perlitin olumlu fiziksel ve kimyasal karakteristiğinden dolayı geliştirilmiş perlit, çeşitli uygulamalarda çeşitli kullanım alanları bulmuştur. Yapı endüstrisinde düşük ağırlıklı kum olarak, bahçecilikte nem kontrolü, tekstil endüstrisinde ağartma ajanları, kimya endüstrisinde emici madde olarak, filtreleme işlemlerinde filtre maddesi olarak ve çeşitli dolgu proseslerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Günümüzde üretilen perlitin yaklaşık % 65'i yapı endüstrisinde kullanılmaktadır. Perlitin hafiflik, ısı izolasyonu ve ses izolasyonu özellikleri onu beton üretiminde hafif kum olarak yaygın kullanılmasına neden olmaktadır. Genleştirilmiş perlit oluklu kiremitlerde veya beton plakalarda katkı maddesi olarak kullanılması ile izolasyon yapılması amaçlanabilmektedir (Bektaş ve ark. 2004). Ayrıca perlit kimyasal inertlik, yanma direnci ve yüksek ses emicilik özelliği göstermektedir. Akustik amaçlı olarak çoğunlukla püskürtme formunda boya ve sıvada kullanılmaktadır. Genleştirilmiş perlit çok iyi ısı izolasyon sağlamaktadır. Fakat bu özelliği 900 °C ile sınırlıdır. Bu sıcaklığın üzerindeki ısılarda izolasyon özelliği maddenin ergime sıcaklığı olduğundan dolayı önemli derecede düşmektedir. Boya, diş minesini, glaze, plastik, reçine ve lastiklerde dolgu maddesi olarak kullanılırken bunların yanı sıra kimyasal reaksiyonlarda katalizör ve aşındırıcı madde olarak kullanılabilir (Pichor ve Janiec 2008).

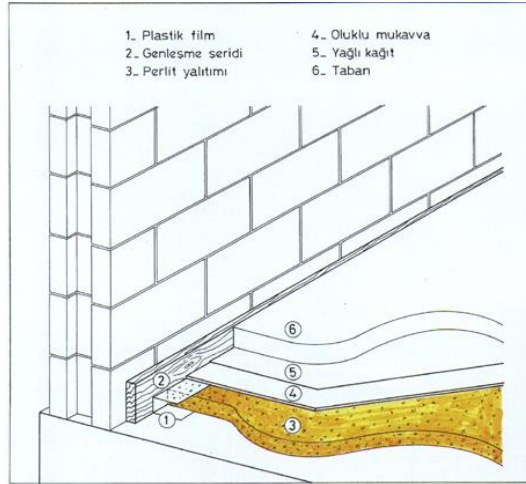
2.9.6.1. Yapı endüstrisinde perlit kullanımı

Isı ve ses yalıtımında kullanılan en ideal malzemedir. Hafif ve yüksek yalıtım özelliği olan beton üretiminde kullanılan malzemelerin en hafifi olup ısı ve yangına karşı en dayanıklı olan malzemedir. Organik yapısı olmadığı için ömrü sonsuzdur.

Perlit harcı ile yapılan iç sıvaların yapılarda sağladığı ısı geçirme katsayısı, normal sıvalı binalara göre % 50 daha düşüktür. Perlitin bu özelliği, yapının projelendirilmesine göre, yıllık yakıt masrafının % 60'ına kadar tasarruf sağlamaktadır. Sıcak iklimlerde ısıya karşı etkili bir yalıtım elde edileceğinden konforlu bir yaşam sağlamaktadır. Yapılarda izolasyona yönelik uygulama örnekleri Şekil 2.35 ve Şekil 2.36'da verilmektedir. (<http://ihtilalgunduz.com/index.php>, 2011).



Şekil 2.35. Duvar gevşek dolgu uygulaması



Şekil 2.36. Yer gevşek dolgu uygulaması

Perlit akustik sıvalarda da başarıyla kullanılmaktadır. perlitli sıvanın sesi yutma özelliği bulunmaktadır. Perlitin kullanıldığı yapılarda ölü yükler en düşük seviyeye indirilir ve yapılarda hafiflik sağlanmaktadır. Bu da yapının daha ucuza mal olmasını ve mimari özelliklerine daha kolay uymasını sağlamaktadır. Çimento ve demir kullanımını % 10 azaltmaktadır.

Perlit ile yalıtılmış binalarda yangının taşıyıcı elemanlardaki yıkıcı etkisi, yapının mimari özelliği bozulmadan şartnamelerin öngördüğü süre kadar geciktirmektedir. Yapılarda yangına karşı etkili rol oynamaktadır.

2.9.6.2. Endüstride perlit

Kimyasal olarak nötr oluşu nedeniyle gıda, ilaç ve diğer kimyasal maddelerin üretiminde süzme yardımcı maddesi olarak kullanılmaktadır. Sanayide, yüksek sıcaklıklara dayanımı nedeniyle (+1050 °C) fırın izolasyonlarında, düşük sıcaklıklarda (-270 °C) sıvılaştırılmış bütün gazların sıvılaştırma sıcaklığının muhafazası için kullanılmaktadır. Perlit döküm kumuna katkı maddesi olarak kullanılır. Demir-çelik dökümlerinde döküm kumuna hacimce % 8-12, diğer malzemelerin dökümünde ise % 20-30 oranında katılmaktadır (Şekil 2.37.).



Şekil 2.37. Döküm sanayisinde perlit

2.9.6.3. Tarımda perlit

Gözeneklilik, inorganik, çözünebilir iyonların az olması ve nötr (pH 6,5-7,5) olması nedeniyle tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dünyada perlit, seracılık, süs bitkileri, fide, sebze yetiştiriciliğinde, kesme çiçek üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 2.38.). Perlit kullanımı ile üreticiler kaliteli, hızlı ve fire oranı düşük üretim yaparak ekonomik yönden fayda sağlamaları yanında, son tüketicinin de kaliteli ve uzun süre yaşayan ürünler satın alması sağlamaktadır. Hollanda ve bu alanda gelişmiş ülkelerde, tamamen perlit kullanılarak oluşturulmuş yetiştirme ortamlarında üretim yapılmaktadır. Türkiye'de de bu şekilde üretim yapan firmalar mevcuttur. Perlit kullanılarak hazırlanmış harçların veya tamamen perlit kullanılarak oluşturulmuş yetiştirme ortamlarının sağladığı avantajlardan tarımda çok yaygın bir şekilde faydalanılmaktadır (www.tasper.com.tr 2008).



Şekil 2.38. Tarımda perlit kullanımı

2.9.6.4. Tekstilde perlit

Tekstil alanında perlit sadece denim kumaşların yıkanmasında, denim kumaşların efektlendirilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 2.39.). Denim kumaşlara perlit yıkama banyosunda verilerek kumaşın taşlanması sağlamaktadır. Perlitin yoğunluğunun düşük olması ve fazla su emme kabiliyetinin bulunması yıkamanın sorunsuz olmasını sağlamaktadır. Yıkama sırasında perlit bünyesindeki boşluklara su emerek yoğunluğunu

artırmaktadır ve taşlanma efektinin düzgün olmasını sağlamaktadır. Yıkamanın ardından yıkama suyunun değiştirilmesi sırasında perlit kolaylıkla makineden uzaklaştırılabilmektedir. Makine içerisinde herhangi bir soruna neden olmamaktadır. Perlit tekstilde yıkama işleminde diğer benzer ürünlere göre aşağıdaki avantajlara sahiptir (Akcam 2006).

- Suda çözünmez.
- Nötr malzeme olduğu için asit veya baz özellik göstermez.
- Steril malzemedir, sağlık açısından zararlı değildir. Ortama koku vermez.
- Uygulanan ürünü aşındırmaz.
- Makinede tıkanma yapmaz.
- Hafif malzeme olduğu için kullanımı kolaydır
- Birlikte kullanıldığı diğer sıvı veya toz kimyasallarla tepkimeye girmez, özelliklerini değiştirmez.



Şekil 2.39. Tekstilde perlit kullanımı

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Perlit

Çalışmada kullanılan genişmiş perlit toz malzemesi Genper firmasının (İstanbul) üretmiş olduğu ticari ürünler içerisinde seçilerek temin edilmiştir. Seçilmiş olan malzeme, iplik üretiminde katkı maddesi olarak kullanılması planlanan nano partikül eldesini sağlayabilecek şekilde mikronize genişmiş perlit olarak belirlenmiştir. Mikronize perlit malzemelerinden, en küçük boyuta sahip olduğu için “Perfil 0” ticari ürünü tercih edilmiştir. Malzemenin kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Mikronize perlitin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Yoğunluğu	Gevşek yoğunluk 65-100 kg/m ³ Sıkıştırılmış yoğunluk 125-140 kg/m ³
Tane çapı	35-150 mikron arasında
Gözeneklilik	% 85
pH	4 – 9
Ergime noktası	1270-1295 °C
Kimyasal bileşimi	SiO ₂ % 74,00; Al ₂ O ₃ % 14,33 K ₂ O % 4,95 MgO % 0,28 CaO % 0,50 Fe ₂ O ₃ % 0,97
Nem	% 0,1
Renk	Beyaz
Değişebilir katyonlar	meg/100 gr Na ⁺ 2,31-2,37 K ⁺ 0,32-0,42 Ca ⁺ 2,96-3,20 Mg ⁺ 0,20-0,21
Ambalaj	20 kg lamineli baskılı çuvallarda

3.1.2. PET Cipsleri

Çalışmada kullanılan PET cipsleri Korteks A.Ş. (Bursa) firmasının polietilen teraftalat polimerinden ticari olarak ürettiği ürünler arasından seçilerek temin edilmiştir. Çalışma sonunda sadece perlit katkısının etkisini görebilmek amacıyla, titanyum dioksit katkısız, parlak, kuru cipsler kullanılmıştır. Kuru PET cipslerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. PET cipsinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz	Ortalama değer ve tolerans
İntrinsik viskozitesi	0,645 ± 0,01 dl/gr
Karboksil uç grupları	Max. 35 mmol / kg
Dietilen glikol	0,95 ± 0,15 % Ağırlık
Kül	0,30 ± 0,03 % Ağırlık
Erime noktası	261 ± 2,0 °C
Nem	40 ppm (% 0,004)
Yoğunluk	1,35 g/cm ³

3.1.3. PBT Cipsleri

Çalışmada kullanılan PBT cipsleri Korteks A.Ş. firmasının Jiangsu Co., LTD firmasından ithal ettiği ürünler arasından seçilerek temin edilmiştir. Çalışma sonunda sadece perlit katkısının etkisini görebilmek amacıyla, herhangi bir katkı maddesi içermeyen PBT cipsleri tercih edilmiştir. PBT cipsleri, perlit malzemesinin PET polimerine enjekte edilmesi için masterbatch aşamasında taşıyıcı polimer olarak kullanılmıştır. PBT cipslerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.3. PBT cipsinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz	Ortalama değer ve tolerans
Fiziksel durum	Katı
Rengi	Beyaz
Bozulma sıcaklığı	> 300 °C
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı	> 420 °C
Yoğunluğu	1,3 - 1,4 gr/cm ³
Alevlenme noktası	> 355 °C
Nem	40 ppm (% 0,004)

3.2. Yöntem

3.2.1. Perlit malzemesinin öğütülmesi

Eriyik çekim yöntemi ile nano partikül içeren poliester iplik üretimi için, piyasada mikron boyutlarında bulunan perlitin tane boyutunun nano boyutlara düşürülmesi çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Genper firmasından temin edilen Perfil 0 mikronize perlitin öğütülmesi, Union Proces INC (Amerika) firmasının geliştirmiş olduğu 1-SDM Model (Şekil 3.1.) laboratuvar tipi atritörde Çizelge 3.4’de belirtilen şartlar altında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. 1-SDM Model laboratuvar tipi atritör

Union Proses INC firmasında yapılan ön denemelerin sonuçları dikkate alınarak mikronize perlitin öğütme işlemi yaş (sulu) ortamda gerçekleştirilmiştir. Perlit malzemesinin efektif olarak öğütülmesi yaş ortamda sağlanabilmektedir ve kuru öğütmeye göre çok daha iyi sonuçlar vermektedir.

Çizelge 3.4. Perlit yaş öğütme işleminin gerçekleştirildiği atritör parametreleri

Çalışma hızı	1000 dev/dk
Çalışma ortamı	Su banyosu
Isıtma	Yok
Karıştırıcı bilya malzemesi	Zirkonyum oksit
Karıştırıcı bilya boyutu	0,4-0,6 mm
Çalışma süresi	16 saat

3.2.2. Perlit malzemesinin karakterizasyonu

Yapılan çalışmalarda piyasada mevcut en küçük boyutu 10-15 mikron olan mikronize perlit malzemesi, öğütme işlemleri ile nano boyutlara indirilmiştir. Elde edilen nano partiküllü perlit malzemesi hali hazırda ticari amaçlı kullanılmamaktadır. Bu nedenle tane boyutu mikron altı seviyeye düşürülmüş perlit malzemesinin karakterizasyonuna yönelik herhangi bir inceleme bulunmamaktadır. Boyutu nano seviyelere kadar indirilen malzemede meydana gelen fiziksel ve termal özelliklerindeki değişikliklerin tespit edilebilmesi için malzeme yeniden karakterize edilmiştir. Bu amaçla çeşitli test ve analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1 Boyut analizi

Öğütme işleminden önce ve sonra perlit malzemesinin tane boyutlarının tespiti Microtrac S3000 Partikül Analiz cihazında (Şekil 3.2.) Union Proses INC firmasında tarafından gerçekleştirilmiştir. Perlit malzemesinin mikron boyutlardan nano boyutlara indirilmesi sonrası malzemede aglomerasyon meydana gelmektedir. Bu nedenle malzemenin partikül boyutunun tam olarak belirlenebilmesi için öğütme öncesi ve sonrası yapılan boyut analizleri sıvı ortamda ve öncesinde ultrasonik karıştırma uygulanarak yapılmıştır.



Şekil 3.2. Microtrac S3000 partikül boyut analiz cihazı

3.2.2.2. Fourier transform infrared (FTIR) analizi

Öğütme sonucunda perlitin yapısında meydana gelmiş değişimlerin incelenmesi ve nem çekme özelliğinin ortaya konulması için, Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde bulunan Perkin Elmer Spektrum 100 cihazında (Şekil 3.3.) FTIR spektroskopisi yöntemiyle Infrared (IR) spektrumları alınmıştır.



Şekil 3.3. Perkin Elmer spektrum 100 cihazı

3.2.2.3. Gözenek boyut dağılımı analizi

Ticari olarak bulunan mikronize perlitin öğütme işlemi ile karakterinde var olan gözeneklilik özelliğindeki değişiminin belirlenmesi için, öğütülmemiş ve öğütülmüş perlite gözenek boyut dağılımı analizleri yapılmıştır. Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünde, Quantachrome Nova 2200E cihazında (Şekil 3.4.) DFT yöntemiyle yapılan gözenek boyut dağılımı analizinde, toplam gözenek hacmi ve gözenek boyutu verileri elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Quantachrome Nova 2200E cihazı

3.2.2.4. Taramalı elektron mikroskop (SEM) analizi

SEM analizi ile toz numunelerin ve kütle malzemelerinin metalografik tekniklerle parlatılmış yüzey ve kesitlerinin veya kırık yüzeylerinin nanometre boyutuna kadar mikro yapısal ve morfolojik karakterizasyonu yapılabilmektedir. Bu çalışmada, poliester ipliğın içerisine katkı malzemesi olarak yerleştirilecek olan perlitin boyutları önem arz etmektedir. Poliester ipliğın üretiminden önce boyutlarının ve gözenekli yapılarının daha iyi anlaşılması için, hem öğütülmemiş hem de öğütülmüş perlit tozlarının SEM ile fotoğrafları çekilmiş ve analizleri yapılmıştır. Çalışmalar Tübitak-MAM labotuarında bulunan JEOL 840 ve Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliğı Bölümünde bulunan JSM JEOL 6060 model SEM cihazlarında yaptırılmıştır.

3.2.2.5. Yüzey alanı ölçümü

Perlit malzemesinde öğütme işleminin etkisini görmek amacıyla hem öğütülmemiş hem de öğütülmüş perlit malzemesinde spesifik yüzey alanı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey alanı, katı yüzeyinin bir molekül kalınlığında emilen bir madde ile kaplanması durumunda, emilen maddenin toplam kesit alanı olarak tanımlanmaktadır ve m^2/gr birimi ile verilmektedir. Katıların spesifik yüzey alanlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntem BET (Brunauer, Emmett ve Teller) yöntemidir. Spesifik yüzey alanı ölçümü Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümündeki Quantachrome Nova 2200E cihazında (bkz. Şekil 3.4.) BET azot (N_2) emilimi tekniği kullanılarak yaptırılmıştır.

3.2.2.6. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi

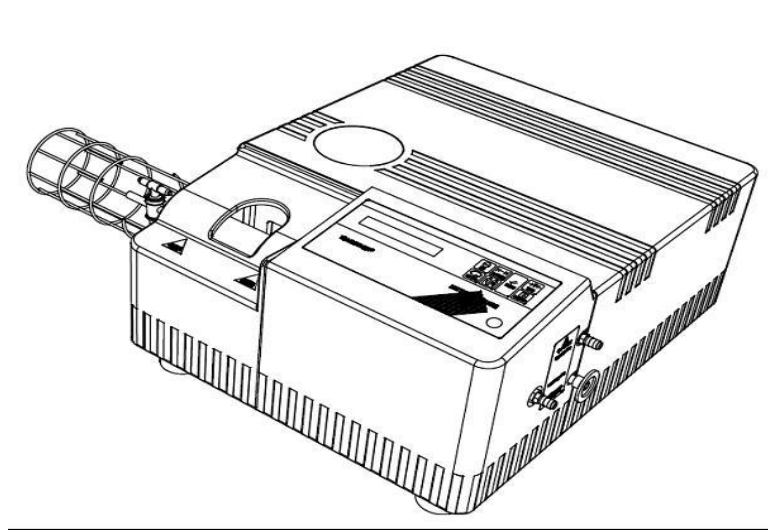
DSC, malzemelerin mezomorfik özelliklerinin tespit edilmesi için kullanılan termal analiz yöntemidir. Öğütülmemiş ve öğütülmüş toz perlit malzemelerinin fazlar arasındaki geçiş sıcaklıklarında bir farklılık olup olmadığının tespiti için Korteks firmasında bulunan Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazında (Şekil 3.5.) ISO 11357-7 standardı kullanılarak DSC termogramları elde edilmiştir.



Şekil 3.5. Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazı

3.2.2.7. Termogravimetrik analiz (TGA)

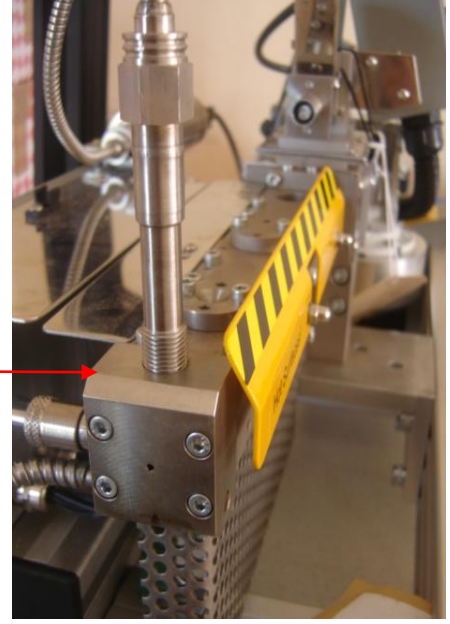
TGA, malzemede sıcaklığa bağı olarak meydana gelecek ağırlık değişikliklerini tanımlamada kullanılan bir test biçimidir. Test sonunda, sıcaklık ile malzemede meydana gelen ağırlık kaybını gösteren eğri ve malzemeden geriye kalan kalıntı yüzdesi elde edilir. Öğütölmüş ve öğütölmemiş perlit tozları için gerçekleştirilen TGA çalışması, Korteks firmasında bulunan Mettler Toledo Stare System TGA/SDTA 851e cihazında (Şekil 3.6.) ISO 11358 standardı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3.6. Mettler Toledo Stare System TGA/SDTA 851e cihazı

3.2.3. Masterbatch üretimi

Poliester iplik yapısına katılması planlanan toz perlitin polimer içerisindeki dağılımının homojen olmasını sağlamak amacıyla, perlit malzemesi masterbatch yöntemi ile katı granüller haline getirilmiştir. 200 gr perlit tozu kullanılarak küçük çaplı masterbatch üretimi gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı polimer olarak polibutilen tereftalat (PBT) kullanılmıştır. İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan çift vidalı, Rondol laboratuvar tipi ekstrüder kullanılarak (Şekil 3.7.), % 25 oranında öğütölmüş perlit tozu ve % 75 oranında PBT polimeri içeren masterbatch granülleri elde edilmiştir. Masterbatch granülü üretimi 230 °C sıcaklıkta, 11-12 bar kafa basıncı ve 35 dev/dk vida devir hızı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Rondol laboratuar tipi masterbatch makinesi

3.2.4. Masterbatch karakterizasyonu

Öğütülmüş perlit katkılı PBT masterbatch granüllerinin karakterizasyonuna yönelik SEM görüntüleri alınmış ve DSC, TGA ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1. Taramalı elektron mikroskop (SEM) analizi

Üretilen % 25 perlit dolgulu masterbatch granüllerinden kesit alınarak, Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde Carl Zeiss Evo 40 model SEM cihazında incelenmesi yapılmıştır. Elde edilen görüntüler ile masterbatch granülleri içerisindeki perlit tozlarının varlığı, boyutları ve dağılımı saptanmaya çalışılmıştır.

3.2.4.2. DSC analizi

Üretilmiş olan perlit dolgulu PBT masterbatch granülleri ile kıyaslanmak üzere aynı şartlarda saf PBT polimerinden oluşan masterbatch granülleri elde edilmiştir. Her iki malzeme için Korteks firmasındaki Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazında (bkz. Şekil 3.5.) ISO 11357-7 standardı kullanılarak DSC termogramları alınmıştır.

3.2.4.3. Termogravimetrik analiz (TGA)

% 25 perlit dolgulu ve saf PBT polimeri içeren masterbatch granülleri için gerçekleştirilen TGA çalışması Korteks firmasında bulunan Mettler Toledo Stare System TGA/SDTA 851e cihazında (bkz. Şekil 3.6.) ISO 11358 standardı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.5. Poliester iplik üretimi

Bu aşamada, masterbatch haline getirilmiş perlit malzemesi, PET polimeri ile karıştırılarak perlit içeren poliester ipliği üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla % 25 perlit içeren masterbatch granülleri ekstrüderde % 5 oranında dozajlanarak PET cipsleri ile karıştırılmış ve iplik çekimi gerçekleştirilmiştir. Böylece; % 1,25 oranında perlit içeren poliester iplik elde edilmesi hedeflenmiştir. Poliester iplik üretimi için Korteks A.Ş.'de bulunan Spinboy II-CC iplik çekim ünitesi (Şekil 3.8.) kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Spinboy II-CC iplik çekim ünitesi

Spinboy iplik çekim ünitesinde, trilobal kesitli düze sistemi kullanılarak, 300 denye 96 filamentli, süper parlak, FDY poliester iplik elde edilmiştir. Perlit malzemesi içeren ve referans iplik olmak üzere perlit malzemesi içermeyen (aynı parametrelerle üretilmiş) iki adet kısa metrajlı PET iplik bobini elde edilmiştir. Spinboy iplik çekim ünitesinin üretim parametreleri Çizelge 3.5’de verilmektedir.

Çizelge 3.5. Poliester iplik üretim parametreleri

Parametreler	Değerler
İplik sarım hızı	3450 m/dk
Extruder dönüş hızı	88 rpm
Extruder basıncı	100 bar
Filtre basıncı	42 bar
Düze delik şekli	Trilobal
Düze delik çapı	20 Mikron
Çekim oranı	~ 1,6
Galet sıcaklıkları 1.Galet 2.Galet 3.Galet	~ 80 °C ~ 80 °C ~ 130 °C

3.2.6. İpliklere uygulanan testler

3.2.6.1. Fiziksel testler

Perlit içeren ve referans poliester ipliğine, Korteks firması laboratuvarlarında çeşitli fiziksel iplik testleri uygulanmıştır. Yapılan testlerin standartları ve cihaz bilgileri Çizelge 3.6’da verilmektedir.

Çizelge 3.6. Üretilmiş ipliklere uygulanan standart iplik testleri

	Kullanılan metot / Cihaz	Kullanılan standart
İplik numarası tayini	Skein Metot / İplik çıkırığı	DIN EN ISO 2060
Düzensizlik tayini	Half-inert % (Korteks Metot) / Uster	-----
Kopma uzaması tayini	Statimat / Statimat	DIN EN ISO 2062
Kopma mukavemeti tayini	Statimat / Statimat	DIN EN ISO 2062
Yağ oranı	N.M.R. Method / Oxford	-----

Uster cihazında (Şekil 3.9.), Half-inert Korteks Metot kullanılarak referans ve perlit katkılı ipliğin düzgünsüzlük değerleri belirlenmiştir. Bu metot ile iplikteki ince ve kalın bölgeler belirlenerek ipliğin düzgünsüzlük değeri belirlenmektedir.



Şekil 3.9. Uster Cihazı

İpliğe kuvvet uygulanması ile koptuğu anda, ilk boyuna göre yüzdesel olarak elde edilen uzama değeri, ipliğin kopma uzaması değerini vermektedir. Statimat test cihazında (Şekil 3.10.) Statimat metodu kullanılarak DIN EN ISO 2062 (2010) test standardı uygulanarak elde edilen değer kopma uzaması değerini vermektedir.

İpliğe kuvvet uygulanarak koptuğu anda elde edilen değer ipliğin mukavemetini vermektedir. Statimat test cihazında Statimat metodu kullanılarak, DIN EN ISO 2062 (2010) test standardı uygulanarak elde edilen değer mukavemet değerini vermektedir.



Şekil 3.10. Statimat Kopma-uzama tayini cihazı

Yağ oranı, üretim sonrası iplik üzerindeki spinfoinish yağının tespit edilmesidir (Şekil 3.11.). N.M.R. Metodu kullanılarak Oxford test cihazında poliester ipliğin yağ oranı belirlenmektedir.



Şekil 3.11. Yağ oranı ölçüm cihazı

3.2.6.2. Mikroskop çalışmaları

Perlit katkılı poliester ipliğe ait enine kesit ve uzunlamasına görüntüleri, Korteks firmasındaki Projectina Video Mikroskopunda elde edilmiştir.

3.2.6.3. DSC analizi

Spinboy iplik üretim makinesinde aynı şartlar altında üretilmiş olan perlit katkı ve referans poliester ipliklerine DSC analizleri, Korteks firmasında bulunan Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazında (bkz. Şekil 3.5.) ISO 11357-7 standardı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.6.4. TGA analizi

Perlit katkı ve referans poliester ipliğine TGA analizi, Korteks firmasındaki Mettler Toledo Stare System TGA/SDTA 851e cihazında (bkz. Şekil 3.6.) ISO 11358 standardı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.7. Kumaş üretimi

Bu aşamada, eriyik çekim yöntemi ile elde edilen perlit katkı ve referans poliester iplikler kullanılarak aynı parametrede iki farklı dokuma kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen perlitli iplik miktarı yeterli olmadığı için, iplikler kumaş üretiminde sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Çözümlü ipliği olarak kullanılmak üzere Korteks firmasından 70 denye 48 filamentli trilobal kesitli FDY poliester ipliği temin edilmiştir.

Kumaş üretimi esnasında iplik kopuşların engellenmesi için, atkı ipliklerine 75 tur/m, çözgü ipliklerine ise 660 tur/m büküm verilmiştir. İplik büküm işlemleri Adoksan Tekstil firmasının iplik büküm ünitesinde bulunan Mispa Büküm Makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Mispa büküm makinesi

Kumaş üretimi Adoksan Tekstil firmasındaki Dornier dokuma makinesi ve Staubli jakar makinesinden oluşan jakarlı dokuma ünitesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Dornier jakarlı dokuma makinesi

Perlit katkıli ipliklerin kumaş yapısında, çözgü ipliklerine göre daha fazla kullanımını sağlamak için kumaş örgüsü 5'li atkı sateni tercih edilmiştir. Kumaş örgü yapısının belirlenmesinde i Üretilen kumaşlara ait üretim ve yapı parametreleri Çizelge 3.7'de verilmektedir.

Çizelge 3.7. Kumaş üretim ve yapısal parametreleri

	Perlit Katkıli Kumaş	Referans Kumaş
Atkı ipliği	300 Den / 96 FDY Perlit katkıli iplik	300 Den / 96 FDY Referans iplik
Çözgü ipliği	70 Den / 48 FDY Ticari iplik	70 Den / 48 FDY Ticari iplik
Kumaş eni	140 cm	140 cm
Makine çalışma hızı	400 dev/dk	400 dev/dk
Tarak sıklığı	16,5 diş /cm	16,5 diş /cm
Atkı sıklığı	30 adet/cm	30 adet/cm
Çözgü sıklığı	99 adet/cm	99 adet/cm
Gramaj	194,64 gr/m ²	194,64 gr/m ²
Kumaş örgü yapısı	5'li atkı sateni	5'li atkı sateni

Kumaş üretiminin ardından Adoksan Tekstil firmasındaki Brückner Ram makinesi kullanılarak (Şekil 3.14.) 100 °C sıcaklıkta, kumaş eni 142 cm olarak fikse edilmiştir.



Şekil 3.14. Brückner ram makinesi

3.2.8. Kumaşlara uygulanan testler

3.2.8.1. Güç tutuşurluk testi

Üretilmiş olan perlit katkılı ve referans kumaş numunelerine güç tutuşurluk testleri, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezinde yaptırılmıştır. Testler BS 5438:1976 standardına göre Atlas Shirley test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.15.). Test beş tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Güç tutuşurluk test sonuçları delik boyutlarına veya yanma süresine göre değerlendirilmektedir. Referans kumaş ve perlit katkılı kumaşta yanma gerçekleşmediğinden sadece delik boyutları değerlendirilmiş ve yanma alanı hesaplanmıştır.

Deney öncesinde; genişlik 170 mm, yükseklik 670 mm olacak şekilde atkı ve çözümlü yönünde numuneler hazırlanmıştır. Numuneler deney düzeneğinde yer alan dikdörtgen metal çerçeveye yerleştirilmiştir. Deney numunesi, deney düzeneğindeki tutucu iğnelere, dikdörtgen metal çerçeveden en az 20 mm mesafede olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Atlas shirley güç tutuşurluk test cihazı

Alev beki düşey konumda desteklenerek, yerleştirilir. Bek yakılır ve en az 2'dk süreyle ön ısıtma yapılır. Bek yatay bekleme konumuna getirilir ve alevin yataydaki mesafesi, bek stabilizatörünün ucundan alevin sarı renkli bölümünün en ileri noktasına kadar ölçülen mesafe olarak $25 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ 'ye ayarlanır.

Yeni deney numunesinin ilk seti tutucuya takılır. İşaret iplikleri, numuneye göre göreceli konumları korunmak ve yeterli gerilme uygulanmak suretiyle Şekil 3.16'da ki gibi yerleştirilir. 10 saniye süreyle deney alevi uygulanır. Bütün deney numunelerinin aynı yüzü alev uygulanmak suretiyle test tamamlanır.



Şekil 3.16. Test cihazına yerleştirilmiş test numunesi

Standarda göre kumaş yanarken ipliklerin kopma sürelerine göre değerlendirme yapılmaktadır. Fakat çalışmada kullanılan numunelerde tutuşma olmadığı için numunelerin yanan yüzeyinin alanı belirlenerek yanan kısmın en ve boy ölçüleri kaydedilip yanma alanı hesaplanmıştır.

Burada yanan kısmın alanı belirlenirken Formül 3.1. kullanılmaktadır (Kalın 2008).

$$A = a \times b \quad (3.1)$$

A : Yanan yüzey alanı,
a : Yanan yüzey genişliği,
b : Yanan yüzey yüksekliği

Yanma oranı belirlenirken Formül 3.2. kullanılmaktadır.

$$\% Y = (A / 1139) \times 100 \quad (3.2)$$

Y : Yanma oranı yani yanan yüzeyin alanının tüm alana (1139 cm²'ye oranı),
A : Yanan yüzey alanı,

3.2.8.2. Isı iletkenliği testi

Üretilmiş kumaşlar için ısı iletkenliği testleri, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezinde Alambeta test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.17.). Alambeta test cihazında ölçüm kararlı ve geçici durumda hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Kumaşın alt ve üst yüzeyi arasında meydana ısı akısı sonucunda oluşan sıcaklık farkı ölçülmektedir. Isı iletkenliği, ısı emilimi, ısı direnci ve kumaş kalınlığı 200 Pa basınç altında belirlenmektedir. Test her iki numuneye üç tekrarlı olarak uygulanmıştır.

Isı iletkenliği; bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir. Alambeta cihazı Çek Cumhuriyeti'nde Luboš Hes tarafından termal absorpsiyonun ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Cihaz genel olarak bir ölçüm kafası ile numunenin üzerine yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Ölçüm başladığı anda, ısı akış sensörünü içeren ölçüm kafası aşağıya düşer ve alt plakaya düzlemsel bir şekilde yerleştirilen numuneye dokunur. Bu sırada numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihazın bilgisayarı ısı akış değerlerini kaydeder. Temas yolu ile ısı iletimi yapılarak ölçüm gerçekleştirilir. Aynı zamanda bir fotoelektrik sensör numune kalınlığını ölçer.

Termal iletkenlik ya da ısı iletkenlik, sürekli rejim şartları (kararlı hal koşulları) altında ve ısı transferi sadece sıcaklık farkına bağlı olduğunda, materyalin birim kalınlığından birim yüzey alanına transfer edilen ısı miktarıdır. Termal iletkenlik katsayısı Formül 3.3. kullanılarak hesaplanır (Güney ve Üçgöl 2009)

$$k = Q/(A \cdot \Delta t/h) \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1} \quad (3.3.)$$

k : Termal iletkenlik katsayısı,

Δt : Sıcaklık farkı,

Q : Isı transferi,

A : Alan,

h : Materyal kalınlığı (mm) dir

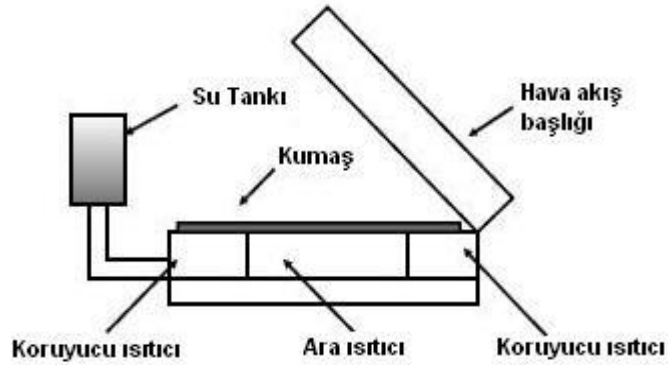


Şekil 3.19. Alambeta Test cihazı

3.2.8.3. Su buharı direnci testi

Üretilen kumaşlar için su buharı direnci testleri, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezinde TS EN ISO 31092 standardına göre terleyen korumalı sıcak plaka metodu (Şekil 3.20.) kullanılarak Sweating Guarded Hotplate test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.21.). Su buharı direnci testi geliştirilmiş olan kumaşa üç tekrarlı, referans kumaşa daha stabil olmasından dolayı iki tekrarlı olarak uygulanmıştır.

Su buharı direnci, bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki su buharı basınç farkının, basınç değişimi yönünde birim alandaki buharlaşmasının ısı akışına oranıdır. Birimi m^2Pa/W 'tır. Buharlaşma ısı akışı difüzyon ve taşınım bileşenlerinin birinin veya her ikisinin birlikte etkisiyle meydana gelebilir.



Şekil 3.20. Terleyen korumalı sıcak plaka (Uğur ve Sivri 2008)



Şekil 3.21. Sweating guarded hotplate test cihazı

Korumalı sıcak plaka vücut sıcaklığına ısıtılmakta ve daha sonra ısıtılmış plakanın yüzeyinden buharlaşmış dış ortama kumaş yoluyla difüze edilen su buharına karşı konulan direnç ölçülmektedir. Plakanın test alanı $25,4 \times 25,4 \text{ cm}^2$ lik bir alanı kapsamakla birlikte koruma alanını da dahil ettiğimizde bu alan $50,8 \times 50,8 \text{ cm}^2$ ye ulaşmaktadır. Isıtılmış bloğun üst tabakası gözeneklidir ve alt tabakanın üst yüzeyi suyun gözenekli tabakaya beslenebileceği kanallar içermektedir. Plakanın altı ve kenarları yalnızca plakanın üst seviyesinden ısı kaybına izin veren ısıtılmış bir muhafaza ile çevrelenmiştir. Test sırasında plaka sıcaklığı $35 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ de sabit

tutulurken, aparat 20 °C ve % 40 bağıl nemdeki atmosfer şartları içerisinde kullanılır. Bu yüzden kuru ısı kaybı için bir sıcaklık değişkeni söz konusu değildir. Plaka üzerine yerleştirilen test numunesinin ıslanmaması için bir PTFE sıvı bariyer tabakası kullanılarak, sadece su buharının test numunesiyle temas halinde bulunması sağlanır. Sistem belirtilen toleranslar dahilinde ideal sıcaklık dengesinde 1 saat bekletilir ve 5 dakika boyunca ölçüm verileri bilgisayar yoluyla ölçülür ve 3 farklı numune ile bu işlemler tekrarlanır. Su buharı transferinin toplam ısı direnci Formül 3.4. kullanılarak hesaplanmaktadır (Uğur ve Sivri 2008).

$$R_{e,t} = (P_s - P_a)A / H \quad (3.4.)$$

Re,t: Kumaş sistemi ve hava tabakası tarafından sağlanan buhar ısı transferinin toplam ısı direnci ($m^2Pa W^{-1}$)

A: Plaka test bölgesi alanı (m^2)

Ps: Plaka yüzeyindeki su buharı basıncı (Pa)

Pa: Havadaki su buharı basıncı (Pa)

H : güç girdisi (W)

3.2.8.4. Antibakteriyellik ölçümü

Üretilen kumaşlar için uygulanan antibakteriyellik ölçümü, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Test referans kumaşa ve perlit katkı kumaşa uygulanmıştır. Testin kontrollerinin yapılması için 100 ml distile edilmiş saf su hazırlanmıştır. Aynı şekilde referans kumaş ve perlit katkı kumaş için 100 ml çözelti hazırlanmıştır. Referans kumaş ve perlit katkı kumaş için hazırlanmış çözeltilerde $1-1,5 \times 10^8$ adet bakteri üretimi gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar ' 0 ' temas süresinde çözeltilerin içerisine sokularak çıkartılmıştır ve 24 saat 37 °C'de bekletilerek bakteri sayımları yapılmıştır. Test sonunda yapılan bakteri sayımı ile, yüzdesel olarak ölen bakteri sayısı miktarı belirlenir.

Antibakteriyellik testinde, gram negatif cinsi olarak *Escherichia coli* (*E.coli*), gram pozitif cinsi olarak *Stafilokok aureus* (*S.aureus*) bakteri kültürleri kullanılmıştır. E.coli bakterileri memeli hayvanların kalın bağırsağında yaşayan faydalı bakteri türlerinden biridir. İnsanın bir günde dışkı yoluyla vücudundan geçen *E.coli* bakteri sayısı 100 milyar ila 10 trilyon arasındadır. Bundan dolayı insan yaşam ortamında görülen en

yaygın bakteri türüdür. *E.coli* gram negatif bir bakteri olduğundan endospor oluşturmaz, pastörizasyon veya kaynatma ile ölür. Memeli hayvanların bağırsaklarında büyümeye adapte olmuş olduğu için en iyi vücut sıcaklığında çoğalırlar. (http://tr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli 2011). *S.aureus* bakteri türleri, insanlarda ve hayvanlarda çeşitli hastalıklara yol açabilen bir bakteridir. Üremeleri esnasında birbirinden ayrılmayarak üzüm salkımına benzeyen, düzensiz kümeler oluşturmalarından dolayı bu isim ile adlandırılmıştır. Genel olarak bu tip bakteriler yuvarlak 0,5 – 1,5 mikrometre çapında, hareketsiz, çoğu kez düzensiz, tek tek, ikili veya dördü gruplar halinde görülen gram pozitif bakterilerdir. Aerob üremeyi tercih ederler ancak gerektiğinde anaerob da üreme yapabilmektedir. Endospor oluşturmazlar, hareketsizdir ve kapsülleri yoktur. Hücre çeperleri özellikle peptidoglikan ve teikoik asit tabakasından oluşur. *Stafilokok'ların* çoğu sıcak kanlı hayvanların derisinde ve mukozalarında barınabilirler. Doğada oldukça yaygındırlar ve tozda, toprakta, nesnelere üzerinde kısacası her yerde bulunmaktadır. Büyük bir bölümü hastalığa neden olmaktadır. Genellikle besin zehirlenmesine neden olmaktadır. Kanlı besiyerde daha iyi çoğalırlar. En uygun üreme ortamı 37 °C derecede, ph 7.4'dur. Diğer bakterilerin çoğu 60 °C'de yarım saat içinde ölmelerine rağmen, *stafilokoklar* bir saat sonra bile canlı kalabilmektedir. Dezenfektanlara karşı dayanıksızdır. Endospor yapıları olmadığı için kuru ortamlarda ve çok tuzlu çözeltilerde bile dayanıklıdırlar. (<http://www.itusozluk.com/goster.php/staphylococcus+aureus> 2011).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

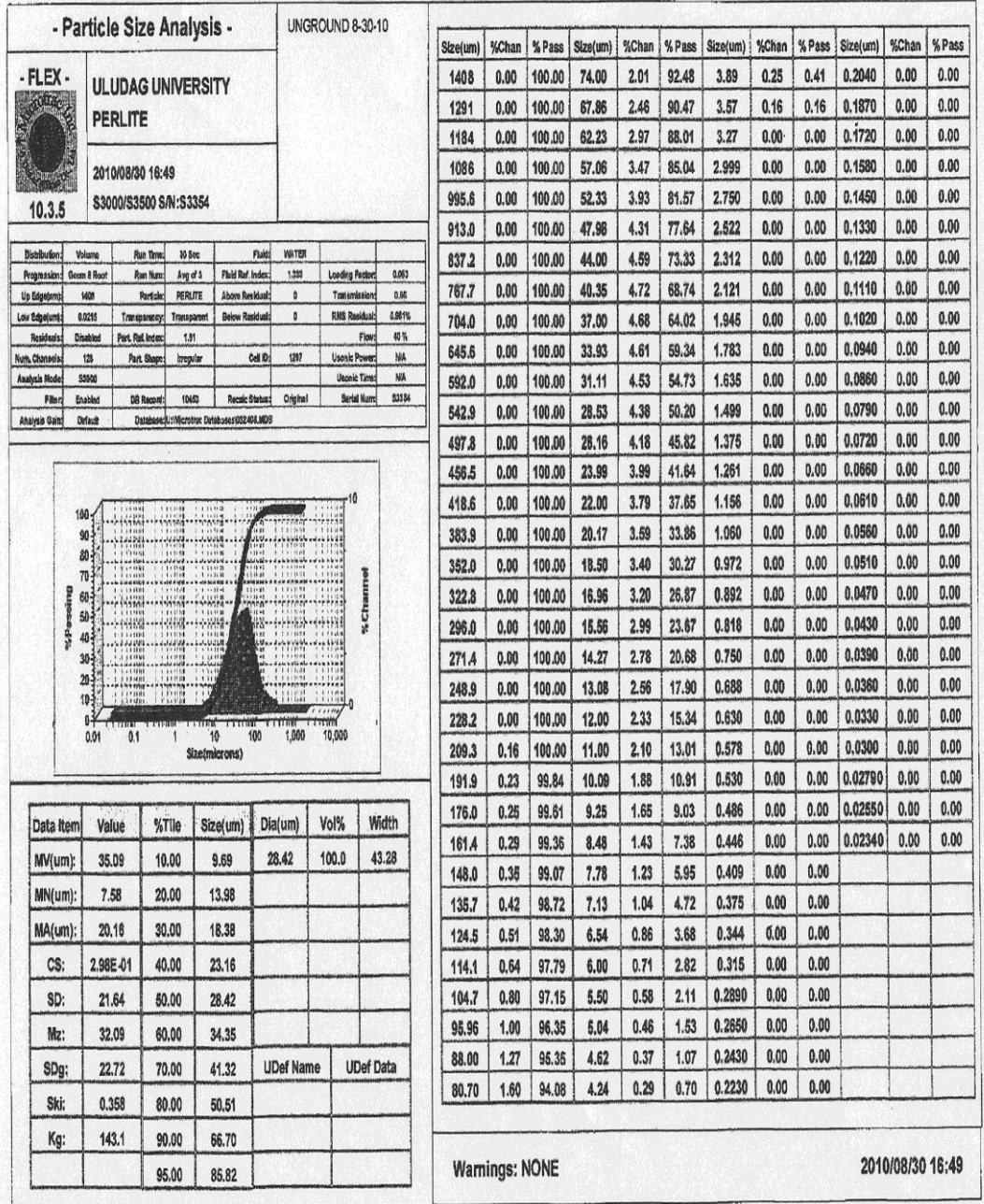
4.1. Perlit Malzemesine Ait Analiz Sonuçları

4.1.1. Öğütülmüş ve öğütülmemiş perlit malzemesinin boyut analiz sonuçları

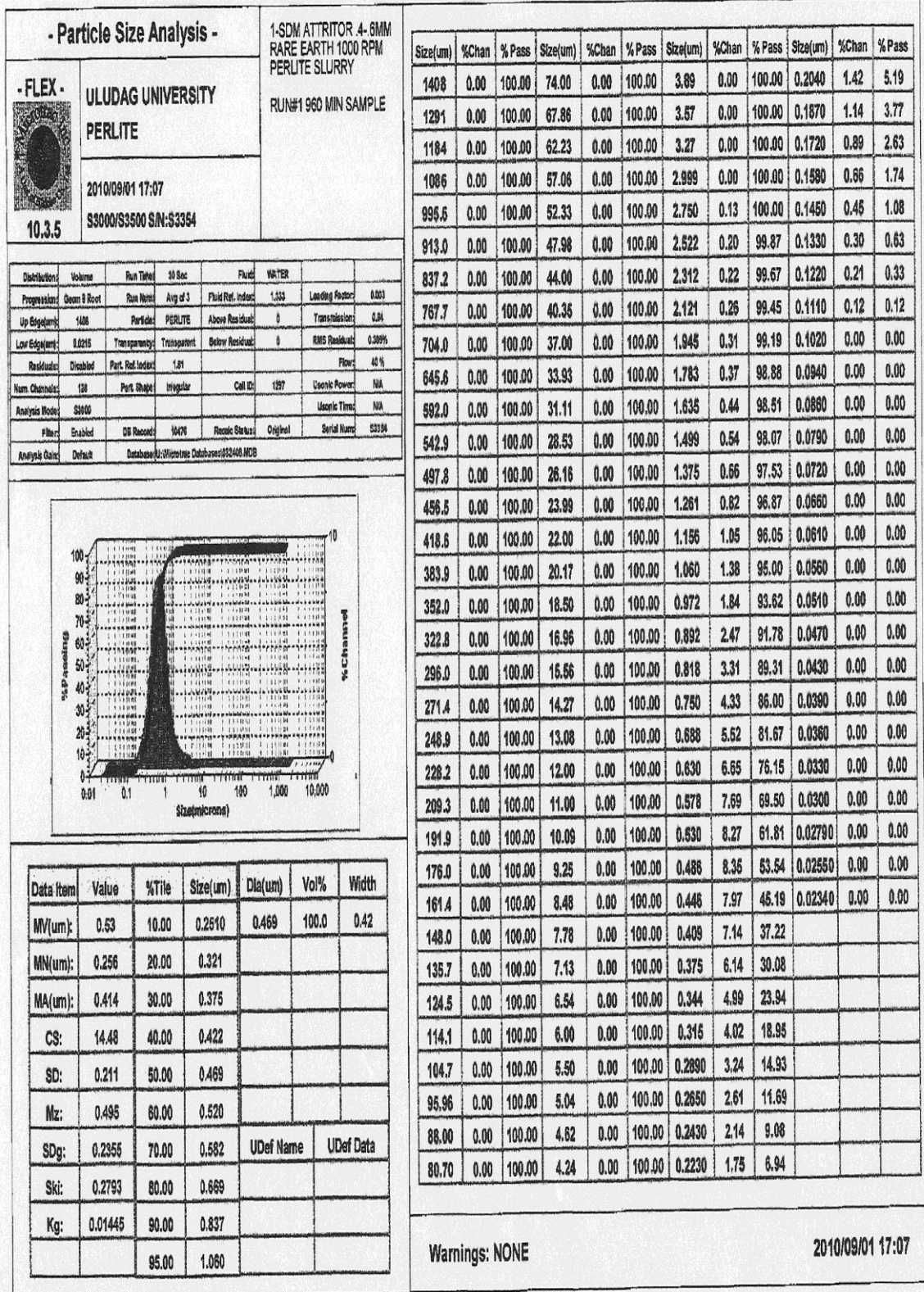
Eriyik çekim yöntemi ile poliester iplik üretiminde, ipliğe katkı malzemesi ilavesi yapılması için katkı malzemesinin partikül boyutu nano boyutlarda olması önem arz etmektedir. Mevcut şartlarda piyasada nano boyutlarda perlit malzemesi bulunmamaktadır. Piyasada bulunan mikron boyutlardaki perlitin, partikül boyutunun nano boyutlara düşürülmesi çalışmanın ilk aşamasını oluşturmuştur. Mikronize perlitin sulu ortamdaki öğütme işlemi ardından gerçekleştirilen öğütülmemiş ve öğütülmüş perlit malzemesinin boyut analizi Şekil 4.1. ve Şekil 4.2’de verilmektedir.

Bu sonuçlara göre, perlit tozlarının öğütülmeden önceki ortalama boyutu 28,42 mikron olarak belirlenmiştir. Şekil 4.1. incelendiğinde öğütülmemiş perlit tozları içerisinde 3,57 mikron boyutunun altında partikül yer almadığı görülmektedir. Malzeme içerisindeki partikül boyutları 3,57 mikron ile 209,30 mikron arasında dağılmaktadır. Şekil 4.2. incelendiğinde öğütme sonrası elde edilmiş olan perlit partiküllerinin ortalama boyutu 0,47 mikron olarak tespit edilmiştir ve 2,75 mikron boyutun üzerinde perlit partikülü bulunmadığı görülmüştür. Malzeme içerisindeki perlit partiküllerinin boyutları 0,11 mikron ile 2,75 mikron arasında dağılmaktadır.

Böylece ilk ortalama boyutu 28,42 mikron olarak ölçülen perlit malzemesinin sulu ortamda öğütülmesi ile ortalama boyutu 0,47 mikrona indirilmiştir. Öğütme sonrası malzemenin % 95’i 1 mikronun altında partikül boyutuna düşürülmüştür.



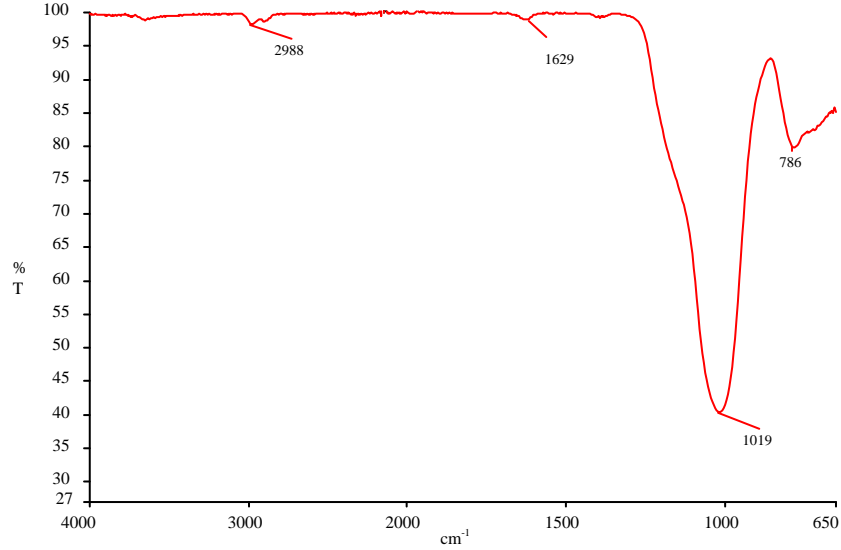
Şekil 4.1. Öğütülmemiş perlit malzemesinin partikül boyutu analizi



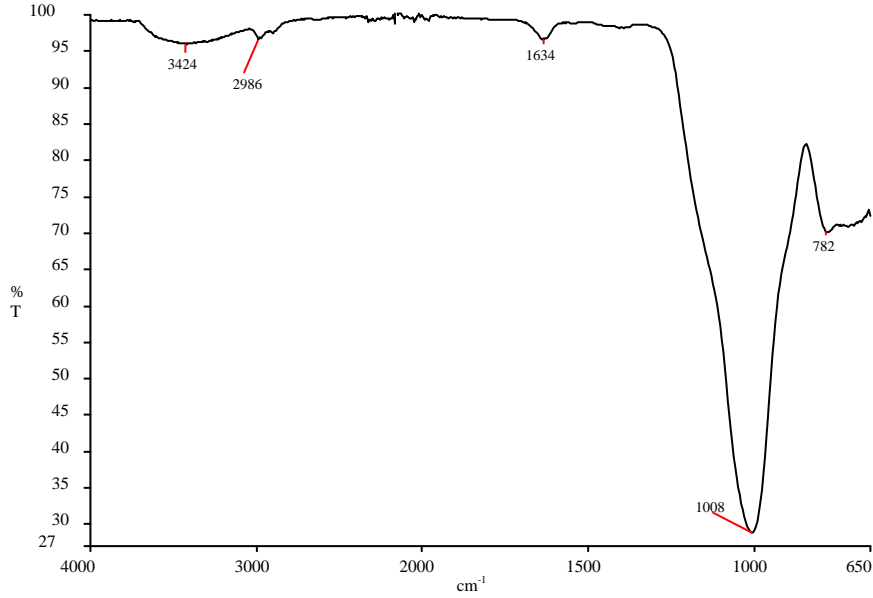
Şekil 4.2. Öğütülmüş perlit malzemesinin partikül boyutu analizi

4.1.2. Fourier transform infrared (FTIR) analizi sonuçları

Öğütülmüş ve öğütülmemiş perlit malzemesine ait IR spektrumları sırasıyla Şekil 4.3. ve Şekil 4.4’de verilmektedir.



Şekil 4.3. Öğütülmemiş perlit malzemesinin IR spektrumu



Şekil 4.4. Öğütülmüş perlit malzemesinin IR spektrumu

Elde edilen spektrumların değerlendirilmesi daha önce yapılmış birkaç çalışmadaki (Olejnik ve ark. 1967, Doğan 2001, Tekin 2004) perlitin IR spektrumu için belirlenmiş karakteristik pikleri, titreşim türleri ve bölgeleri referans alınarak gerçekleştirilmiştir.

Perlit ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi Çizelge 4.1’de verilen değerler referans alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1. Perlit malzemesi için IR spektrum titreşim türleri ve bölgeleri

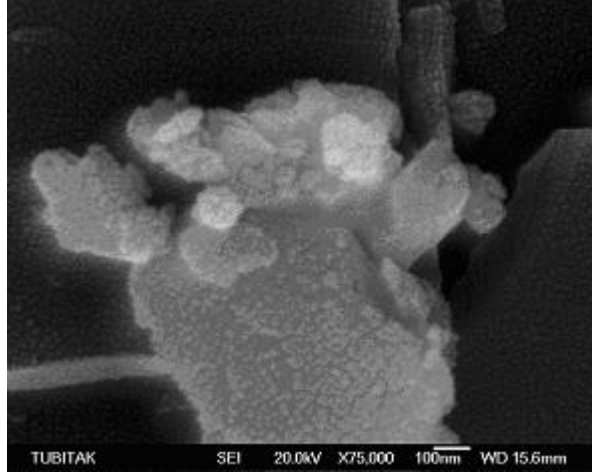
Bölge	Titreşim türü	Özelliği
3000-3750 cm ⁻¹	Yüzeydeki hidrojen bağlı hidroksil gruplarının titreşimi	Geniş band
3520 ± 200 cm ⁻¹	Adsorbe edilmiş suyun hidroksil grubu	Band
2900 – 3200 cm ⁻¹	C-H gerilme bandı	Geniş band
1650 cm ⁻¹	Hidroksil eğilme frekansı ve fiziksel olarak adsorblanmış su	Pik
800 -1250 cm ⁻¹	Si-O titreşimleri	Pik
1020 cm ⁻¹	Si-O-Si gruplarının içindeki Si-O gerilim	Keskin band
750-790 cm ⁻¹	Si-O-Al titreşimleri	Band

Elde edilen sonuçlara göre, öğütülmüş perlit malzemesinin öğütülmemiş olan perlit malzemesine göre en önemli farklılığı, 3424 cm⁻¹ dalga boyunda gözlenen emilen sudaki hidroksil piki, 1629 cm⁻¹ dalga boyundaki görülen pikden daha fazla miktarda fiziksel olarak emilmiş su içerdiğini gösterecek şekilde biraz daha şiddetli olmasıdır. Aynı zamanda 1020 cm⁻¹ dalga boyunda Si-O geriliminden kaynaklanan pikin biraz daha şiddetli olmasıdır. Gözlenen bu durum öğütülmüş perlit yüzeyinin çok daha polar olduğunu göstermektedir. Yapının daha polar olması durumu perlit partiküllerinin öğütme sonrası birbiri ile yapışması, yüzey alanının artması ve nem çekme özelliğinin artması ile açıklanabilmektedir. Spektrumda sadece nem ile ilgili piklerin bulunması öğütme sırasında makineden oluşabilecek metal partiküllerinin malzemeye karışmadığını göstermektedir.

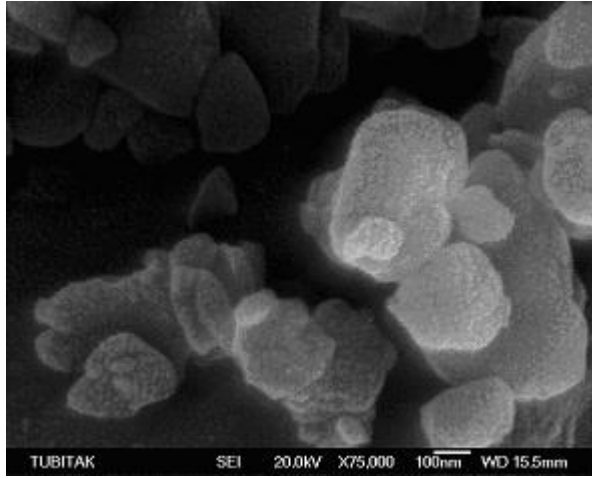
4.1.3. Gözenek boyut dağılımı analizi sonuçları

Perlit, 890-1200°C sıcaklıklarda normal yapısının 30-40 kat genişmesi sonucunda, % 90 oranında gözenekliliğe sahip bir başka malzemeye dönüşmektedir. Gözeneklilik, perlite emicilik ve yüzeyde soğurma özellikleri sağlamaktadır (www.genper.com.tr 2010). Sahip olduğu bu özellikler kullanım alanlarında önem taşımaktadır.

Ticari olarak bulunan mikronize perlitin öğütme işlemi ile karakterinde var olan nem çekme yeteneğindeki değişimin saptanabilmesine bir ölçüt olması açısından gerçekleştirilen SEM ve gözenek boyut dağılımı analizleri sırasıyla Şekil 4.5., Şekil 4.6. ve Çizelge 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4.5. Öğütülmemiş mikronize perlitin gözenekli yapısı



Şekil 4.6. Öğütülmüş perlitin gözenekli yapısı

Çizelge 4.2. Perlit malzemesinin gözenek boyut dağılımı analizi

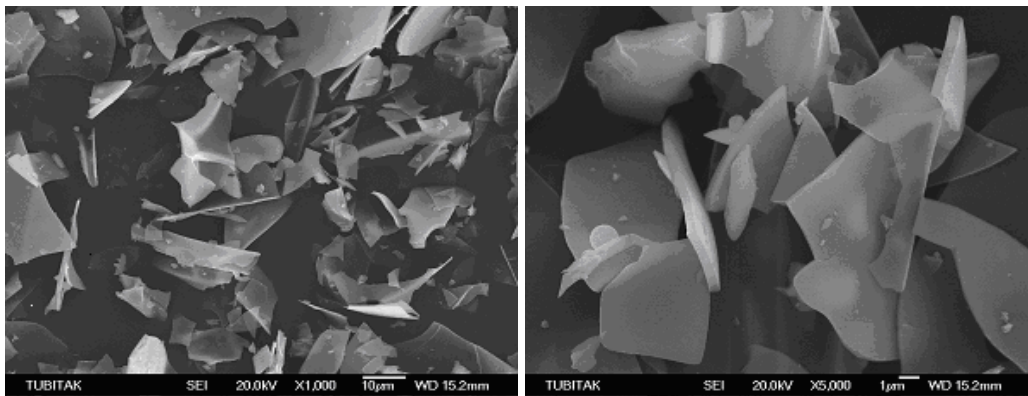
Malzeme	Toplam gözenek hacmi (cc/gr)	Yarı gözenek genişliği (Å)
Öğütülmemiş perlit	0.015	16.576
Öğütülmüş perlit	0.085	15.846

Elde edilen veriler doğrultusunda, öğütülme sonucunda boyutu küçülen perlit malzemesinde, gözenek genişliğinde önemli bir değişim olmamakla birlikte gözenek hacminin yaklaşık 6 kat artış gösterdiği görülmektedir. Bu durum, öğütme işleminin gözenek büyüklüğü üzerinde etkiye sahip olmadığı, fakat büyük boyuttaki perlit tozlarının kırılarak küçülmesi sonucu yüzey alanlarının artmış olması ile gözenek hacminin artması şeklinde açıklanabilmektedir. SEM resimleri incelendiğinde bu durumu teyit edici sonuçlar görülmektedir. Ayrıca perlit malzemesinin öğütme sonrası FTIR analizi sonuçlarında tespit edilen nem çekme özelliğinin artmış olması, gözenek hacminin 6 kat artmış olması ile açıklanabilmektedir. Gözenek genişliğinde değişikliğin ise meydana gelmemesi beklenen bir durumdur.

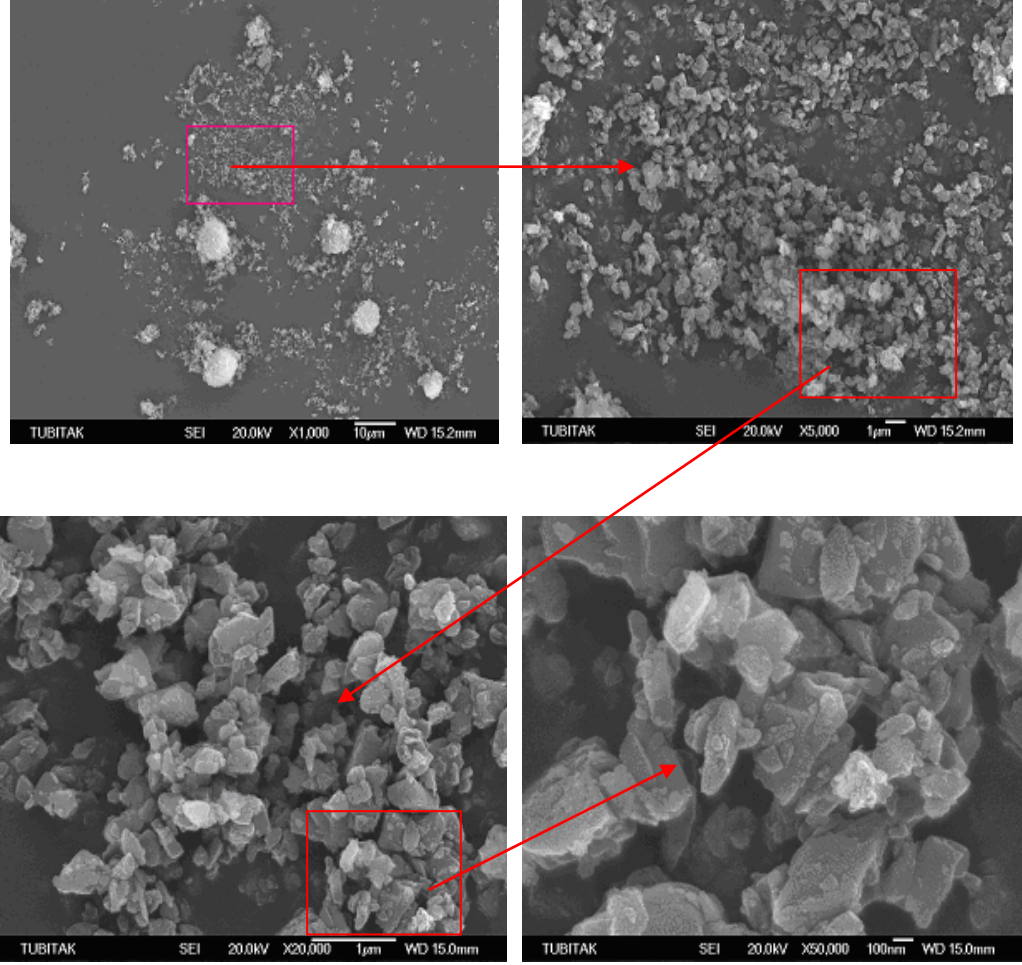
4.1.4. Boyut değişimi için SEM analizi sonuçları

Poliester ipliğın üretiminden önce katkı maddesinin boyut dağılımının daha iyi anlaşılması için SEM ile elde edilen fotoğrafların analizi yapılmıştır. Öğütülmemiş ve öğütülmüş perlit malzemesinin SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 4.7. ve Şekil 4.8'de verilmektedir.

SEM fotoğraflarında net bir şekilde görüldüğü üzere, öğütülmemiş perlit tozları büyük ve ince levhalar şeklinde iken, öğütme sonrasında malzeme ufalanarak nano seviyede toz partiküller haline dönüşmüştür. Öğütülmüş malzemenin resimleri incelendiğinde, nano boyutta taneciklerin yanında 5 mikron boyutlarındaki topaklanmış tanecikler de net olarak görülebilmektedir (Şekil 4.8.).

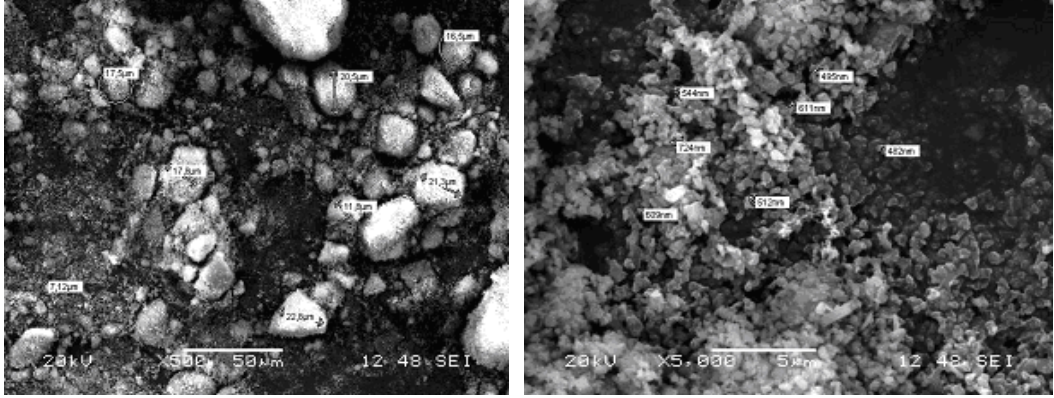


Şekil 4.7. Öğütülmemiş perlit malzemesinin SEM görüntüleri



Şekil 4.8. Öğütülmüş perlit malzemesinin SEM görüntüleri

Perlit malzemesinin mikronize partiküllerden nano partiküller haline dönüştürülmesi sonucu, gözenek hacminin yaklaşık 6 kat artışına neden olduğu tespit edilmişti. Gözenek hacminde meydana gelen bu artış ile beraber yüzey polaritesinin artması malzemenin nem çekme özelliğinin artışı ile sonuçlanmaktadır. Malzemenin nem çekme özelliğinin artışı malzeme kurutulduğunda aglomerasyona (topaklanmasına) neden olmaktadır. Perlit malzemesinin boyut ölçümünün yapıldığı Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde çekilen SEM resimleri incelendiğinde (Şekil 4.9.) öğütme sonrasında ölçülen boyutun topaklanmış parçalara ait olacağı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.9. Öğütülmüş perlit malzemesinin topaklanmasının SEM görüntüsü

Poliester ipliğin yapısına katkı maddesi olarak sıklıkla katılan titanyum dioksit de nano boyutlarda bulunmaktadır. Perlit malzemesinin iplik yapısında katkı maddesi olarak kullanılabilmesi için titanyum dioksit referans alındığında nano boyutlarda olması önem arz etmektedir. Perlit malzemesinde meydana gelen bu topaklanma istenmeyen bir durumdur.

4.1.5. Yüzey alanı ölçüm sonuçları

Yüzey alanı, katı yüzeyinin bir molekül kalınlığına emilen bir madde ile kaplanması durumunda, emilen maddenin toplam kesit alanı olarak tanımlanmaktadır ve m^2/gr birimi ile verilmektedir. Katıların özgül yüzey alanlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntem BET (Brunauer, Emmett ve Teller) yöntemidir. Bu yöntem gazın katı üzerindeki fiziksel emilimi ve tek tabaka kapasitesinin belirlenmesini kapsamaktadır (Yurdakoç 1987, Eklund ve Ochoa 1994).

Öğütülmemiş perlit malzemesinin spesifik yüzey alanı $28,832 m^2/gr$ iken, öğütülmüş perlit malzemesi için spesifik yüzey alanı değeri $92,879 m^2/gr$ olarak elde edilmiştir. Literatürde (Uğurlu 2003) genişleştirilmiş perlit için verilen $5 m^2/gr$ spesifik yüzey alanı değeri ile karşılaştırıldığında, yapılan deneylerde kullanılan genişleşmiş mikronize perlitin spesifik yüzey alanı değeri bile oldukça büyüktür. Kullanılan genişleşmiş perlitin özel olarak tasnif edilmiş mikronize perlit olmasından dolayı bu değer normal görülmektedir.

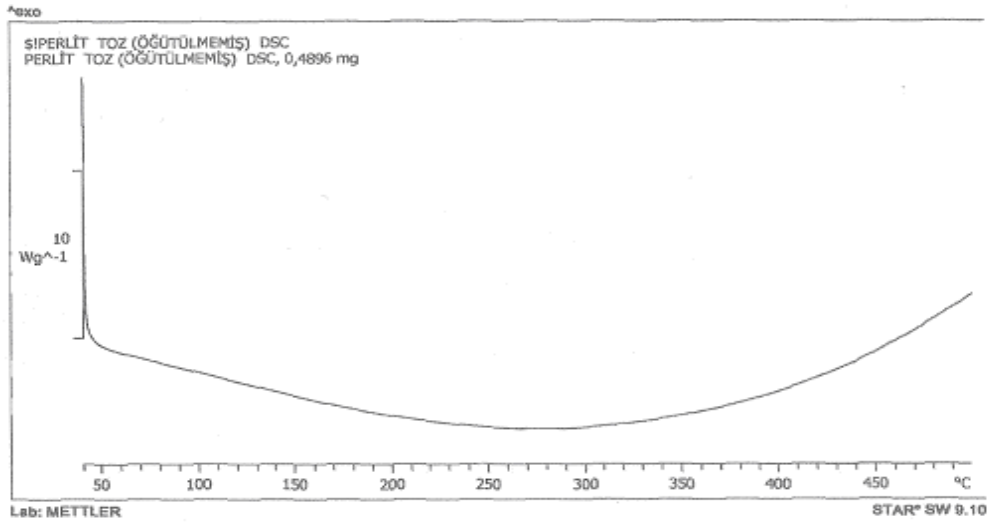
Elde edilen veriler kapsamında öğütülmüş olan perlit malzemesinin spesifik yüzey alanı, öğütülmemiş perlitin yaklaşık 3 katı civarında olduğu görülmüştür. Bu durum

perlit malzemesinin öğütülmesi sırasında nano partikül haline gelmesinden kaynaklanmaktadır.

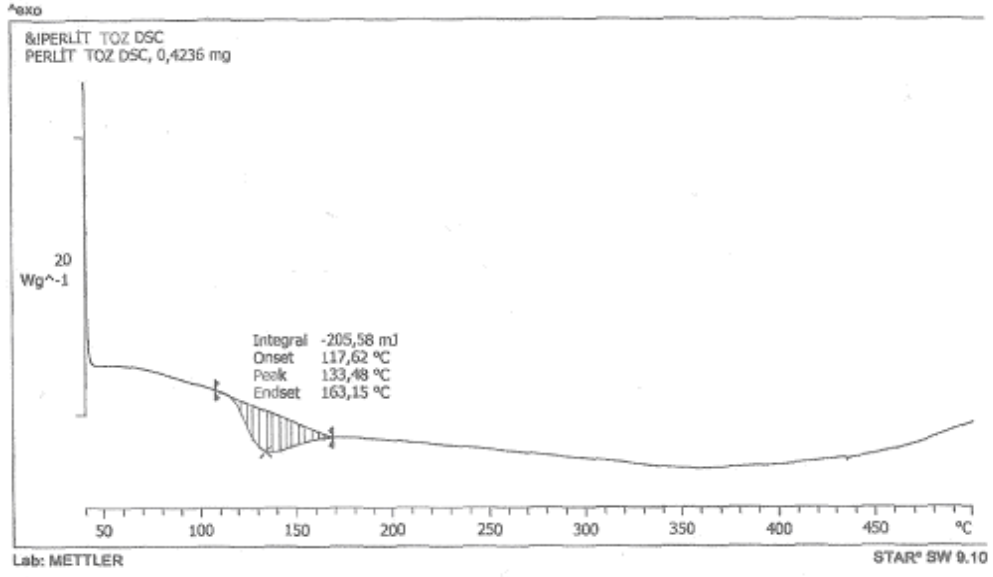
Gözenek boyut dağılımı analizi sonuçları ve yüzey alanı ölçüm değerleri incelendiğinde, öğütme işleminin perlit nano boyutlara indirmekle beraber perlit partiküllerinin nem çekme özelliğini arttırdığı görülmüştür. Nem çekme özelliğinin artmış olması yapılacak olan deney çalışmaları için istenmeyen bir durum olan topaklanmaya neden olmaktadır.

4.1.6. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi sonuçları

Öğütülmemiş ve öğütülmüş perlit malzemesine ait termogramlar sırasıyla Şekil 4.10. ve Şekil 4.11’de verilmektedir.



Şekil 4.10. Öğütülmemiş perlit malzemesinin DSC termogramı

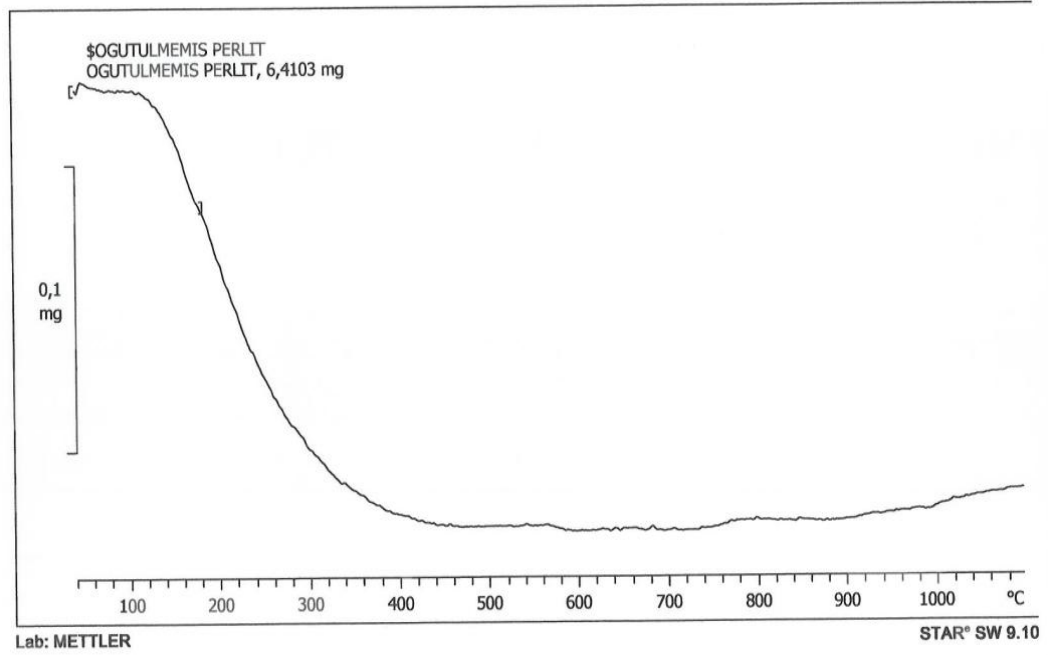


Şekil 4.11. Öğütülmüş perlit malzemesinin DSC termogramı

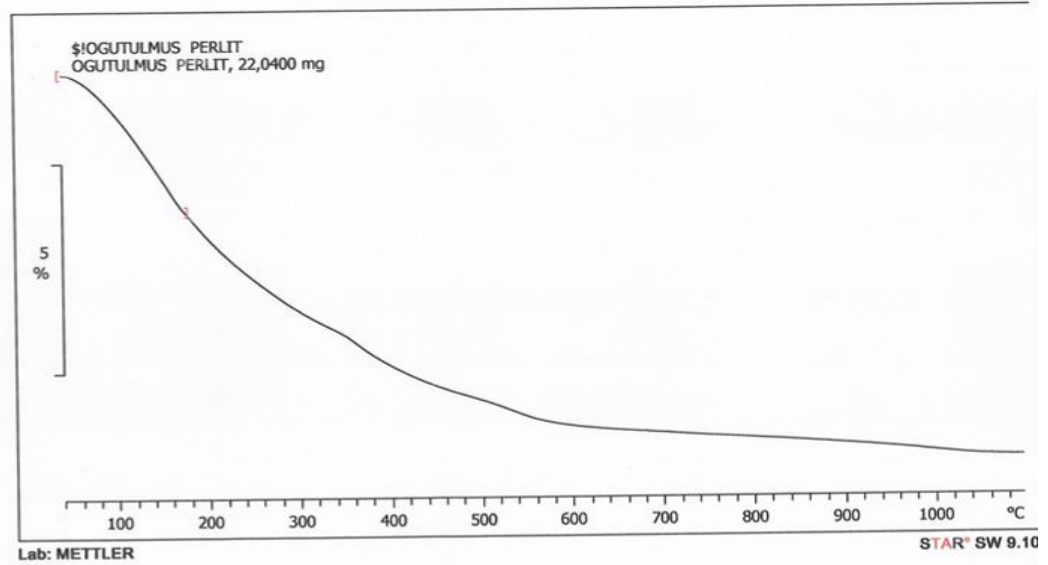
Perlit, erime sıcaklığı tam olarak tespit edilememiş olmakla birlikte 1260-1340 °C olduğu kabul edilen gözenekli yapılu inorganik bir maddedir (www.genper.com.tr 2010). DSC analizinde sıcaklık 500 °C'ye kadar yükseltildiğinden, camsı geçiş ve erime sıcaklıklarına ait bir endotermik pik görülmesi beklenmemektedir. Fakat öğütülmüş malzeme için elde edilen grafikte, 118 °C civarında başlayan erime piki görülmüştür. Oluşan bu durumun perlitin yapısından kaynaklanmadığı, malzeme içerisine safsızlık (malzemenin nakli, öğütülmesi ve ölçüm esnasında) oluşturacak bir yabancı maddenin karışmış olabileceği veya yapısında bulundurabileceği kristalin suyun buharlaşması sonucu oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. Bu pikin, öğütülme ile malzemenin yapısında oluşmuş kimyasal bir değişimi işaret etmediği FTIR analizlerinden anlaşılmaktadır.

4.1.7. Termogravimetrik (TGA) analiz sonuçları

Öğütülmüş ve öğütülmemiş perlit tozları için gerçekleştirilen TGA çalışması sonucunda Şekil 4.12. ve Şekil 4.13'de verilen termogramlar elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Öğütülmemiş perlit malzemesinin TGA termogramı



Şekil 4.13. Öğütülmüş perlit malzemesinin TGA termogramı

Öğütülmüş ve öğütülmemiş perlit tozlarından dolayı test boyunca 1000 °C'ye kadar oluşan herhangi bir bozunma piki görülmemiştir. Perlit malzemesinin ergime sıcaklığı 1000 °C'nin üzerinde olduğu için bu durum beklenen bir sonuçtur. Fakat termogramların eğri şekilleri ufak farklılık göstermektedir. Bu durumun perlit malzemesinin öğütülme işleminden sonra nem çekme özelliğinde meydana gelen

farklılaşmadan dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Malzemenin absorbe etmiş olduğu nem miktarının farklı olmasından dolayı termogram eğrileri farklı şekilde oluştuğu düşünülmektedir. Bu durumda öğütülmüş perlitin ağırlık kaybı yaklaşık 600 °C'ye kadar devam etmektedir.

TGA termogramları incelendiğinde, öğütülmemiş perlit malzemesinin 6,41 mg'da yaklaşık olarak 0,15 mg ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Bu durum öğütülmemiş perlit malzemesinde % 2,33 oranında ağırlık kaybının meydana geldiğini göstermektedir. Aynı şekilde öğütülmüş perlit malzemesinin 22,04 mg'da 1,76 mg ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Bu durum ise öğütülmüş perlit malzemesinde yaklaşık % 8 oranında ağırlık kaybının meydana geldiğini göstermektedir. Öğütülmüş olan perlit malzemesinde meydana gelen ağırlık kaybının yüksek olması, yapısında bulundurduğu nem miktarının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Malzemedeki öğütme işlemi sonrası meydana gelen toplam gözenek hacmindeki altı kat artış, nem çekme özelliğinin artması ile sonuçlanmaktadır ve bu durumu teyit etmektedir (bkz. Çizelge 4.2.).

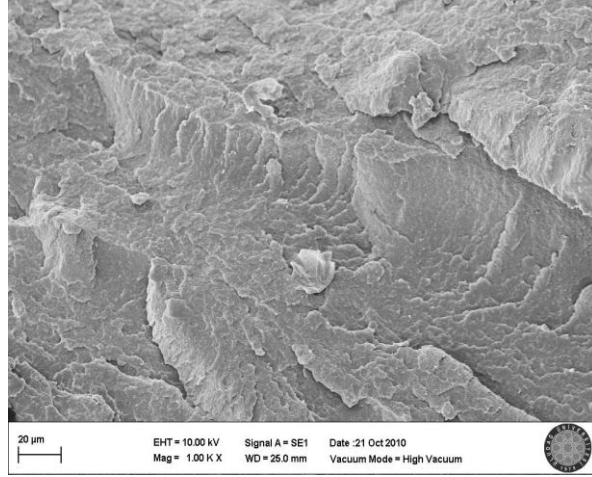
4.2. Masterbatch Malzemesine Ait Analiz Sonuçları

Poliester iplik yapısına katılması planlanan perlit partiküllerinin, polimer içerisindeki dağılımının homojen olmasını sağlamak amacıyla, masterbatch yöntemi kullanılarak katı granüller haline getirilmiştir. 200 gr perlit tozu kullanılarak küçük çaplı masterbatch üretimi gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı polimer olarak polibutilen tereftalat (PBT) kullanılmıştır.

4.2.1. SEM analiz sonuçları

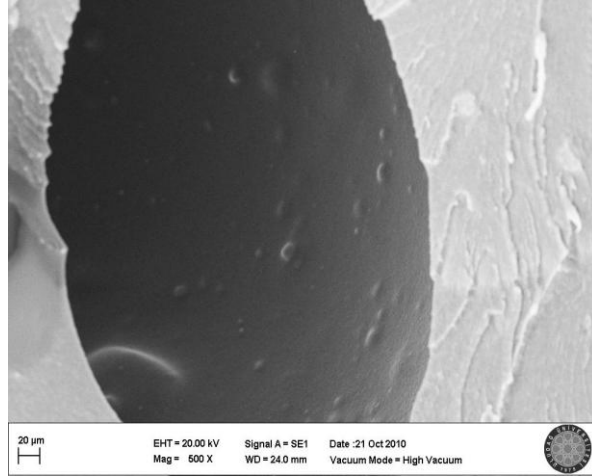
Üretilen % 25 öğütülmüş perlit katkılı masterbatch granüllerinden alınan kesitlere ait SEM fotoğrafları Şekil 4.14. ve Şekil 4.15'de verilmektedir. Görüntüler ile masterbatch granülleri içerisindeki perlit partiküllerinin varlığı, boyutları ve dağılımı saptanmaya çalışılmıştır.

Masterbatch granülünden kesit alma işlemi esnasında, kesit yüzeyinde oluşan fiziksel bozulmalardan dolayı PBT polimeri matrisi içerisine dağılmış perlit partikülleri net olarak görülmemektedir (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. % 25 Öğütülmüş perlit katkılı masterbatch granülü kesiti

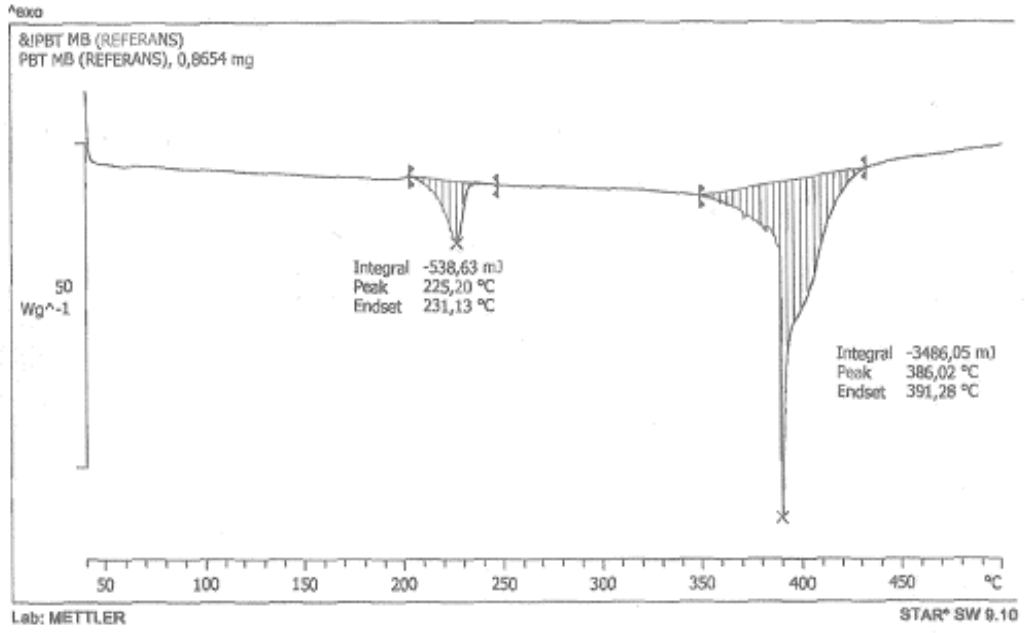
Bununla birlikte, polimerin kesiti alınmadan masterbatch granülünün ortasında bulunan delikten alınan görüntüde matris içine gömülü olan perlit partikülleri ayırt edilebilmektedir. Görüntüde topaklanmış perlit partiküllerini temsil eden yaklaşık 10 mikron çapında partiküllerin yanında 1 mikronun altında olan küçük boyutlu perlit partikülleri de açıkça görülmektedir (Şekil 4.15.).



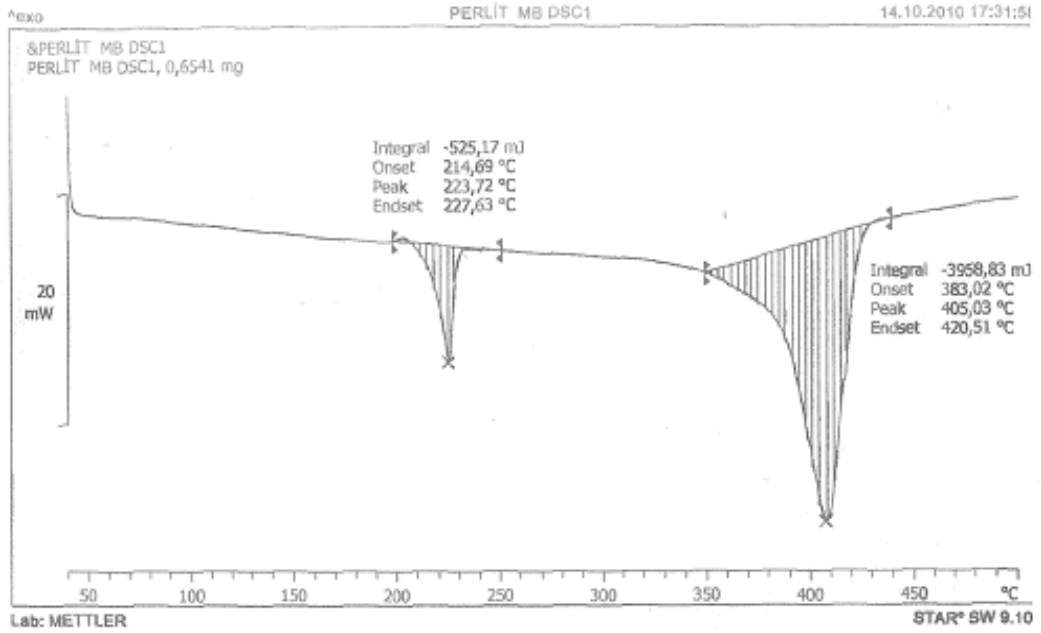
Şekil 4.15. % 25 Öğütülmüş perlit katkılı masterbatch granülü

4.2.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi sonuçları

Üretilmiş olan perlit dolgulu PBT masterbatch granülleri ile kıyaslanmak üzere aynı şartlarda saf PBT polimerinden oluşan masterbatch granülleri elde edilmiştir. Her iki malzemenin de DSC termogramları sırasıyla Şekil 4.16. ve Şekil 4.17’de verilmektedir.



Şekil 4.16. PBT Masterbatch granülünün DSC termogramı



Şekil 4.17. %25 Perlit aktifli PBT masterbatch granülünün DSC termogramı

Grafikler incelendiğinde, her iki masterbatch granülü için birbirine çok yakın sonuçların elde edildiği ve iki adet endotermik pikin oluştuğu görülmektedir. Termogramlarda 220 °C civarında görülen ilk pik PBT polimerinin erime sıcaklığı aralığında (210-250 °C) ve oluşan ikinci pik PBT polimerinin tamamen bozulma sıcaklığı olan

300 °C'nin üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle, oluşan her iki endotermik pik PBT polimerinin bozunmasından kaynaklanmaktadır. 1000°C'nin altında bozunmayan perlit malzemesine ait herhangi bir pik ile karşılaşılmaması beklenen bir sonuçtur.

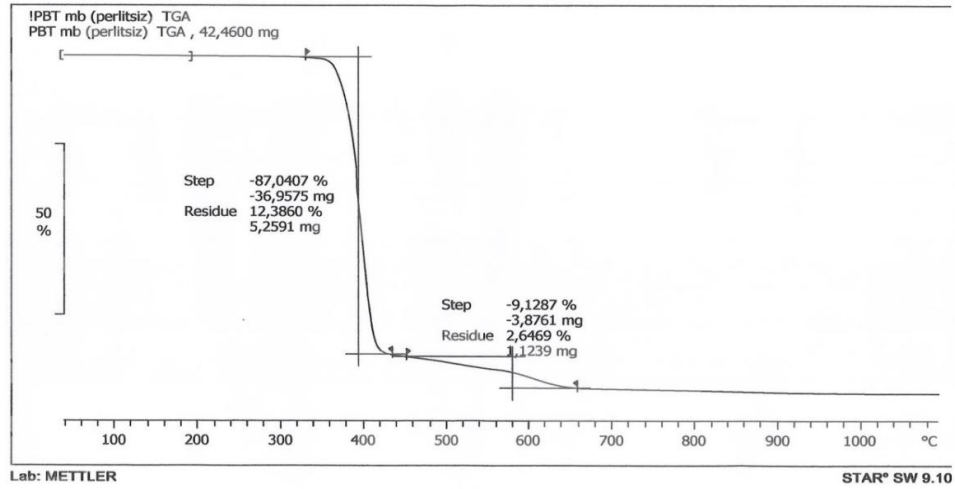
Katkısız PBT masterbatchının DSC termogramında (Şekil 4.16.) ilk erime 225 °C başlayıp 231 °C'de bitmiştir. İkinci bozunmanın ise 386 °C'de başlayıp 391 °C'de bittiği tespit edilmiştir.

% 25 perlit katkılı masterbatchinin DSC termogramı incelendiğinde (Şekil 4.17.) ilk bozunmanın endotermik pikinin 223 °C'de başlayıp 227 °C'de biterken, malzemenin tamamen bozulmasının 405 °C'de başlayıp 420 °C'de bittiği saptanmıştır.

Buna göre PBT polimerinin ilk bozunma sıcaklığı başlangıcının perlit katkılı olandan 2 °C düşük olduğu görülmektedir. Özellikle PBT polimerinin tamamen bozulmasının gerçekleştiği 300 °C üzerinde ise katkılı polimerin bozunma sıcaklığının 24 °C artmış olduğu görülmektedir. Oluşan fark perlit malzemesinin polimerin yanma mekanizmasını etkilemiş olabileceği açısından dikkat çekicidir. Perlit katkılı polimerden elde edilecek ürünler (özellikle kumaş) üzerinde yapılacak olan testlerde de bu özelliğin ortaya çıkması beklenmektedir.

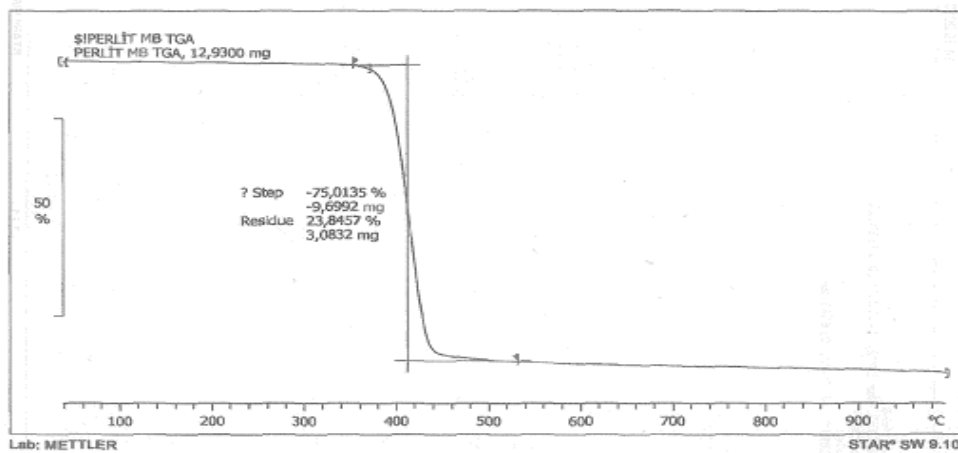
4.2.3. Termogravimetrik (TGA) analiz sonuçları

TGA, malzemede sıcaklığa bağlı olarak meydana gelecek ağırlık değişikliklerini tanımlamaya yarayan bir test biçimidir. Test sonunda, sıcaklık ile malzemedeki ağırlık kaybını gösteren bir eğri ve malzemedeki geriye kalan kalıntı yüzdesi elde edilir. Saf PBT masterbatch ve % 25 perlit malzemesi içeren masterbatch granülleri için gerçekleştirilen TGA çalışması sonucunda elde edilen termogramlar sırasıyla Şekil 4.18. ve Şekil 4.19'da verilmektedir.



Şekil 4.18. PBT Masterbatch granülünün TGA termogramı

Şekil 4.18’de verilen TGA termogramı incelendiğinde, saf PBT polimerinin bozunmasından kaynaklanan iki pikin olduğu görülmektedir. PBT polimerinin bozunmasının başlangıcı yaklaşık 330 °C’de olup 420 °C sıcaklıkta termal bozunmayı tamamladığı tespit edilmiştir. İlk bozunmanın gerçekleştiği bölgede % 87,04 oranında ağırlık kaybı olduğu ve malzemenin ağırlık kaybının yaklaşık 440 °C’de tamamlandığını göstermektedir. Bu noktada yaklaşık olarak % 12,38 oranında kalıntı madde (artık madde) kalmıştır. İkinci bozunmanın 460 °C’de başlayıp 660 °C’de tamamlandığı görülmektedir. İkinci bozunmanın gerçekleştiği bölgede % 9,12 oranında ağırlık kaybı olduğu tespit edilmiştir. Bu noktada yaklaşık olarak % 2,64 oranında artık madde kalmıştır.



Şekil 4.19. %25 Perlit aktifli PBT masterbatch granülünün TGA termogramı

Şekil 4.19’da verilen TGA termogramı incelendiğinde, perlit katkısı içeren PBT masterbatchinin bozunmasından kaynaklanan tek bir pikin oluştuğu görülmektedir. PBT polimerinin 380 °C sıcaklıkta termal bozunmaya uğradığı ve yaklaşık % 75 oranında ağırlık kaybı gerçekleştiği görülmektedir. Malzemenin ağırlık kaybının yaklaşık 500 °C’de tamamlandığı ve yaklaşık % 23,84 oranında kalıntının oluştuğu görülmüştür. Bu kalıntının 1000 °C’de bozunmayan perlit malzemesine ait olduğu anlaşılmaktadır. Oluşturmuş olduğumuz % 25 katkılı masterbatchde kaybolmuş olan % 1,16 oranındaki maddenin perlitin yapısında bulundurmuş olduğu nem olduğu düşünülmektedir. Perlit malzemesinin TGA grafiklerinde, öğütülmüş perlitin yapısında yaklaşık % 8 oranında ağırlık kaybı meydana gelmesi bu durumu teyit etmektedir. Ağırlık kaybının yapısında bulunan nemden kaynaklandığı düşünülmektedir.

İki grafik karşılaştırıldığında masterbatch malzemelerinin ilk bozunmaya başlama sıcaklıklarında yaklaşık 40 °C’lik bir fark bulunmaktadır. Oluşmuş olan bu fark perlit katkısının PBT polimerinin bozunma mekanizmasına etki yaparak, bozunma sıcaklığını arttırmış olabileceği düşünülmektedir. Benzer sonucun yapılmış olan DSC testinde de tespit edilmiş olması, perlit katkısının PBT polimerinin bozunma sıcaklığını arttırmış olduğu sonucunu vermektedir. Meydana gelmiş olan bu artışın polimerden elde edilecek ürünlerde görülmesi istenen ve beklenen bir durumdur. Bozunma oranının perlit katkılı masterbatch granülünde düştüğü görülmektedir. Bozunma oranında meydana gelen düşüş perlit katkısı içeren masterbatch granülünde meydana gelen kalıntı miktarındaki artış ile açıklanabilmektedir. Bu durumun 1000 °C’nin altında bozulmayan perlit malzemesinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Perlit içeren PBT’de ikinci bozunma noktası oluşmamaktadır.

4.3. Poliester İpliklere Ait Test Sonuçları

Poliester iplik üretimi aşamasında hedef, elde edilecek ipliğin fiziksel özelliklerini bozmayacak maksimum oranda perlit malzemesinin yapıya dahil edilmesi olmuştur. Buna göre % 25 perlit içeren masterbatch % 5 oranında dozajlanarak extruderde PET cipsleriyle karıştırılmış ve teknik olarak % 1,25 oranında perlit nano partikülü içerecek poliester iplik çekimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen iplik üzerinde çeşitli test ve analizler gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Fiziksel test sonuçları

Aynı parametrelerde üretilmiş referans ve katkıli poliester iplikler üzerinde yapılan fiziksel testlere ait sonuçlar Çizelge 4.3’de verilmektedir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, perlit içeren poliester iplikte düzensizlik ve uzama değerleri artarken, mukavemet değerinin düştüğü görülmektedir. Bu durum Perlit içeriğinin iplik özellikleri üzerinde etki ettiğini göstermektedir. Spinboy iplik üretim ünitesinde üretilen ticari FDY ipliğinde olması gereken değerler; mukavemet için 2,5-4,0 cN/dtex ve uzama için % 30-60 şeklindedir (Çelen 2011). Bu değerler ele alındığında elde edilen perlit katkıli poliester iplik ticari kullanım şartlarından uzama değerini karşılar iken mukavemet değerinin biraz altında kalmıştır. Bununla beraber, söz konusu iplikler kullanılarak yapılmış olan dokuma hazırlık ve üretim aşamasında da herhangi bir problemle karşılaşmamıştır.

Çizelge 4.3. Perlit katkıli iplik ve referans ipliğe uygulanmış olan testlerin karşılaştırmalı sonuçları

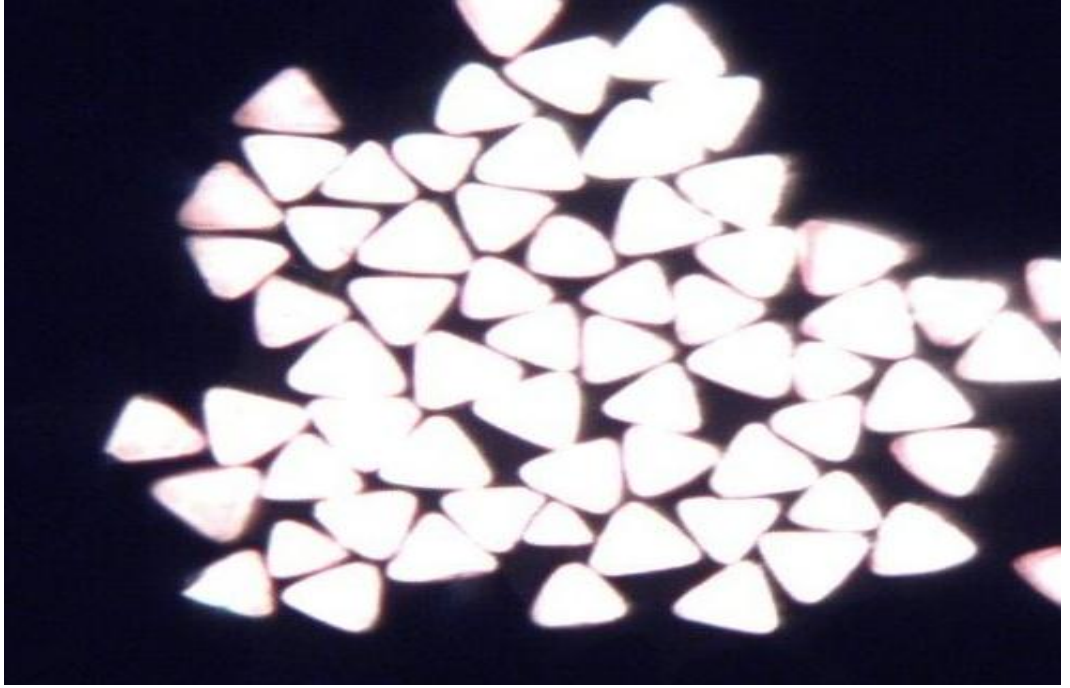
	% 1,25 Perlit katkıli iplik	Referans iplik
Numara (dtex)	347	345
Uster (U)	2,19	1,83
Uster CV (%)	2,89	2,54
Uzama (%)	44,50	41,59
Uzama CV (%)	14,19	6,41
Mukavemet (cN/dtex)	2,06	2,83
Mukavemet CV (%)	4,79	3,24
Yağ (%)	0,53	0,55

İplik yapısı içerisinde nano tanecikler bulunurken aynı anda topaklanmış tanecikler de bulunmaktadır. Test sonuçlarının olumsuz yönde elde edilmesi nano perlit katkısından mı, yoksa topaklanmış perlit partikülerinden mi olduğu tam olarak tespit edilememiştir. Alınan iplik kesiti resimlerinde de perlit taneciklerinin boyutları ve dispersiyonunun homojenliği konusunda net bir durum elde edilememiştir.

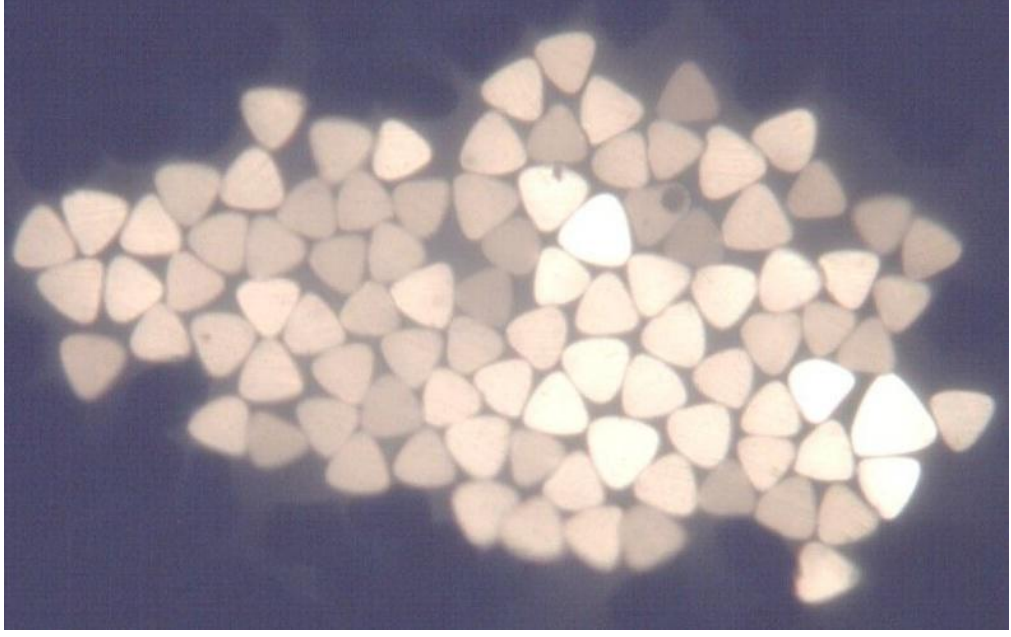
İplik üretimi sürecinde makine basıncının artmasından dolayı üretim limitli olarak gerçekleştirilmiştir. Perlit malzemesi içerisinde bulunan nano boyuttaki partiküllerin topaklanması üretim esnasında filtreleri tıkayarak basınç artışına neden olmuştur. Nano partiküllerin topaklanmasının nedeni nem çekme özelliğinde meydana gelen değişiklikten kaynaklanmaktadır.

4.3.2. Mikroskop çalışmalarının sonuçları

Referans ve perlit katkıli poliester ipliklere ait enine kesit ve perlit katkıli ipliğe ait uzunlamasına görüntüler elde edilmiştir. Görüntüler sırasıyla Şekil 4.20., Şekil 4.21. ve 4.22'de verilmektedir.

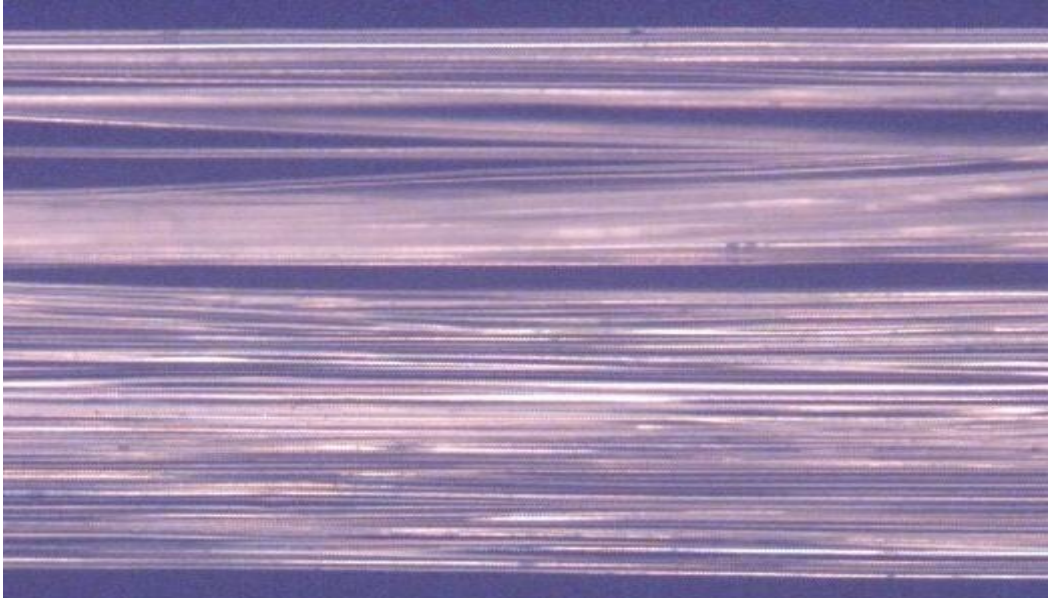


Şekil 4.21. Referans poliester ipliğın enine kesiti



Şekil 4.22. Perlit katkılı poliester ipliğın enine kesiti

Perlit katkılı poliester ipliğın enine kesit görüntüsü referans poliester ipliğinki ile karşılaştırıldığında, perlit partiküllerinin poliester iplik içerisine yerleştirildiği görülmektedir. Ayrıca üretim esnasında basınçların yükselmesine yol açan büyük boyutlardaki (topaklanmış) perlit tanecikleri de görülmektedir. İpliğın yüzey görüntüsünde ise, iplik içerisine gömülü halde çok sayıda nano boyutta ve topaklanmış perlit tozları görülmektedir (Şekil 4.23.).



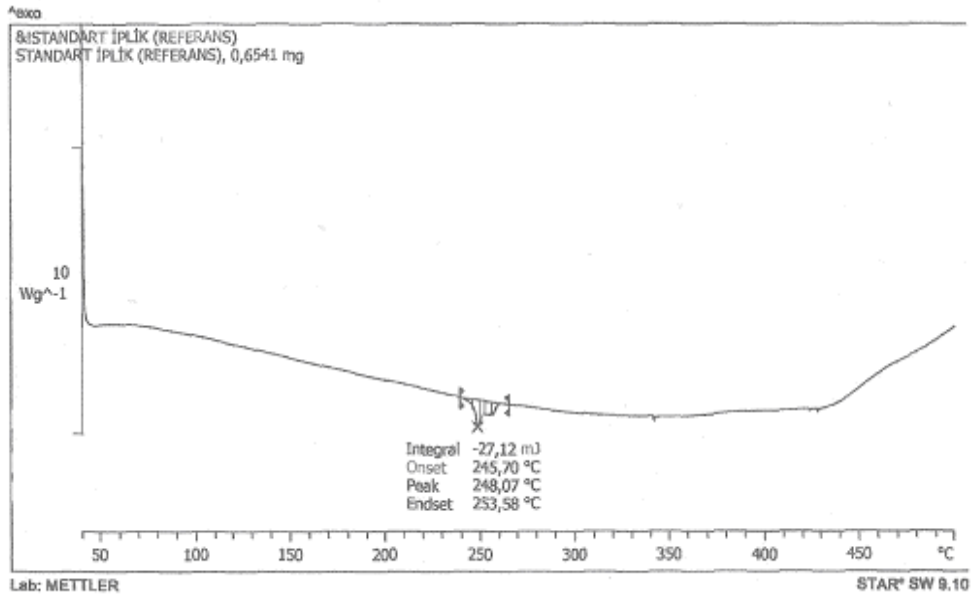
Şekil 4.23. Perlit katkılı poliester ipliğın uzunlamasına görüntüsü

Topaklanmış yapıların iplik üretimi sırasında, basınç altında açılacağı düşünülse de işlem süresince aynı şekilde yapılarını koruduğu görülmüştür. İplik üretimi esnasında filtrelerde tıka yapararak makine basıncının yükselmesine ve durmasına neden olmuştur. Topaklanmış perlit yapıları sürekli üretime izin vermemiştir ve az miktarda iplik üretimi sağlanmıştır.

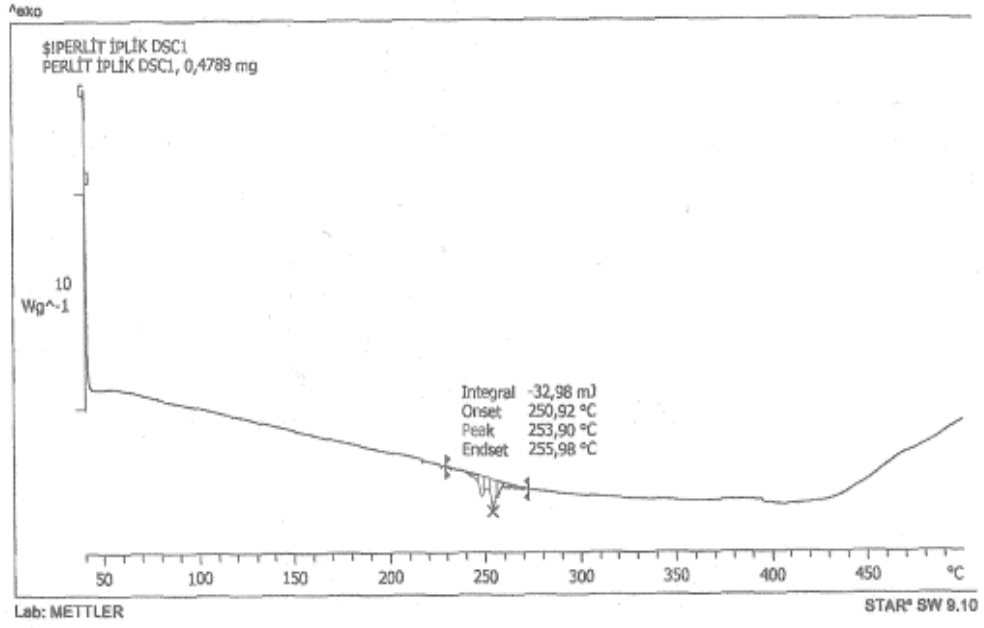
4.3.3. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analiz sonuçları

Spinboy iplik üretim ünitesinde aynı şartlar altında üretilmiş olan perlit katkılı ve referans poliester ipliklerinin DSC analizleri sonucunda Şekil 4.24. ve Şekil 4.25'de verilen termogramlar elde edilmiştir.

Grafikler incelendiğinde, her iki iplik için birbirine çok yakın sonuçların elde edildiği ve tek endotermik pikin olduğu görülmektedir. Her iki termogram kıyaslandığında; aynı sıcaklık değerinde, yaklaşık 250 °C'de, poliestere ait endotermik bir erime piki olduğu görülmektedir. Poliester için bu durum normaldir. 1000 °C'nin altında bozunmayan perlit malzemesine ait herhangi bir pik ile karşılaşılmaması beklenen bir sonuçtur.



Şekil 4.24. Referans poliester ipliğin DSC termogramı



Şekil 4.25. Perlit katkılı poliester ipliğin DSC termogramı

Katkısız (referans) poliester ipliğin DSC termogramında bozunma 245 °C başlayıp 253 °C’de biterken, perlit katkılı poliester ipliğin DSC termogramı incelendiğinde, bozunmanın endotermik pikinin yaklaşık 251 °C’de başlayıp 256 °C’de bittiği görülmektedir. Bozunma sıcaklığının başlangıcında katkılı poliester iplikte 6 °C’lik artış az olmasına karşın, perlit malzemesinin poliester ipliğin camı geçiş sıcaklığını ve erime sıcaklığını etkilemiş olabileceğini düşündürmektedir.

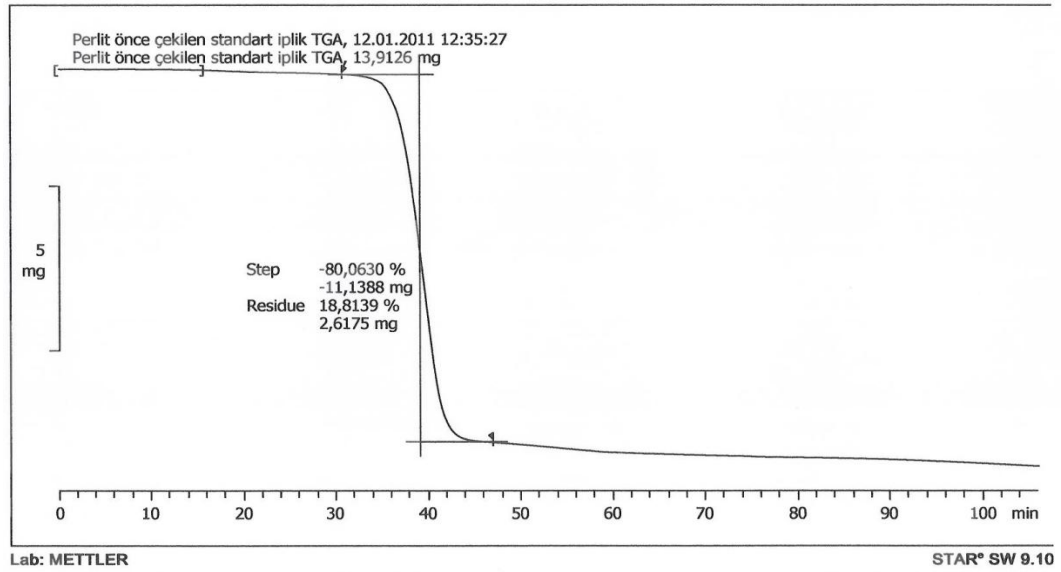
Şekil 4.25’de poliestere ait pikten önce, küçük bir pikin daha olduğu görülmektedir. Oluşan bu pikin, perlit malzemesini iplik yapısına katmak için hazırlanmış olan masterbatchde taşıyıcı olan PBT polimerine ait olduğu sonucuna varılmıştır. PBT polimeri ile elde edilen masterbatchlerin DSC termogramlarında bu durumu ispatlamaktadır (bkz. Şekil 4.16. ve Şekil 4.17.).

Üretilmiş olan poliester iplikleri tamamen çekimli yapıda (FDY) olduğu için kristallenmeye ait egzotermik pik oluşmamıştır. Her iki termogram incelendiğinde pik oluşumlarında birbirine göre ters eğriler olduğu görülmektedir. Katkısız poliester ipliğinde azalan pik şeklinde (γ bozunma mekanizması) bozunma meydana gelirken, katkılı poliester ipliğinde artan pik şeklinde (α bozunma mekanizması) bozunma meydana gelmektedir. Perlit katkı maddesinin ilave edilmesinin moleküler kaymanın

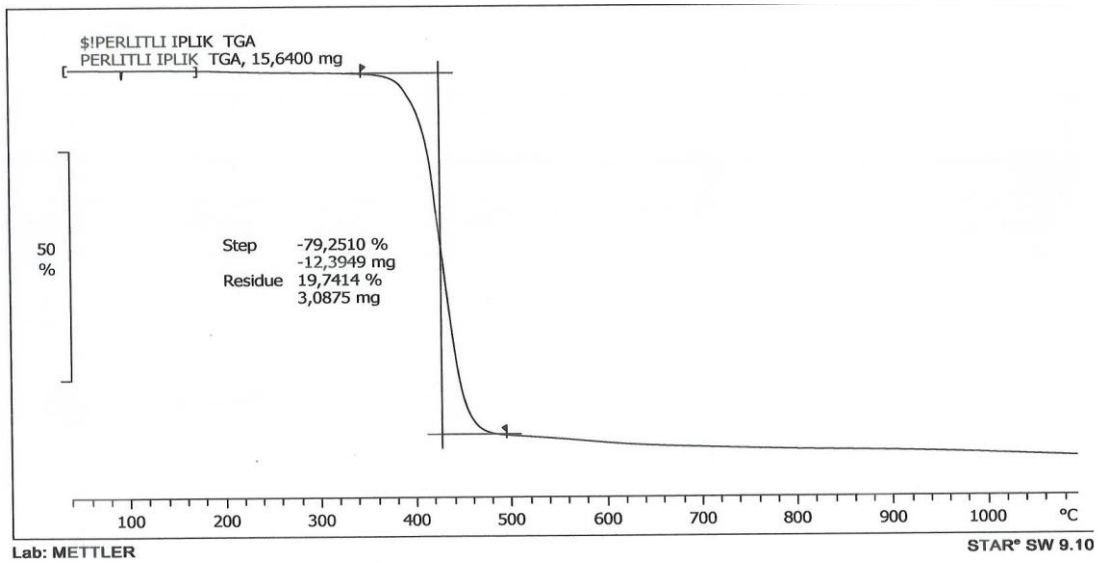
ilerlemesine neden olduğu düşünülmektedir. Poliester ipliğin bozunma mekanizmasında meydana gelen bu değişikliğin perlit katkısından dolayı olduğu düşünülmektedir.

4.3.4. Termogravimetrik (TGA) analiz sonuçları

Referans poliester iplik ve % 25 perlit içeren masterbatch granüllerinden % 5 oranında beslenerek elde edilen perlit katkılı poliester ipliğin TGA analizi sonucunda elde edilen termogramlar sırasıyla Şekil 4.26. ve Şekil 4.27’de verilmektedir.



Şekil 4.26. Referans poliester ipliğinin TGA termogramı



Şekil 4.27. Perlit katkılı poliester ipliğinin TGA termogramı

Şekil 4.26'da verilen referans poliester iplik termogramı incelendiğinde; poliester ipliğinin bozunmasından kaynaklanan tek bir pikin oluştuğu görülmektedir. Katkısız poliester ipliğinin termal bozunmasının 300 °C'de başlayıp 470 °C'de bittiği görülmektedir. Termal bozunma sonucunda % 80,06 oranında ağırlık kaybı ve % 18,81 oranında artık madde kaldığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.27'da verilen perlit katkılı poliester ipliğe ait TGA termogramı incelendiğinde, poliester ipliğinin bozunmasından kaynaklanan tek bir pikin oluştuğu görülmektedir. Poliester ipliğinin 340 °C sıcaklıkta termal bozunmaya uğradığı ve % 79,25 oranında ağırlık kaybı gerçekleştiği görülmektedir. Poliester ipliğinin ağırlık kaybı 500 °C'de tamamlanmıştır ve yaklaşık % 19,75 oranındaki artık madde miktarının bir kısmının 1000 °C'de bozunmayan perlit malzemesine ait olduğu düşünülmektedir.

Her iki termogram karşılaştırıldığında poliester ipliğinin termal bozunmaya başlama sıcaklığının perlit katkısı ile beraber yaklaşık 40 °C artmış olduğu görülmektedir. Termal bozunma oranında katkılı poliester iplikte perlitten dolayı düşüş gerçekleşmiştir. Kalıntı madde miktarında meydana gelen artış bu durumu teyit etmektedir. Termal bozunma sonucunda kalıntı miktarında meydana gelen artışın ve termal bozunmada meydana gelen yüzdesel düşüşün perlit maddesinden dolayı gerçekleştiği düşünülmektedir.

Poliester ipliği yapısına perlit katkı maddesinin ilave edilmesi sonucu elde edilen poliester ipliğinin TGA testi sonuçları ile perlit katkılı masterbatch malzemesine ait TGA testi sonuçları karşılaştırıldığında, aynı yönde sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Perlit katkılı poliester iplikte elde edilmiş olan sonuçların oranlarının düşük olması, perlit katkılı PBT masterbatch polimerinin poliester iplik üretim aşamasında PET polimeri ile % 5'lik oranda karıştırılmasından dolayı oluştuğu düşünülmektedir. Perlit katkılı masterbatch ile poliester ipliği yapısında bulunan katkı maddesi % 80 oranında düşüktür. Perlit katkılı poliester ipliğe uygulanan testler sonucunda, katkı malzemesinin etkisinin katkılı masterbatch malzemesine göre azalan oranda devam ettiği tespit edilmiştir.

4.4. Poliester Kumaşlara Ait Test Sonuçları

Perlit katkısının etkisini görmek amacıyla, üretilmiş olan iki çeşit iplik (perlit katkılı ve referans) kullanılarak, aynı konstrüksiyon özelliklerinde dokunan iki farklı kumaş üzerinde çeşitli testler yapılmıştır. Perlit katkısı içeren kumaş ile aynı parametrelerde üretilmiş referans kumaşın su buharı direnci, ısı iletkenliği, antibakteriyellik ve yanmazlık özellikleri kıyaslanmıştır. Söz konusu özelliklerin perlit malzemesinin doğası gereği gelişebileceği öngörüsünün görülmesi bu tez çalışmasının temel amacını oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

4.4.1. Güç tutuşurluk testi sonuçları

Günümüz koşullarında oluşabilecek hasarların minimuma indirilmesi çalışmaları her alanda yapılmaktadır. İnsanların şehirlerde toplu yaşamaları, yangın riski bulunduran elektrikli aletler kullanmaları ve birçok kullanılan aletin yangına sebep olması güvenlik açısından insanları önlem almaya itmektedir. Tekstil ürünlerinin, özelliklede sentetik liflerden üretilmiş tekstil mamüllerinin yanma eğilimleri oldukça yüksektir. Bu ürünlere yangın esnasında müdahale edilene kadar tutuşmanın engellenmesi veya yavaş yanmanın sağlanması arzu edilen bir durumdur. Bu amaçla tekstil ürünlerinde şu yöntemler uygulanabilmektedir;

1. Yapısı itibariyle güç tutuşan liflerin (karbon, asbest, cam, PBI, PTFE, Nomex, Kevlar gibi) kullanılması
2. Liflerin kopolimerazasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi
3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşma sağlayıcı kimyasalların ilave edilmesi
4. Kumaşın güç tutuşma sağlayan kimyasallar ile muamele edilmesi,

Bu dört yöntem de tekstil teknolojisinde geniş çaplı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kumaşın kullanım alanına bağlı olarak bu yöntemler tek tek ya da birlikte kullanılarak en iyi güç tutuşma ve yanma davranışını sergileyecek değişik kumaş yapıları elde edilebilmektedir. Çalışmada; %100 poliester esaslı kumaşa güç tutuşur özellik kazandırılması amacıyla inorganik nano perlit malzemesi ilavesi yapılarak güç tutuşurluk özellikleri test edilmiş ve Çizelge 4.4'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Güç tutuşurluk test sonuçları

	Referans kumaş		Perlit katkılı kumaş	
	Atkı yönünde	Çözü yönünde	Atkı yönünde	Çözü yönünde
Alev uzaklaştırıldıktan sonra yanma süresi	0	0	0	0
Yanarken kül bırakma	Yok	Yok	Yok	Yok
Alevin kumaş kenarına ulaşması	Yok	Yok	Yok	Yok
Yanma alanı (cm ²) 1.Test	23,31	16,96	28,67	24,18
Yanma alanı (cm ²) 2.Test	22,75	13,80	17,15	23,60
Yanma alanı (cm ²) 3.Test	21,60	19,14	21,45	19,60
Yanma alanı (cm ²) 4.Test	23,94	19,08	22,40	13,50
Yanma alanı (cm ²) 5.Test	23,68	17,49	22,40	19,14
Ortalama değer (cm ²) ± Standart.Sapma	23,06±1,31	17,29±3,07	22,41±5,82	20,00±6,06
Yanma oranı (%)	2,02	1,51	1,96	1,75

Test sonuçları incelendiğinde, inorganik nano perlit partiküllerinin poliester kumaş yapısında önemli derecede etki etmediği görülmektedir. Hatta sadece atkı ipliğinde kullanılmasından dolayı kumaşın çözgü yönünde daha hızlı yanmasına neden olduğu söylenebilir. Test edilen referans kumaşın ve perlit katkılı kumaşın çözgü sıklığı 99 tel/cm, atkı sıklığı 28 tel/cm'den oluşmaktadır. Kullanılan malzeme yoğunluğuna bağlı olarak çözgü yönünde yanma oranının atkı yönüne göre daha düşük olması beklenmiştir. Nitekim elde edilen sonuçlarda referans kumaşın atkı yönünde yanma oranı 2,02 iken, çözgü yönünde yanma oranı 1,51 olarak gerçekleşmiştir. Yanma oranı perlit katkılı kumaşta atkı yönünde 1,96 iken, çözgü yönünde 1,75 olarak gerçekleşmiştir. Kumaş sıklığında, atkı ve çözgü yönünde sıklığın yüksek olan yönde yanma oranının düşük olduğunu göstermektedir. Nano perlit partikülleri içeren modifiye poliester ipliği kumaş yapısında sadece atkı yönünde kullanılmıştır. Referans kumaş ile perlit katkılı kumaşa uygulanan güç tutuşurluk testinde atkı yönünde elde edilen değerler incelendiğinde, perlit katkılı kumaşta elde edilen sonuçlara göre atkı yönünde kumaşın yaklaşık % 2,81 oranında daha yavaş yandığını göstermektedir. Buna karşın kumaşın çözgü yönünde elde edilen güç tutuşurluk test sonuçları referans kumaş için % 1,51 yanma oranı, perlit katkılı kumaş için % 1,75 yanma oranı olarak elde edilmiştir. Bu sonuç perlit katkılı kumaşın yaklaşık % 13,55 oranında çözgü yönünde daha hızlı yandığını göstermektedir. Nano perlit partiküllerinin kumaşın atkı yönünde

yanmasını durdurduğunu hatta az miktarda düşürmesine rağmen, çözgü yönünde kullanılmamasından dolayı alevin çözgü yönüne doğru kaymasına yol açtığı sonucuna varılmıştır. Alev daha rahat ilerleyebildiği çözgü yönünde hızlı bir şekilde yanmayı arttırmıştır. Bu durum modifiye edilmiş poliester ipliğin güç tutuşurluk özellik kazandırabilmesi için atkı ve çözgü yönlerinde aynı anda kullanılması gerekliliğini göstermektedir. Modifiye edilmiş poliester ipliğin sadece atkı yönünde kullanılması kumaşın yanmasını çok az yavaşlatmasına rağmen istenilen ölçüde bir etki yapmamıştır.

Referans kumaş ve perlit katkılı kumaşın yanma mekanizmaları incelendiğinde, alev uzaklaştırıldıktan sonra yanmaması ve alevin kumaş kenarlarına ulaşmaması termoplastik ve sentetik bir lif olan poliesterden kaynaklanmaktadır.

4.4.2. Isıl iletkenlik test sonuçları

Kumaşın ısıl iletkenliği, termal özelliklerinin incelenmesinde önemli yer tutmaktadır. Isının bir bölgeden diğer bölgeye geçişi ile ilgili görüşler kullanım alanına göre farklılık göstermektedir. Giysi sektöründe, ısıl iletkenlik konfor şartları açısından istenen bir durum iken; izolasyon yapılan durumlarda, ısı geçişinin minimum olması istenmektedir. Perlit katkılı iplikten elde edilen kumaşa ve referans kumaşa ait yapılmış olan ısı iletkenlik testi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmektedir.

Çizelge 4.5. Isı iletkenlik testi ölçüm sonuçları

Test sayısı	Numune kodu	Isıl iletkenlik (W/m ² K)	Ortalama değer (W/m ² K) ± Standard Sapma
1	Perlit katkılı kumaş	0,04803	0,04945 ± 3,913x10 ⁻⁷
2	Perlit katkılı kumaş	0,05010	
3	Perlit katkılı kumaş	0,05024	
1	Referans kumaş	0,05023	0,05046 ± 2,609x10 ⁻⁷
2	Referans kumaş	0,04978	
3	Referans kumaş	0,05138	

Sonuçlar incelendiğinde, elde edilmiş olan değerler arasında çok fazla bir farkın (0,001 w/m²K) olmadığı görülmektedir. Fakat kumaşların ince olmasından dolayı en ufak değişikliklerin bile anlam ifade ettiği düşünülmektedir.

Referans kumaş ve perlit katkılı kumaş kalınlığının aynı olduğu bir durumda; bu düşüşün kumaş yapısında kullanılan iplik yapısında gözenekler bulunabileceği ile açıklanabilir. İplik üretimi aşamasında kullanılmış olan katkı malzemesi gözenekli bir yapıya sahip bir malzemedir. Katkı maddesinin öğütülmesi sonrası elde edilmiş olan nano boyuttaki malzemenin gözenekli yapısı bozulmamıştır ve gözenek hacmi altı kat artmıştır. Bu durumda iplik yapısı içerisine yerleştirilmiş olan katkı maddesinin aynı özelliklerini koruyarak kumaş yapısına taşıdığı düşünülmektedir. Kumaş üretiminde kullanılmış olan geliştirilmiş iplik yapısında bulunan perlit malzemesindeki gözenekler ısı iletkenlik değerinin çok az düşüşüne neden olmuştur.

Ayrıca, perlit katkılı liflerin kumaş yapısında sadece katkı yönünde kullanılması ısı iletkenlik değerindeki farkın düşük çıkmasına etki eden diğer bir nedendir.

4.4.3. Su buharı direnci test sonuçları

Kumaş yapısının su buharı direnci, kumaşın termal özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Kumaşın termal özellikleri, nihai kullanıcının konfor şartlarına önemli derecede etki etmektedir. Kumaş yapısının ortamda meydana gelen fazla miktardaki suyu taşıması ve ortamdan uzaklaştırılması konfor açısından istenen bir durumdur. Yani buhar direnci, kumaş yapısından birim alandan geçen su buharına karşı, kumaşın göstermiş olduğu dirençtir. Sayısal olarak değer düşük olması kumaş yapısının su buharını geçirdiğini ve konforlu bir ortam oluşturduğunu ifade etmektedir. Perlit katkılı iplikten elde edilen kumaşa ve referans kumaşa ait yapılmış olan su buharı direnci testi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmektedir.

Çizelge 4.6. Su buharı direnci ölçüm sonuçları

Test sayısı	Numune kodu	Su buharı direnci Ret (m ² Pa/W)	Ortalama değer Ret (m ² Pa/W) ± Standard sapma
1	Perlit katkılı kumaş	2,9430	3,0656 ± 1,058x10 ⁻¹
2	Perlit katkılı kumaş	3,1270	
3	Perlit katkılı kumaş	3,1270	
1	Referans kumaş	4,3034	3.9473 ± 3,560x10 ⁻¹
2	Referans kumaş	3,5912	

Sonuçlara göre perlit katkılı kumaşın su buharı direnci, referans kumaşa göre yaklaşık % 25 oranında düşüktür ve bu sonuç kumaşın su buharı geçirgenliği yönünde önemli bir gelişme olduğunu göstermektedir. Standart bir poliester kumaş % 0,4 - 0,5 oranlarında nem emme özelliğine sahip olduğundan su buharını bünyesinde tutmadan dış ortama iletmektedir. Poliester lifleri aynı özelliğini kumaş yapısında göstermektedir. Referans kumaş ve perlit katkılı kumaş kalınlığının aynı olduğu bir durumda; referans poliester ipliğin gözenekli olmayan düzgün yapısı ile açıklanabilirken, aynı zamanda perlit katkılı poliester ipliğin perlit katkısı ile kazanmış olduğu gözenekli yapısı ile de açıklanabilmektedir. Elde edilen perlit katkılı kumaşın su buharı direncinin düşmesi kumaş yapısında kullanılan perlit katkılı lifin daha gözenekli bir lif haline dönüştüğünü göstermektedir.

Kumaş yapısında bulunan perlit katkılı lifler su buharı emilmesine ve geçişine izin vermektedir. Poliester iplik yapısına katılmış olan perlit katkı maddesinin, öğütme sonrası nano boyutlarda elde edilmesi yüzey alanının altı kat artmasına neden olmuştur. Nano boyutlardaki malzemenin yüzey alanının artmasına bağlı olarak nem çekme özelliği artmıştır. Kumaş yapısında görülen su buharı direncindeki düşüş kumaş yapısında kullanılan perlit katkılı liflerde bulunan perlit katkı maddesinin olumlu sonuç verdiğini göstermektedir. Meydana gelen olumlu sonucun küçük olması poliester lif yapısına az miktarda perlit katkı maddesi ilave edilmesi ve yeterli üretim sağlanamadığından perlit katkılı liflerin sadece atkı yönünde kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.4. Antibakteriyellik ölçümü analizi

Her geçen gün gerçekleşen gelişmeler ile insanların yaşam tarzları ile beraber kullandıkları ürünlerde talep ettikleri standartlar değişmektedir. Tekstil ürünlerinde bu değişimlere ayak uydurmakta ve her geçen ilerleme göstermektedir. İnsanlar kullandıkları ürünlerde kalite, estetiklik ve görünüşün yanı sıra konfor ve hijyenik ürünler talep etmektedir. Bu beklentiler açık alanlarda kullanılan tekstil ürünlerinde daha çok olmaktadır. Normal olarak yaşam ortamında yer alan mikroorganizmalar ortam ile uyumlu bir şekilde yaşamaktadır. Fakat bu uyum, zaman içerisinde uygun şartların oluşması durumunda mikroorganizmaların kontrolsüz çoğalmaları ile

bozulmaktadır. Mikroorganizmaların kontrolsüz bir şekilde çoğalmaları istenmeyen bir durumdur ve bunun kısıtlanması için tekstil ürünlerinde apre işlemleri veya liflerin modifiye edilmesi ile geliştirmeler yapılmaktadır. Tekstil ürünlerine kullanım alanlarına göre farklı antibakteriyel aktivite kazandırma yöntemleri mevcuttur. Yapılmış olan çalışmada, kullanılmış olan katkı maddesi lif bünyesine yerleştirilmiş ve elde edilen liflerden kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Nihai ürün üzerinde yapılan antibakteriyel aktivite belirleme testi ile kumaşın antibakteriyellik oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda test başlangıcındaki referans değerler ve 24 saat sonra oluşan değerler sırasıyla Çizelge 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.7 Antibakteriyellik test sonucu değerleri (% Bakteri azalması cinsinden)

	Referans kumaş	Perlit katkılı kumaş
S.Aureus (+)	93,56	98,33
	89,65	97,29
Ortalama değer	91,60	97,81
E.Coli (-)	27,27	12,73
	58,58	50,41
Ortalama değer	42,92	31,57

Yapılmış olan ölçümler sonucunda referans kumaş üzerindeki S.Aureus (+) bakteri ölüm oranı ortalama % 91,60 olarak belirlenmiştir. Perlit katkılı kumaş üzerinde yapılan ölçümler sonucunda S.Aureus (+) bakteri ölümünde ortalama % 6,21 artış olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen bu olumlu durumun aditif malzemenin sahip olduğu metal bileşimler ve SiO₂ bileşiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer kimyasal yapıdaki zeolit malzemesinin antibakteriyellik özellik sağladığı bilinmektedir. Perlit malzemesi kimyasal bileşiminden dolayı antibakteriyel özellik gösterdiğinden gıda ve ilaç sanayisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılmış olan çalışmada kumaş yapısına katılmış olan perlit malzemesi Gram (+) bakterilerine karşı antibakteriyel özelliğini koruduğunu göstermektedir.

E.Coli (-) bakterilerine ile yapılan ölçümler sonucunda, referans kumaşta ortalama bakteri ölümü % 42,92 olarak tespit edilirken, perlit katkılı kumaşta ortalama bakteri

ölümü %31,57 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bakteri aktivesi perlit katkılı kumaşta artarak ölüm değeri ortalama % 11,36 oranında düşmüştür.

5. SONUÇ

Günümüzde farklı özelliklere sahip tekstil ürünlerinin geliştirilmesi artarak devam etmektedir. İnsan ihtiyaçlarının artması, konfor ve güvenlik parametrelerinin ön plana çıktığı ürünlerde taleplerin artması, tekstil malzemelerinde araştırmalar yapılmasını desteklemektedir. Bu araştırmaların çoğu, diğerlerine göre ürünlerde geliştirmeye olanak sağlayan sentetik polimer esaslı kimyasal lifler üzerinde olmaktadır. Dünyada sentetik lif tüketiminde birinci sırada yer alan poliester, araştırma geliştirme çalışmalarının yoğunlaştığı polimerdir. Farklı özelliklere sahip sentetik liflerin geliştirilmesi için yeni polimer veya lif çekim ünitesi tasarımı uzun süreli ve maliyetli çalışmalardır. Bundan dolayı mevcut üretim hatlarında, var olan sentetik liflerin modifikasyonu ile geliştirme çalışmaları yapmak hızlı bir yöntemdir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Son on yıl içerisinde nano malzemelerde ve nano teknolojide meydana gelen gelişmeler, farklı özelliklere sahip polimer esaslı sentetik lif modifikasyonu çalışmalarını etkilemiştir. Nano boyuttaki malzemelerin sentetik lif içerisine yerleştirilmesi ile modifikasyon gerçekleştirilmektedir.

Türkiye'nin yer altı kaynakları bakımından zengin olması nano malzeme çalışmalarının yapılmasına olanak sağlamaktadır. Perlit malzemesi Türkiye'nin sahip olduğu önemli yer altı kaynakları arasında yer almaktadır. Perlitin dünya rezervlerinin % 74'ü Türkiye'de yer almaktadır. Dünya rezervlerinin büyük bir bölümünün Türkiye'de olması ve sahip olduğu özelliklerin tekstil malzemelerine önemli özellikler katabileceği düşünülerek; çalışmada perlit malzemesi ile poliester liflerinin modifikasyonuna çalışılmıştır. Spinboy iplik çekim ünitesinde üretilen perlit katkılı poliester ipliklerin, atkı ipliği olarak kullanılmasıyla elde edilen kumaşa testler yapılmıştır.

Poliester lifinin yapısına perlit malzemesinin katılabilmesi için yapılmış olan nano boyuta ulaşma, çalışmanın ilk aşamasını oluşturmuştur. Ticari olarak piyasada bulunan mikronize perlit, öğütme işlemleri sonucunda nano boyutlarda elde edilmiştir. Perlit malzemesinin nano boyutlara indirilmesi konusunda literatürde daha önce yapılmış bir çalışma görülmemiştir. Malzemenin nano boyutlara indirilmesi ile yapıda önemli özellikler kazandırmanın yanı sıra istenmeyen durumlar da meydana gelmiştir. Malzemenin yüzey alanı, gözenek hacmi artmıştır. Bunun yanı sıra gözenekli yapısında

bir değişiklik meydana gelmemiştir. Malzemenin bu özelliklerinin gelişmesi istenen ve beklenen bir durumdur. Poliester lifinde yapılmış olan modifikasyonlara önemli katkı sağlamıştır. Malzemede meydana gelen yüzey alanı ve gözenek hacmi artışı, malzemenin nem çekme özelliğini artırmıştır. Nem çekme özelliğinin artışı malzemede istenen bir durumdur fakat malzemenin topaklanmasına neden olmuştur. Nano boyuttaki partiküllerin topaklanarak büyük partikül oluşturması istenmeyen bir durumdur. Büyük perlit partiküllerinin poliester lifinin içerisine yerleştirilmesi mümkün değildir. Nitekim denemeler süresince büyük partiküller üretimin sürekliliğine engel olmuştur. Topaklanmış nano perlit malzemesi üretim esnasında filtreleri tıkayarak basınç artışına neden olmuştur. Bu nedenle, az miktarda modifiye edilmiş poliester lif üretimi gerçekleştirilmiştir.

Sentetik lif üretiminde yapı içerisine çeşitli malzemelerin katılması masterbatch granülleri oluşturularak sağlanmaktadır. Bu yöntem boyalı lif üretimi veya lif modifikasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Perlit malzemesinin nano boyutlara indirilmesinin ardından, poliester lif yapısına katılması için masterbatch üretimi ikinci aşamayı oluşturmuştur. Masterbatch granülleri üretiminde çift vidalı ekstürüder kullanılmıştır. Elde edilen masterbatch granüllerinin analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarında perlit malzemesinde meydana gelen nem çekme özelliğinin malzeme tarafından korunduğu görülmüştür. SEM analizlerinde, perlit partiküllerinin topaklanmasını koruduğu, topaklanmış yapıların dağılmadığı ortaya çıkmıştır. İleriki çalışmalarda perlit malzemesi üzerinde yüzey modifikasyonu denemeleri yapılması ve böylece malzemenin kazanmış olduğu özelliklerin korunmasının yanı sıra topaklanma sorununun giderilmesi yönünde çalışmalar yapılabilir.

Masterbatch granülleri içerisine perlit partiküllerinin yerleştirilmesinden sonra gerçekleştirilen iplik üretimi, çalışmanın üçüncü aşamasını oluşturmuştur. Spinboy iplik çekim ünitesinde poliester iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Masterbatch granülleri PET polimeri ile %5 oranında karıştırılmıştır. Üretim esnasında masterbatch granülleri içerisinde bulunan topaklanmış perlit partiküllerinin basınç altında dağılacağı düşünülmüştür. Fakat topaklanmış perlit partikülleri dağılmamıştır ve filtreleri tıkayarak iplik çekim ünitesinin basıncının artmasına neden olmuştur. Basınç artışı 3-4 dk süre

içerisinde meydana gelmiştir. Bu durum az miktarda modifiye poliester iplik üretimine neden olmuştur.

Modifiye (perlit katkı) poliester iplikten kumaş üretimi, çalışmanın son aşamasını oluşturmaktadır. Kumaş yapısında modifiye poliester ipliğin etkisini görebilmek amacıyla, iplikler atkı yüzü saten kumaş yapısında atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Üretim sonrası yapılan fiziki gözlemlerde kumaş renginin referans kumaşa göre değiştiği görülmüştür. Nano perlit partiküllerinin iplik yapısında meydana getirdiği renk değişikliği kumaş formunda net olarak görülmektedir. Kumaş testlerinin sonuçlarından görüldüğü üzere, nano perlit partikülleri kumaş özelliklerinde olumlu gelişmeler sağlamıştır. Kumaş özelliklerinin daha ileri seviyelere çıkartılması, modifiye poliester iplik üretiminin sürekliliğinin sağlanması ve nano perlit partiküllerinin iplik yapısı içerisine homojen dağılması ile sağlanabileceği öngörülmektedir. Modifiye poliester ipliğin atkı ve çözgü sisteminde kullanılması durumunda kumaş özelliklerinin daha iyi olacağı düşünülmektedir.

Nano perlit partikülü içeren masterbatch granülleri % 5 oranında PET polimerine eklenerek elde edilen poliester ipliğinden kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kumaş yapısının su buharı direncinde önemli derecede düşüş meydana gelmiştir. Bu durum kumaş yapısının nem geçişine olanak sağladığı ve daha iyi nefes alabilir özelliği gösterdiğini ifade etmektedir.

Silisyum özellikli maddelerin antibakteriyellik sağladığı bilinmektedir. Kullanılan nano perlit partiküllerinin kimyasal yapısında % 74 oranında SiO₂ bulunması antibakteriyel olmasını sağlamaktadır. Kumaş yapısında bulunan nano perlit partikülleri, gram pozitif cinsi S.Aureus bakterilerine karşı dayanıklılığını arttırmıştır ve bakteri ölümünde yaklaşık % 5 oranında artışa neden olmuştur. Buna karşın daha dayanıklı olan gram negatif cinsi E.coli bakterisine karşı aynı etkiyi göstermemiştir. E.coli bakteri ölümü önemli derece düşmüştür.

Kumaş yapısının sağladığı ısı iletkenliğinde önemli bir değişimin meydana gelmemiştir. Fakat kumaş yapısının ince olması, modifiye poliester liflerinin sadece atkı sisteminde kullanılması ve yapısında az miktarda homojen dağılmamış nano perlit partikülü olması meydana gelen ufak değişikliğin teyit etmektedir. Bu sınırlamaların ortadan kaldırılması

ile elde edilecek olan kumaş yapısının daha iyi ısı iletkenliği özelliği göstereceği düşünülmektedir.

Nano perlit partikülleri ile modifiye edilen poliester liflerin yanma direnci üzerine çok etkisi olmamıştır. Perlit katkılı kumaşta elde edilen yanma oranı sonuçları perlit katkılı poliester ipliğin, atkı yönünde yanmayı durdurduğu hatta biraz düşürdüğü tespit edilmiştir. Fakat elde edilen yaklaşık % 3,25 yanma oranı düşüşü çok düşük bir sonuçtur. Ayrıca perlit katkılı kumaşın yanma oranının atkı yönünde düşmesine rağmen çözgü yönünde yanma oranının yaklaşık % 15,25 oranında arttığı görülmüştür. Bu durumda perlit katkılı kumaşın atkı yönünde yanması dururken alevlerin çözgü yönüne kayması, kumaşın çözgü yönünde hızla yanmasına neden olmuştur. Perlit katkılı poliester ipliğin sadece atkı yönünde kullanılması kumaşın genel yanma özelliği üzerinde önemli bir değişiklik yapmamıştır. Hatta çözgü yönünde daha hızlı yanarak perlit katkılı kumaşın yanmasının hızlandığı söylenebilir. Perlit katkılı poliester ipliğin çözgü ve atkı yönlerinde kullanılmasının kumaşın yanma hızında düşüş sağlayabileceği düşünülmektedir.

Poliester liflerinin nano perlit partikülleri ile modifiye edilmesi, poliester liflerinin morfolojik yapısında ve mekanik performansında çok az değişim yaptığı tespit edilmiştir. İleriki çalışmalarda, poliester liflerinin perlit malzemesi ile modifikasyonun geliştirilmesi ve elde edilmeye çalışılan özelliklerin daha ileri seviyeye taşınabilir. Perlit katkılı poliester ipliğin üretim sürekliliği sağlanarak, yeterli miktardaki perlit katkılı poliester ipliğin üretiminin sağlanması üzerinde çalışmalar yapılması elde edilecek özelliklerin görülmesini kolaylaştıracaktır. Yaşanan problemlerin giderilmesinin ardından atkı ve çözgü yönlerinde perlit katkılı poliester iplik kullanılarak kumaş üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi olumlu sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Albrecht, W., Fuchs, H., Kittelmann, W. 2002. Nonwoven Fabrics. Wiley VCH, Weinheim, Germany, 748 pp

Altınok, U.B. 2008. Tekstil Yüzeylerinin antibakteriyel özelliklerinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Akcam, O. 2006. Perlitin Tekstilde Kullanımı. *Lisans Bitirme Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Tekstil mühendisliği, Bursa.

Anonim, 2004. PET Fiber Spinning Technology. <http://www.chemsystems.com/reports/search/docs/abstracts/0304-S8-abs.pdf> (09.02.2011)

Anonim, 2006. Gözenek Boyut Dağılımı, Perlit, www.genper.com.tr (03.02.2006)

Anonim, 2007. Masterbatch üretim prosesi (http://www.pmb.co.uk/knowledge_how.htm, (25 08 2007)

Anonim 2008. Perlit, www.tasper.com.tr, (03.07.2008).

Anonim, 2011. Polyester fiber. Melt spinning proces system <http://www.fibersource.com/f-tutor/polyester-form.htm> (08.02.2011).

Anonim, 2011. Spinneret. http://cplastec.com/product_index.php (12.03.2011)

Anonim, 2011. Polybutylene Terephthalate (PBT). <http://www.dowell.com.hk/whatisPBT.htm> (30.03.2011) .

Anonim, 2011. Yapı endüstrisinde Perlit Kullanımı. <http://ihtilalgunduz.com/index.php>, (09.07.2011).

Anonim, 2011. *Escherichia Coli* Bakterisi. http://tr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli, (10.08.2011).

Anonim, 2011. *Stafilokok Aereus* Bakterisi. <http://www.itusozluk.com/goster.php/staphylococcus+aureus>, (10.08.2011).

Anonim, 2011. Masterbatch Granülleri. <http://chinakeysun.en.made-in-china.com/product/RoTQJnMdgvkK/China-VCI-Masterbatch.html>, (25.08.2011)

Anonim, 2011. Renklendirilmiş masterbatch granülleri (<http://unicolor.ca/knowledge.htm>, (25.08.2011)

Arslan, İ.H., Yiğit, E., Özel, P. 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Raporu. Devlet Planlama Teşkilatı. 2001.

Aşçıoğlu, B. Adanur, S. 2003. Nano Engineered Fire Resistant Composite Fibers. Auburn University Annual Research Forum, Auburn.

Bektas, F., Turanlı, L., Monteiro, P.J.M. 2004. Use of perlite powder to suppress the alkali silica reaction. *Elsevier Cement and Concrete Research* 35 (2005) pp. 2014–2017

Billmeyer, F. W., Saltsman, M. 1967. Principles of Colour Technology. *Interscience*, New York, U.S.A.

Brown, T.J., Bide, T., Walters, A.S., Idoine, N.E., Shaw, R.A., Hannis, S.D., Lusty, P.A.J., Kendall, R. 2011. World Mineral Production. British Geological Survey, Nottingham

Çelen, O., 2011. Sözlü Görüşme. Korteks A.Ş. O.S.B. Nilüfer, Bursa (04.05.2011) e-posta: onur.celen@zorlu.com

Chatterjee, A., Deopura, B.L. 2005. High modulus and high strength PP nanocomposite filament. Elsevier www.elsevier.com/locate/compositesa Part A 37 (2006) pp. 813–817 (11.08.2011)

Daoust, J.S. 1983. Additives for Plastics. *Springer Verlag*, New York, U.S.A. *Heidelberg* Berlin, Germany.

Demir, A. 2006. Sentetik filament iplik üretim ve tekstüre teknolojileri. Editör: Oylum, B. s. 28-36

Doğan, M., 2001. Sulu Ortamda Perlit'in Yüzey Yükünün ve Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Balıkesir.

Eklund, P.C., Ochoa, R. 1994. New Nanophase Materials and Catalysts from Laser Pyrolysis. *CAER, University of Kentucky Energia Journal*, Vol.5, No.6

Erdem, N., Erdoğan, U.H., Akşit, A. 2010. Nano-Kompozit Polipropilen Filamentlerin Üretimi ve Özellikleri. *The Journal Of Textiles and Engineers*, Yıl 15, Sayı 69.

Gul, V. E. 1968. Electroprovodnyie polimernye materialy. *Chimiia*, Moscow, Russia.

Güney, F., Üçgül, İ. 2009. Koruyucu Giysiler İçindeki Nefes Alabilir Membranların Termal Yalıtım Özellikleri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1/2010

Hockenberger, A. 2004. Tekstil Fiziği. Alfa Basım ve Yayım, İstanbul, Türkiye, 255 s.

Jeong S.H., Yeo S.Y., Yi S.C. 2005. The Effect of Filler Particle Size on the Antibacterial Properties of Compounded Polymer/Silver Fibers. *Journal of Material Science*, 40, pp. 5407-5411.

Kadolph, S.J. 2007. Textiles. Pearson Prentice Hall., United Kingdom. 496 pp

Kahn, M.B. 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Karaca, E. 2004. Kimyasal lifler, Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Ders Notları, Bursa, 104 s.

Kurian, J.V. 2005. A New Polymer Platform for the Future Sorona from Corn Derived 1,3-Propanediol. *Journal of Polymers and the Environment*, Vol. 13, No. 2

Marcinčin A., Hricová M., Ujhelyiová A., Brejka O., Michlík P., Dulíková M., Strecká Z., Chmela Š. 2009. Effect of Inorganic (Nano)fillers on the UV Barrier Properties, Photo and Thermal Degradation of Polypropylene Fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No.6 (77) pp. 29-35.

Militkiy, J., Vanicek, J., Krystufek, J., Hartych, V. 1991. Modified Polyester Fibres. *Elsevier Textile Science and Technology* 10 (1991) pp. 46-60

Olabisi, O., Robeson, L. M., Shaw, M.T. 1979. Polymer-Polymer Miscibility. Academic Press, New York, U.S.A.

Olejnik, S., Aylmore, L.A.G, Posner, A.M., Quirk J.P. 1967. Infrared Spectra of Kaolin Mineral-Dimethyl Sulfoxide Complexes. *The Journal of Physical Chemistry*, Vol. 72, No:1, pp. 241-249.

Öz, M.K. 2006. Yanmaya karşı dirençli (FR) ve katyonik boyalarla boyanabilen (CD) polyester üretimi ve bu polyesterin elyaf prosesi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana

Pichor, W., Janiec, A., 2007. Thermal stability of expanded perlite modified by mullite *Elsevier Ceramics International* 35 (2009) pp. 527-530

Rogers, M.E., Long, T.E. 2003. Synthetic methods in step growth polymers. Editör: Wiley Interscience, pp. 45-47

Rottstegge, J. (Y. K. Qiao), Zhang, X., Zhou, Y., Xu, D., Han, C.C., Wang D. 2006. Polymer Nanocomposite Powders and Melt Spun Fibers Filled with Silica Nanoparticles. Wiley InterScience www.interscience.wiley.com (11.08.2011).

Rudnik, E. 2008. Compostable polymer materials. Elsevier, printed and bounding in Hungary, 208 pp.

Schwarz, R. J. 1975. Fire Retardation of Polyethylene. *Dekker*, New York, U.S.A.

Seymour, R.B. 1978. Additives for Plastics, vol. 2(ed. Seymour, R.B.) Academic Press, New York, U.S.A.

Strobel, F., Canino, S. C. 1962. Industrial Engineering. Chemical Production, Research and Development pp.241.

Şefkat, B. 2005. Bir poliester üretim tesisinde üretim parametrelerinin modül üzerine etkisinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Tanrısimbilir, S. 1995. Preparation and identification of perlite filled polypropylene composites, *Master of Science Thesis*, The middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Polymer Science and Technology, Ankara.

Tekin, G. 2004. Perlit ve Sepiyolit'in Amonyumheptamolibat ile Modifikasyonu ve Elektrokinetik Özellikleri, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6.2, 35-49 s.

Topcu, I.B., Isıkdağ, B. 2006. Manufacture of high heat conductivity resistant clay bricks containing perlite. *Elsevier Building and Environment* 42 (2007) 3540-3546.

Uğur, S.S., Sivri, C. 2008. Tekstil Materyallerinde Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Metotlarının Karşılaştırılması. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2008 (3) 13-20 s.

Uğurlu, M. 2003. Kağıt Endüstrisi Atık Sulardan Lignin ve Fenol'ün Perlit Minerali ile Giderimi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(47), 11-16.

Vale, C. P., Searle, N. Z. 1961: Chemical. Industry. pp. 258.

Wang, D., Lmi, Y., Zhao, Y., Gu, L. 2003 Polyacrylonitrile Fibers Modified by Nano-Antimony Doped Tin Oxide Particles. *Textile Research Journal*, 74(12), pp. 1060-1065

Yakartepe, M. 1995. Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa Cilt:3, Yayın no:40

Yilmazer, S., Ozdeniz, M.B. 2004. The effect of moisture content on sound absorption of expanded perlite plates. *Elsevier Building and Environment* 40 (2005) pp. 311-318

Yurdakoç, M.K. 1987. Bazı Yerli Kil Örneklerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin ve Ni/Kil Katalizörler Üzerinden Benzen Hidrojenasyonunun İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Okan AKÇAM
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul / 1984
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Tuzla Lisesi (Y.D.A.) / 2000
Lisans : Uludağ Üniversitesi – Tekstil Mühendisliği / 2006
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Tekstil Mühendisliği / 2011

Çalıştığı Kurum(lar) : Adoksan Tekstil San. Tic. A.Ş. / 2008-Halen

İletişim : okan_akcam@hotmail.com