

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PAMUK VE ELASTAN KARIŞIMI DENİM KUMAŞLARIN BORİK ASİT,
BORAKS DEKAHİDRAT, NANO-SİO₂, TRİAZİN VE FOSFOR BİLEŞİMLERİ
VARLIĞINDA GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

GÖKHAN EYİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Nilgün BECENEN

EDİRNE-2019

Gökhan EYİ'nin hazırladığı "Pamuk ve Elastan Karışımı Denim Kumaşların Borik Asit, Boraks Dekahidrat, Nano-SiO₂, Triazin ve Fosfor Bileşimleri Varlığında Güç Tutuşurluk Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Nilgün BECENEN (Danışman)

Doç. Dr. Aylin YILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZYILDIRIM

.....
.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 18/06/2019

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.


İmza

Dr. Öğretim Üyesi Nilgün BECENEN

Tez Danışmanı

.....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Y. 

.....
(Prof. Dr. Murat YURTCAN)

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

18 / 06 / 2019

Gökhan EYİ



Yüksek Lisans Tezi

Pamuk ve Elastan Karışımı Denim Kumaşların Borik Asit, Boraks Dekahidrat, Nano-SiO₂, Triazin ve Fosfor Bileşimleri Varlığında Güç Tutuşurluk Özelliklerinin İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Günden güne artmakta olan emniyet ve güvenlik ihtiyacı, tekstil sektöründe de kendisini alev geciktiricili ürünlere olan talebin yükselmesi ile göstermektedir. Tekstil endüstrisinde, mevcut ürünlerde yeni bir etki yaratmak, kullanım özelliklerini geliştirmek, bilinen apre kimyasallarının performansını arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca son yıllarda artan kimyasal kirlilik bilinçli ile kullanıcıların tercihi de çevreci tekstil ürünlerinden yana olmaktadır. Bu nedenlerle, tekstil ürünlerin tasarlanıp üretilmeleri için, üretim süreçlerinin ve teknolojilerinin daha çevreci olmalarına çalışılmakta ve çeşitli tasarım modelleri planlanmaktadır. Bu çalışmada, hem kullanıcıların çevre ve insan güvenliği kaygılarını hem de kimyasal üreticilerinin, ticari sebeplerinden kaynaklanan kaygılarını gidermek için mevcut alev geciktiricilerin performansını arttıracak, elementlerin sinerjistik kombinasyonlarına dayanan çok bileşenli apre çözeltileri tasarlanmıştır. Selülozik lifler için tutuşma derecesini düşüren apre çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmada farklı bir yaklaşım olarak, % 99 pamuk % 1 elastan içeren denim kumaşın termal direncini arttırmak ve yüksek güç tutuşurluk özellik kazandırmak için borik asit, boraks, nano SiO₂, fosfor ve azot bileşimlerinin (CTAP) her biri ayrı ayrı ticari apre çözeltilisine ilave edilerek apre çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan çok bileşenli apre çözeltileri kumaş numunelerine boyama sonrası bitim işlemi olarak uygulanmıştır. Çalışmanın amaçları; 1. Güç tutuşurluk etkisine sahip, ticari apre kimyasalına, borik asit, boraks (sodyum deka hidrat) nano-

SiO₂, ve CTAP bileşiklerinin ilavesinin, güç tutuşurluk performansı üzerindeki etkilerini belirlemek 2. Borik Asit, boraks, nano SiO₂ ve CTAP bileşiklerinin denim kumaşların yüzey özellikleri, termal direnç ve alev geciktirici özelliklerine etkisini uluslararası standart ölçümlerle belirlemek ve bu şekilde denim kumaşların kullanım alanlarının arttırmak 3. Tekstiller için mevcut alev geciktirici aprelerde uygulanabilir yöntemlerle sinerjik etki mekanizması ile oluşturabilecek güç tutuşurluk performans iyileştirmelerine dikkat çekmektedir.

Hazırlanan apre çözeltileri, fular-kurutma-fikse(pad-dry) yöntemi ile denim kumaşlara emdirilmiştir. Denim kumaşların yüzey özellikleri SEM-EDX ölçümleri ile yorumlanmıştır. Apresiz ve apreli denim kumaşların TGA analizi ile termal özellikleri AATCC 100 metodu ile de antibakteriyel etkileri, güç tutuşurluk performansları, limit oksijen indeks ölçümü (LOİ) TS 11162-1 EN ISO 4589-1 ve koruyucu giysiler TS EN ISO 15025 (dikey yanma) ve testleri ile ölçülmüş sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Sonuç olarak, çalışmada hazırlanan çok bileşenli kimyasal çözeltilerin her biri denim kumaş yüzeylerinde, kaplama tabakası oluşturabilmiştir. Ticari apre çözeltilerinin güç tutuşurluk etkisini arttırmak için içine ilave edilen, borik asit, boraks, nano-SiO₂ ve CTAP kimyasalları kumaş yüzey yapısına girmiştir. Ticari apre çözeltilerinin güç tutuşurluk performansını basit ve uygulanabilir bir yöntemle arttırmışlardır. Apre çözeltilerinin güç tutuşurluk etkilerini belirlemede TGA, LOI ve dikey yanma testlerinin bir arada kullanılması anlamlı ve kesin sonuçlara ulaşılması açısından yeterli olmuştur. Borik asit içeren apre çözeltisi ile işlem görmüş numunelerin *S.Aureus* karşı antibakteriyel etkisi %90 olarak bulunmuştur. Denim kumaşların termal dayanım, güç tutuşurluk ve antibakteriyel özelliklerinin artırılması ile kullanım alanları geliştirerek yüksek performanslı ürünlerin üretiminde kullanılacağı tespit edilmiştir.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 119

Anahtar Kelimeler : Denim Kumaş, Borik Asit, Güç Tutuşur Apre, Yanma Testleri

Master's Thesis

Investigation of Flame Retardant Properties of Cotton and Elastane Blended Denim Fabrics in the Presence of Boric Acid, Borax Decahydrate, Nano-Sio₂, Triazine and Phosphorus Compositions

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Applied Sciences and Technology

ABSTRACT

The increasing demand for safety and security is also reflected in the increasing demand for flame retardant products in the textile sector. In the textile industry, various studies are carried out in order to create a new effect on the existing products, to improve the usage properties and to improve the performance of known finishing chemicals. Furthermore, with the increasing awareness of chemical pollution in recent years, the preference of the users is in favor of environmentally friendly textile products. For these reasons, in order to design and produce textile products, production processes and technologies are tried to be more environmentally friendly and various design models are planned. In this study, multicomponent finishing solutions based on synergistic combinations of elements are designed to improve the performance of existing flame retardants in order to alleviate both the environmental and human safety concerns of users and the concerns of chemical manufacturers for commercial reasons. For cellulosic fibers, finishing studies are available to reduce the degree of ignition. As a different approach in this study, boric acid, borax, nano SiO₂, phosphorus and nitrogen compounds (CTAP) were added to commercial finishing solution separately to increase thermal resistance of denim fabric containing 99% cotton and 1% elastane. Finishing solutions were prepared. The prepared multi-component finishing solutions were applied to the fabric samples after dyeing as a finishing process. Objectives of the study; 1. To determine the effects of the addition of commercially available chemical,

boric acid, borax (sodium deca hydrate) nano-SiO₂, and CTAP compounds, which have the effect of flammability, on the performance of the flame retardant. properties, thermal resistance and flame retardant properties to determine the effect of international standard measurements and thus to increase the use of denim fabrics.

The prepared solutions were impregnated with denim fabrics by pad-dry method. The surface properties of denim fabrics were interpreted by SEM-EDX measurements. Thermal properties of non-treated and finished denim fabrics by TGA analysis AATCC 100 method, antibacterial effects, strength ignition performance, limit oxygen index measurement (LOI) TS 11162-1 EN ISO 4589-1 and protective clothing TS EN ISO 15025 (vertical combustion) and Test results were compared and compared with each other. As a result, each of the multicomponent chemical solutions prepared in the study was able to form a coating layer on denim fabric surfaces. Boric acid, borax, nano-SiO₂ and CTAP chemicals added to the commercial finishing solution were added to the fabric surface structure in order to increase the strength flammability effect. They improved the flame retardancy performance of commercial finishing solution in a simple and applicable method. Combination of TGA, LOI and vertical combustion tests to determine the power flammability effects of finishing solutions was sufficient to reach meaningful and definite results. The antibacterial effect of the samples treated with boric acid-containing finishing solution against S.Aureus was found to be 90%. It has been determined that denim fabrics can be used in the production of high performance products by improving their usage areas by increasing their thermal strength, strength and antibacterial properties.

Year : 2019

Number of Pages : 119

Keywords : Denim Fabric, Boric Acid, Flame Retardant Finish, Combustion Tests

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında değerli zamanını bana ayıran, beni her anlamda yönlendiren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Nilgün BECENEN'e teşekkür ederim. Deneylerde kullanılan kumaşların temin edilmesinde yardımcı olan Kilim Grubu Kartaltepe Mensucat T.A.Ő. firmasına ve Genel Müdürü Nadir KARTAL'a teşekkür ederim. CTAP kimyasalının sentezinde yardımcı olan Doç.Dr. Özlen ALTUN'a teşekkür ederim. Projeme maddi destek veren Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (TÜBAP 2017/219 nolu proje) teşekkür ederim. Kimyasalların laboratuvar da üretilmesi konusunda yardımcı olan Doç. Dr. Özlen ALTUN'a teşekkür ederim. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü akademik ve idari personeline tüm destekleri için teşekkür ederim. Ayrıca tezimin hazırlanma aşamasında her zaman, her konuda sonsuz güvenlerini ve desteklerini hissettiğim sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.Tekstil Malzemelerinin Yanıcılığı.....	3
2.2. Yanma Özelliklerine Etki Eden Kumaş Özellikleri.....	9
2.3. Tekstil Malzemelerine Güç Tutuşurluk Özelliğın Kazandırılması.....	14
2.4. Tekstiller İçin Alev Geciktiriciler.....	18
2.4.1.Fosfor İçerenler.....	19
2.4.2.Halojen İçerenler.....	20
2.4.3.Bor ve Türevlerini İçerenler.....	21
2.4.4.Azot İçerenler.....	23
2.4.5.Silikon İçerenler.....	25
2.4.6. Metal İçerenler.....	25
2.4.7.Antimon İçerenler.....	26
2.4.8. Nanometrik İçerenler.....	27
2.5.Güç Tutuşurluk Bitim İşlemleri Mekanizması.....	27
2.5.1.Yanma Sırasında Açığa Çıkan Enerji Miktarının Azaltılması.....	28
2.5.2.Harcanan Enerji Miktarının Azaltılması.....	28

2.5.3.Piroliz Mekanizmasının Değiştirilmesi.....	29
2.5.4.Yanmayı Frenleyici Ürünlerin Kullanılması.....	29
2.6.Güç Tutuşurluk Kimyasallarının Tekstil Malzemelerine Aplikasyon Yöntemleri	30
2.6.1. Ultraviyole (UV) Kürtleme Yöntemi.....	30
2.6.2.Fular-Kurutma Yöntemi.....	31
2.6.3.Kaplama Yöntemi.....	31
2.6.4.Sol-Jel Yöntemi.....	31
2.6.5.Plazma Yöntemi.....	31
2.6.6.Nano Partiküllerin Kumaşlara Aplikasyonu.....	31
2.7.Güç Tutuşurluk Ölçüm ve Test Standartları.....	32
2.7.1.Limit Oksijen İndeksi (LOI).....	32
2.7.2.Dikey Yanmazlık Testi.....	33
2.7.3.Yanma Testleri.....	34
2.7.4.Alev Yayılma Testi.....	34
2.7.5.45°C Eğik Yakma Testi.....	35
2.8.Bu Alanda Yapılan Çalışmalar.....	35
3.DENİM KUMAŞ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİMİ.....	38
3.1.Denim Kumaş Tarihçesi.....	38
3.2.Denim Kumaş Tanımı.....	38
3.3.Denim Kumaş Üretimi.....	39
3.3.1.İplik Prosesi.....	39
3.3.2.İndigo Prosesi.....	45
3.3.3.Dokuma Prosesi.....	46
3.3.4.Terbiye Prosesi.....	47
3.3.5.Kalite Kontrol ve Paketleme Prosesi.....	50

4.MATERYAL VE METOD.....	52
4.1.Materyal.....	52
4.1.1.Kumaş.....	52
4.1.2.Kimyasallar.....	52
4.2.Metod.....	53
4.3.Numune Karakterizasyonu.....	59
4.3.1. Yüzey Analizleri.....	59
4.3.2. Performans Özellikleri.....	59
4.3.3.Tutuşurluk Özelliklerin Belirlenmesi.....	61
4.3.3.1.Dikey Yanma Testleri.....	61
4.3.3.2.Limit Oksijen İndeksi (LOI) Testi.....	61
4.3.4.Denim Kumaşların Yapısal Özellikleri.....	63
5.DENEYSEL BÖLÜM.....	65
5.1.Denim Kumaşların Yüzey Özellikleri.....	65
5.1.1.SEM Analizleri.....	65
5.1.2.EDX Analizleri.....	69
5.1.3.TGA (Termogravimetrik) Analizleri.....	76
5.1.4.Antibakteriyel Etki Sonuçları.....	87
5.1.5.Güç Tutuşurluk Performans Test Sonuçları.....	88
5.1.5.1.Limit Oksijen İndeksi (LOI) Test Sonuçları.....	88
5.1.5.2.Dikey Yanma Test Sonuçları.....	90
5.2.Yapısal Özellikler.....	93
6.SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	95
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	103

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Boraks: Di Sodyum Tetra Borat Dekahidrat

CTAP: Fosfor ve Diklorotriazin Bileşenleri

PVC: Poli (vinilklorür)

PVDC: Polivinilidenklorür

PTFE: Politetrafloretilen

PBI: Polibenzimidazol

Tg: Camlaşma Noktası

Tm: Erime Noktası

Tp: Piroliz Sıcaklığı

Tc: Tutuşma Sıcaklığı

UV: Ultraviyole

S.Aureus: Staphylococcus Aureus

SEM: Search Engine Optimization

EDX: Energy Dispersive X-Ray

LOI: Limit Oksijen İndeks

TGA: Termogravimetrik Analiz

ISO: International Organization For Standardization

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.Çeşitli Tekstil Elyaflarının En Önemli Piroliz ve Yanma Ürünleri.....	8
Çizelge 2.2.Bazı Liflerin Termal ve Güç Tutuşurluk Özellikleri.....	12
Çizelge 2.3.Liflerin Yanma Karakteristikleri.....	13
Çizelge 2.4.Doğal Olarak Alev Geciktirici Polimerlerden Yapılan Liflerin Özellikleri.....	17
Çizelge 2.5.LOI Değerleri Tanımları.....	62
Çizelge 5.1.Apresiz Kumaş EDX Sonuçları.....	70
Çizelge 5.2.Ticari Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları.....	71
Çizelge 5.3.Boraks İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları.....	72
Çizelge 5.4.Borik Asit İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları.....	73
Çizelge 5.5.SiO ₂ Nano Partiküllerini İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları.....	74
Çizelge 5.6.CTAP İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları.....	75
Çizelge 5.7.TGA Analiz Sonuçları.....	86
Çizelge 5.8.Anti Bakteriyel Etki Sonuçları.....	88
Çizelge 5.9.Limit Oksijen İndeksi Test Sonuçları.....	89
Çizelge 5.10.Dikey Yanma Test Sonuçları.....	91
Çizelge 5.11.Apresiz Kumaş Mukavemet Sonuçları.....	93
Çizelge 5.12.Apreli Kumaşların Mukavemet Sonuçları.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.Yanma İşlemi.....	4
Şekil 2.2.Polimer Yanması Sırasında Meydana Gelen Çeşitli Proseslerin Şematik Gösterimi.....	6
Şekil 2.3.Doğal Olarak Alev Geciktirici Polimerler.....	15
Şekil 2.4.Melamin ve İlgili Ürünlerin Termal Ayrışması.....	24
Şekil 2.5.LOI Cihazı.....	33
Şekil 2.6.Dikey Yanma Test Cihazı.....	34
Şekil 3.1.Harman-Hallaç Dairesi Blendomat Makinası.....	40
Şekil 3.2.Tarak Makinası.....	41
Şekil 3.3.Cer Makinası.....	42
Şekil 3.4.Fitil Makinası.....	43
Şekil 3.5.Ring Makinası.....	44
Şekil 3.6.Bobin Makinası.....	45
Şekil 3.7.İndigo Boyama Makinası.....	46
Şekil 3.8.Picanol Dokuma Makinası.....	47
Şekil 3.9.Yakma Makinası.....	48
Şekil 3.10.Pad-Steam Yıkama Makinası.....	48
Şekil 3.11.Ram Makinası.....	49

Şekil 3.12.Sanfor Makinası.....	49
Şekil 3.13.Kalite Kontrol Makinası.....	50
Şekil 3.14.Top Sarma Makinası.....	51
Şekil 4.1.CTAP Üretim Reaksiyon Mekanizması.....	54
Şekil 4.2.Apre Çözeltilerinin Hazırlanışı.....	55
Şekil 4.3.Fular Makinası.....	56
Şekil 4.4.Kurutma Makinası.....	57
Şekil 4.5.Apre İşlemi Görmüş Kumaş.....	58
Şekil 4.6.Gramaj Alma Aleti.....	63
Şekil 5.1.Apresiz Denim Kumaş SEM Görüntüsü.....	66
Şekil 5.2. Sadece Ticari Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü.....	66
Şekil 5.3.CTAP Kimyasalı İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü.....	67
Şekil 5.4.Boraks İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü.....	67
Şekil 5.5. Borik Asit İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü.....	68
Şekil 5.6.SiO ₂ Nano Partiküllerini İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü.....	69
Şekil 5.7.Apresiz Kumaş EDX Spectrumu.....	70
Şekil 5.8.Ticari Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaşım EDX Spectrumu.....	71

Şekil 5.9.Boraks İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem	
Görmüş Kumaşım EDX Spectrumu.....	72
Şekil 5.10.Borik Asit İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem	
Görmüş Kumaşım EDX Spectrumu.....	73
Şekil 5.11.SiO ₂ Nano Partiküllerini İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem	
Görmüş Kumaşım EDX Spectrumu.....	74
Şekil 5.12.CTAP İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem	
Görmüş Kumaşım EDX Spectrumu.....	75
Şekil 5.13.Apresiz Kumaş TGA Diyagramı.....	77
Şekil 5.14.Sadece Ticari Apreli Kumaş TGA Diyagramı.....	78
Şekil 5.15.Borik Asit Apreli Kumaş TGA Diyagramı.....	79
Şekil 5.16.Boraks Apreli Kumaş TGA Diyagramı.....	80
Şekil 5.17.Nano-SiO ₂ Apreli Kumaş TGA Diyagramı.....	81
Şekil 5.18.Borik Asit, Boraks Ve Nano-SiO ₂ Apreli Kumaşların	
Karşılaştırmalı TGA Diyagramı.....	82
Şekil 5.19.CTAP Kimyasalı İçeren Apreli Kumaş TGA Diyagramı	83
Şekil 5.20.Apresiz, Ticari Apreli ve CTAP İçeren Apreli Kumaşların	
Karşılaştırmalı TGA Diyagramı.....	84
Şekil 5.21.Limit Oksijen İndeksi Test Cihazı.....	90
Şekil 5.22.Apresiz Kumaş Dikey Yanma Uygulaması	92
Şekil 5.23.Apreli Kumaş Dikey Yanma Uygulaması.....	92

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Doğal veya sentetik tekstil malzemeleri günlük hayatımızda yer alan ürünlerin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Pamuklu kumaşlar çevre dostu, biyolojik olarak parçalanabilir, yumuşak, nem çekici ve nefes alabilir gibi kullanıcılar için önemli avantajlara sahiptir. Ancak uygun şartlar altında yanmaya eğilimlidir. Yanma sırasında yayılan duman ve ısı çevre açısından bir tehdit oluşturur. Yanmadan kaynaklanan ölümlerin çoğu ise insanların giydikleri giysilerin tutuşmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple yangın güvenliği, birçok farklı endüstri kollarında olduğu gibi tekstil sanayinde de son yıllarda artan bir önem kazanmaktadır. Tekstil mamüllerinin yanma dayanımını arttırmak için alev geciktiriciler ile bitim işlemi uygulanmaktadır. Klor, brom gibi halojen içeren geciktiriciler ve türevleri pamuklu kumaşlara yaygın olarak uygulanmışlar, oksijen ve ısı transferini bastırarak yangın yayılımını geciktirmişlerdir. Ancak gerçek bir yangında, yanma sırasında açığa çıkan gazların zehirli ve aşındırıcı etkileri nedeniyle kullanılmalarına sınırlama getirilmiştir. Son yıllarda, çevre, ekoloji ve kimyasal kirlilik kontrolü bilincinin artması, halojen içermeyen ve çevre dostu alev geciktiricilerin kullanımına yönelik talebi arttırmıştır. Yapılan araştırmalarda bor, fosfor, azot ve silisyum elementlerini içeren alev geciktiricilerin, mükemmel alev direnci ve çevre dostu özelliklerine dikkat çekilmektedir. Tekstil üretiminin, ekolojik etkiler açısından, atıkların azaltılması, çevre dostu tekstiller ve teknolojileri yönünde gelişmelerini sürdürmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, hem kullanıcıların çevre ve insan güvenliği kaygılarını hem de kimyasal üreticilerinin, ticari sebeplerinden kaynaklanan kaygılarını gidermek için mevcut alev geciktiricilerin performansını arttıracak, elementlerin sinerjistik

kombinasyonlarına dayanan çok bileşenli kimyasal çözeltiler tasarlanmış ve apre işleminde kullanılmıştır.

Bu çalışma iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; tekstillerin yanma mekanizması, güç tutuşurluk kazandırma yöntemleri incelenmiştir. Güç tutuşur tekstil üretiminde kullanılan kimyasallar, etki mekanizmaları ve bu alanda yapılan çalışmalar incelenerek birlikte değerlendirilmiştir. Tekstillerin güç tutuşurluk performanslarının belirlenmesinde kullanılan uluslararası standartlar ve uygulamaları gözden geçirilmiştir.

İkinci bölümde ise, denim kumaşların borik asit, di sodyum tetra borat dekahidrat (boraks), nano-SiO₂ ile fosfor ve diklorotriazin bileşenleri (CTAP) varlığında güç tutuşurluk özellikleri araştırılmıştır. Sinerjik etki oluşturmak için kullanılan bu bileşikler, organik ve inorganik azot tuzlarından oluşan bir güç tutuşurluk kimyasalı yardımı ile % 99 pamuk %1 elastan denim kumaşlara pad-dry-cure yöntemiyle emdirilmiştir. Borik asit, boraks, nano-SiO₂ ve CTAP kimyasallarının güç tutuşur denim kumaş üretimi için uygunluklarının belirlenmesi ve bu maddeler yardımı ile ticari apre kimyasallarının güç tutuşurluk etkisinin artırılması amaçlanmıştır. Fosfor ve diklorotriazin bileşenleri (CTAP) Dong'un metodu ile üretilmiştir (Dong, 2017)

Çalışmanın amacı, yangınlarda, çevre ve insan güvenliği için önemli bir konu haline gelen, büyük pazar payına sahip, güç tutuşur giyim tekstilleri alanında yapılan çalışmalara destek olmaktır.

Hazırlanan numune gruplarında, apre kimyasallarının kumaş yüzeylerindeki kaplama tabakalarının karakterizasyonu SEM-EDX ölçümleri ile yorumlanmıştır. Bitim işlemi uygulanmış denim kumaşların termal özellikleri Termogravimetrik analiz (TGA) ile belirlenmiş, güç tutuşurluk performansları, limit oksijen indeks ölçümü(LOİ) TS 11162-1 EN ISO 4589-1 ile koruyucu giysiler TS EN ISO 15025 (dikey yanma) testleri ile belirlenmiş ve sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Uygulanan apre çözeltilerinin AATCC 100 metodu ile *S.Aureus*'a karşı antibakteriyel etkisi araştırılmıştır. Apre işleminin kumaşın yapısal özelliklerine etkisi gramaj, sıklık sayımı ve mukavemet ölçümleri ile incelenmiştir. Elde edilen veriler ile borik asit, boraks, nano-SiO₂ ve CTAP kimyasallarının kumaş yüzey yapısına girebildiği, ticari apre çözeltilerinin güç tutuşurluk performansını basit ve uygulanabilir bir yöntemle arttırdığı görülmüştür. En fazla iyileşme borik asit ilavesi ile olmuştur.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

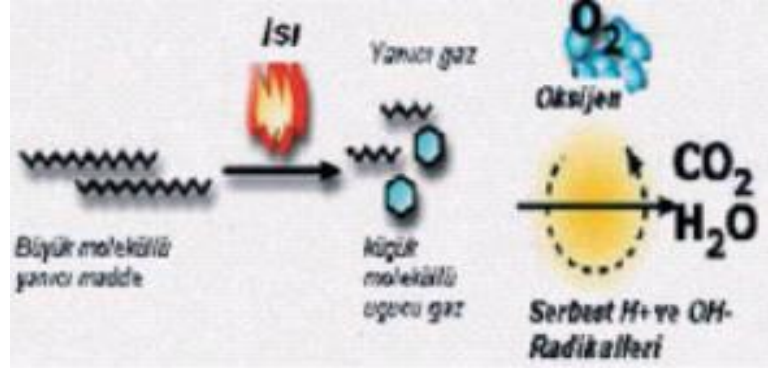
2.1. Tekstil Malzemelerinin Yanması

Bir maddenin ya yükseltgeme yapıcı özelliğe sahip diğer madde ile etkileşimi sırasında ısı açığa çıkması ile kendi kendine yanması yada alev alarak başlayan kimyasal reaksiyon yanma olarak tanımlanmaktadır. Yanma kimyasal reaksiyonunda Oksijen (hava) yanma sürecinde en etkili yükseltgeyici özelliğe sahip elementlerdendir. Yanma olayının başlaması esas faktörleri olan, yanıcı madde (yakıt), yakıcı madde (yükseltgen) ve tutuşturucu kaynağın bir arada bulunduğu durumlardır.

Yanma olayında, tutuşturucu kaynaklar farklıdır, Bu kaynaklar;

- Çıplak alev
- Elektrik akımı
- Ani ısı yükselmesi
- Sigara ateşi
- Aşırı ısınmış bir kaba kimyasalın aktarılması
- Statik elektrik sayılabilir.

Tekstil malzemelerinde yanma olayı dört aşamada gerçekleşir (Weil & Levchik, 2008). Bu aşamalar;



Şekil 2.1. Yanma İşlemi (Horrocks & Price, 2003)

- Tekstil malzemesinin ısınması
- Makromoleküllerin termik parçalanması (pirolizi)
- Alevlenme
- Yanma ve yanmanın ilerlemesi olarak gerçekleşir.

Belirli bir enerji verilmesi ile tekstil malzemesinin yüzey ısısı, malzemenin ısı iletkenliği, buharlaşma ısısı, erime ısısı ve özgül ısısı gibi termik özellikleri ile ilişkili olarak hızlı olarak artar. Malzemenin parçalanma sıcaklığına kadar ısınmasından sonra, lifleri oluşturan makro moleküller kopmaya başlamakta, polimerizasyon derecesi düşmektedir. Ancak malzemede ağırlık kaybı olmamaktadır.

Belirli bir sıcaklıktan sonra ise çok yavaş bir hızla piroliz başlamaktadır. Piroliz hızının yavaş olması nedeni ile yanıcı bir gaz karışımı meydana gelmemektedir. Yani bir alev veya kıvılcım olsa bile tutuşma olmamaktadır. Ancak belirli bir sıcaklığa ulaştıktan sonra, piroliz hızı iyice artar ve yanıcı gaz karışımı oluşur. Bu aşamada, bir kıvılcım veya alev teması, tekstil malzemesini tutuşturabilmektedir. (Horrocks & Price, 2003)

Sıcaklığın daha fazla yükselmesi halinde ise oluşan yanıcı gaz karışımı kendiliğinden tutuşmaktadır.

Piroliz ısısının ve piroliz sonucu meydana gelen parçalanma ürünlerinin, malzemenin yanma özellikleri üzerindeki etkisi büyüktür. Ekzotermik pirolizde, açığa çıkan ısı enerjisi, sıcaklığın yükselmesine ve pirolizin hızlanmasına neden olurken,

endotermik bir pirolizde absorbe olan enerji ancak ısıtma kaynağından çekilerek karşılanabilir.

Piroliz sonucunda şu ürünler oluşabilmektedir;

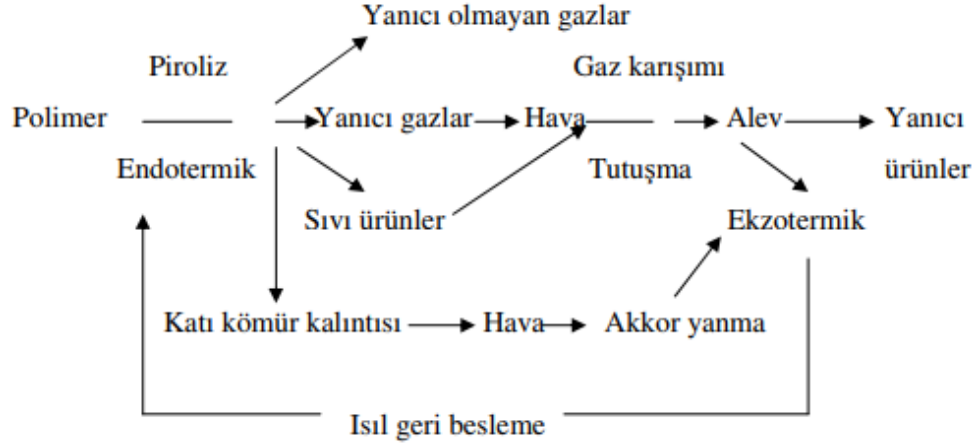
- Yanıcı gazlar: yanma özelliğine sahip olan yanıcı gaz kütlelerine bağlı olarak alevlenme, gaz kütlesi arttıkça kolaylaşır.
- Yanmayan gazlar: bir enerji tüketimleri olacağından, ateşin soğumasına neden olurlar. Yanmayan ağır gazlar, yanabilen alanın etrafına bir tabaka oluşturarak yanmayı kolaylaştırıcı oksijen ile etkileşimi engellerler.
- Sıvı parçalanma ürünleri: alevlenme özelliği olmayan sıvı reaksiyon kimyasalları ile sıcaklığın azalması sağlanır.
- Kömürleşme artıkları: yanma reaksiyonu sonucunda oluşan kömürleşme artıkları hem yanıcı gazların dışarıya çıkışını engellerken, hem de ısı izolasyonu ile termik parçalanma hızını azaltırlar.

Tutuşma, yanma sırasında meydana gelen reaksiyonların etkisiyle oluşan ısı iletimi ve termik parçalanma olayını içeren karmaşık bir mekanizmadır (Backer, Tesoro, Toong & Moussa, 1976). Yanıcı ürünler, oksijen etkisiyle açığa çıkan bileşiklerdir. Tutuşma işleminde ortamdaki oksijenin etkisi kadar yanan maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleride etkilidir. Malzeme yanmaya başladığı anda yanma reaksiyonunda ısıveren bir işlem olarak ilerler ve gerekli enerji seviyesine ulaşıldığında yanma işleminin piroliz aşaması başlar.

Yanıcı gazlar tutuşmayı kolaylaştırırken, diğer ürünlerin oluşması, yanmayı zorlaştırır. Bu nedenle piroliz sonucunda oluşan ürünlerin miktarları yanma ve yanmanın ilerlemesini önemli ölçüde etkilemektedir.

Yanma mekanizmasının devam edebilmesi ise, öncelikle tekstil malzemesinin ısısının artması için enerji miktarına bağlıdır. Malzemenin artan ısısı lifleri termik parçalamaya ve oluşan piroliz ürünlerini alevlendirmeye yettiği sürece, yanma mekanizması ilerleyecektir.

Yanma devam ederken ortaya çıkan ısı Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi polimer pirolizinin devam etmesini sağlar. Piroliz oranı, alev yakıt sağlanımını arttıracak şekilde bir ivme kazanır ve tüm polimer yüzeyini sarar.



Şekil 2.2. Polimer Yanması Sırasında Meydana Gelen Çeşitli Proseslerin Şematik Gösterimi (Horrocks & Price, 2003)

Tekstil materyali üzerine alev kaynağından gelen ısı değiştiğinde, alevin kumaş üzerinde ilerleme hızı tekstil materyelinin ısı iletim kabiliyetinden etkilenir. Ayrıca tekstil materyalinin alevin değdiği sıradaki pozisyonu (dik, paralel bir yere takılı olması gibi), yüzeyin düz olmaması, bulunuş biçimi (halat, kitap dürümü, açık en gibi), ortamdaki havanın basıncı ve akış hızı, kumaşın mevcut ısısı gibi etkenler alev ilerleme hızını değiştirecektir (Özcan, Dayıoğlu & Candan, 2000).

Yanma alanı, kumaş yüzeyine dik, yapısal olarak değişik, birkaç alandan oluşur (Saçak 2002). En altta yer alan iç alanda, yanma işleminin etkisi görülmez. Alttan ikinci alanın ise, ısısı yüksektir, ancak yanma etkisi yoktur. Onun hemen üstünde yannanın etkili olduğu, yanma etkisi ile ayrılmış kurum, zift, kömür gibi kalıntıların olduğu piroliz alanı yer alır. Gazların yer aldığı bölüm de piroliz alanına yakındır. Yanıcı gazlar oksijen etkisi ile yanma alanında yanarak, yanma reaksiyonu sonucu oluşan ürünlerin yer aldığı en dış alan oluşur (Schindler & Hauser, 2004).

Tekstil materyallerinin yanma mekanizmalarını kısaca özetlersek, ısılarını arttıracak bir durumla karşılaştıkları zaman, önce lif sıcaklığı, piroliz sıcaklığına (T_p) ulaşmaya kadar yükselir. Bu sıcaklığa ulaşıldığında, lif kimyasal yapısı farklılaşarak su buharı ve yanmayan gazlardan, karbon, azot ve kükürt oksitler, katı artıkları, sıvı artıklar ve yanıcı gazlar oluşur (Rosace, Migani, Guido & Colleoni, 2015). Yanma sonucu oluşan ısı yükselttikçe, sıvı artıklarda yanmayan ürünler olan, kül, gaz ile yanıcı gaz üreterek piroliz aşamasına geçilir. Lif sıcaklığı artan ısı ile birlikte, yanma sıcaklığına (T_c) ulaştığında, gaz fazındaki yanıcı gazların oksijen ile etkileşiminden yanma adı verilen kimyasal olay gerçekleşir. Bu kimyasal olay ile ısı açığa çıkar, bu ısı yardımı ile de lif pirolizinin devamlılığı dolayısıyla yanıcı gazların oluşması sağlanır (Schindler & Hauser, 2004).

Tekstil malzemesi, yakıldığı zaman, organik doğasına bağlı olarak, CO, CO₂ ve HCN, HCl, H₂ veya diğer gazlar S₂, SO₂, NO₂ ya da akrolein, asetaldehit, izosiyanatlar gibi bileşikler oluşturulabilir. Bazı tekstil elyaflarının en önemli piroliz ve yanma ürünleri (yanma gazları) Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir (Rouette, 2001).

Çizelge 2.1. Çeşitli Tekstil Elyaflarının En Önemli Piroliz ve Yanma Ürünleri

Lif		Piroliz ve Yanma Ürünleri
Doğal	Selüloz	CO ₂ , H ₂ O, metanol, etanol, furan türevleri, formik asit, asetik asit, formaldehit, asetaldehit, akrolein, hidrokarbonlar
	Yün	CO ₂ , H ₂ O, H ₂ S, SO ₂ , amonyak, aminler, HCN, H ₂ , düşük hidrokarbonlar (CH ₄)
Sentetik	Aramid	CO ₂ , H ₂ O, doymuş ve doymamış düşük hidrokarbonlar, asetaldehit, aseton, HCN, NH ₃ , benzen, benzonitril, asetonitril, NO ₂ , tolüen, asetik asit
	Selüloz Asetat	CO ₂ , H ₂ O, asetik asit, metan, vs etilen, C ₆ , furan, vinyl eter, metanol, aseton, asetaldehit, akrolein, etil asetat, benzen kadar hidrokarbonlar
	Poliakrilonitril	CO ₂ , H ₂ O, CH ₄ , amonyak, nitriller, HCN, akrilonitril, düşük hidrokarbonlar
	Polyamidler	CO ₂ , H ₂ O, mono- ve dikarboksilik asitler, adipik asit, siklopentanon, hidrokarbonlar, amonyak, aminler, HCN, asetaldehit, formaldehit, kaprolaktam, benzen
	Polyester	CO ₂ , H ₂ O, asetaldehit, benzoik asit, tereftalik asit, asetik asit, hidrokarbonlar, CH ₄ , benzen, vinyl benzoat, divinil tereftalat
	Polipropilen	CO ₂ , H ₂ O doymuş ve doymamış hidrokarbonlar, propilen, penten, ketonlar, aseton, aldehitler, formaldehit, akrolein, metanol, formik asit, asetik asit

Sentetik lifler için yanma işleminde erime, buharlaşma ve yanma reaksiyonları meydana gelir. Doğal elyaflar için ısıtılmış malzeme erimez, ancak yapının daha sonra tahrip olması, uçucu ürünlerin ve karbonlu artıkların oluşmasıyla birlikte bir dizi kovalent bağ kırılması meydana gelir. Yanma reaksiyonları çoğunlukla, yüksek oranda yanıcı gazların üretimi ile gaz fazında gerçekleşir (Laoutid, Bonnaud, Alenxandre, Lopez-Cuesta & Dubois, 2009).

2.2. Yanma Özelliklerine Etki Eden Kumaş Özellikleri

Bir tekstil malzemesinin yanabilirliği çok faktörlü bir olgudur ve polimerin kendisi, tekstilin yapısı (yani dokuma / örgü, iplik yapımı), gramaj, elyaftaki katkı maddeleri, tip gibi birçok faktöre bağlıdır. Kumaşların yanma özelliklerine, hem lif hem de kumaş özellikleri etki etmektedir. Lifin kimyasal özellikleri, kumaşın ise dokusu, lif bileşimi, ağırlığı, yüzey (gözenekli, pürüzlü gibi) ve termal özellikleri yanıcılığı etkilemektedir.

Kumaşın yapısal özelliklerinin etkisi; kumaşın uzunluğu, eni, dokusu, kumaş ta kullanılan iplik numaraları, kumaş ağırlığı, sık-seyrek oluşu kumaşın yanma davranışını etkileyen özelliklerdendir. Kumaşı ağırlığı, sıklığı arttıkça artar ve kumaş mukavemeti de buna bağlı olarak yükselir. Kumaşın birim alandaki ağırlığı olarak belirtilen gramaj, kumaşlarda hava geçirgenliği, dökümlülük, fiziksel dayanım gibi özellikleri belirlemektedir. Kumaş ağırlığı ipliklerin bükümü, numarası, sıklığı gibi etkenlerle ayarlanarak kullanım yeri için uygun hale getirilebilir (Nilüfer, 2006).

Birim alandaki kütle, tutuşma kolaylığı ve doğrusal yanma oranı ile doğrudan ilişkilidir. Kumaş yoğunlaşır ve ağırlaşır ise, tutuşması daha uzun sürer ve daha uzun süre yanması gerekir. Tekstil malzemelerinin fiziksel parametreleri (lif tipi ve bileşimi, iplik sayısı, ya da kumaş tasarımı, nonwoven, vb.) yanma davranışını belirlenen önemli özelliklerdendir. Bir kumaşın yapısı, mevcut hava miktarını ve kumaş içerisindeki hava akışını belirlediği için önemli bir rol oynayabilir. Az iplikli kumaşlarda, hava akışının kolaylığı sayesinde yanma işleminde zor olmadan gerçekleşir. Araştırmalar, az iplikli hafif kumaş tasarımlarının, çok iplikli ağır kumaşlardan daha yüksek bir hızda yandığını göstermiştir. Sıkıca yapılandırılmış bir

kumaşın yanmayı desteklemek için gerekli oksijen seviyesini düşürdüğü gözlenmiştir. Örme kumaş daha gözenekli olduğundan daha kolay tutuşur ve dokuma bir kumaştan daha hızlı yanar. Yüksek bükümlü ipliklerden yapılmış, yüksek yoğunluklu, sıkı bir şekilde dokunmuş kumaş daha iyi alev koruması sağlayacaktır. Özel uygulamalar için maksimum yanmazlığı ve optimum kumaş yapısının bir kombinasyonu kullanılmalıdır (Barker & Brewster, 1982).

Lifin kimyasal özelliklerinin etkisi; kumaşın kimyasal özelliklerini, kumaş tasarımında yer alan liflerin kimyasal özellikleri belirlemektedir. Tekstil mamüllerinde kullanılan lifler, doğal sentetik veya karışım olarak geniş bir şekilde sınıflandırılabilir. Pamuk, yün, ipek ve keten doğal tekstil elyaflarından bazılarıdır; viskon, Tencel™ ve selüloz asetat ta doğal polimerlerden elde edilir. Sentetik tekstil elyaflar olarak adlandırılan, polyester, poliamid, poliakrilonitril, poliolefinler, polilaktit, poliamid, melamin poliüretan, gibi lifler ise çeşitli polimerlerden üretilir. Tekstil malzemelerinin yangın davranışı üzerinde lif çeşidi önemlidir. Pamuk ve keten gibi doğal lifler en yavaş yanıcı tekstiller arasındadır, sıcak alevler ve hafif dumanla yanarlar. Ayrıca, yanmaya devam ederek yangınların yeniden tutuşmasına veya yayılmasına neden olabilirler. Rayon, pamuk gibi kuvvetli bir şekilde yanar, ancak büzülebilir. Yün yavaşça yanar ve hızlı bir şekilde yanan sentetiklere kıyasla tutuşması zordur. Bazı liflerde karektrislik olan alev geciktirici özelliklerinden dolayı yanmazlar.

Kumaş karışımları da kumaşların yanıcılığında çok önemli bir rol oynayabilir. İki farklı lif çeşidinden üretilen kumaşlar, her bir bileşeni tarafından bağımsız olarak sergilenenden oldukça farklı yanıcılık özellikleri gösterebilir. Stepniczka ve Dipietro yaptıkları çalışmada pamuk, polyester ve bunların karışımlarından oluşan kumaş numunelerinin oksijen indeksi değerlerini ölçmek için testler yapmıştır. Sonuçlar Kumaşların, yanma davranışının sıcaklık, kumaş ağırlığı ve karışımların bileşimi ile kesin bir ilişkisi olduğunu göstermiştir (Stepniczka & Dipietro, 1971).

Kumaşın termal özelliklerinin etkisi: Tekstil malzemelerinin polimer bileşimi yanıcılığını belirleyen en önemli faktördür. Kumaşların termal davranışlarını tek başlarına ve katkı maddelerinin varlığında anlamak, etkili bir alev geciktirici sistem tasarlamada yararlıdır.

Liflerin yanma davranışı, termal geçiş sıcaklıkları, camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ve erime noktası (T_m) gibi termodinamik parametrelerle ilişkilidir. Pirolizin başlaması için sıcaklık (T_p) ve yanma (T_c) gibi kimyasal olarak ilişkili geçişler de çok önemlidir. Bir tekstil materyali üzerine etki eden ısı, fiziksel olduğu kadar kimyasal değişiklik de meydana getirmektedir. Termoplastik liflerde kimyasal değişiklik, termal parçalanmanın gerçekleştiği piroliz sıcaklığında (T_p) oluşurken, fiziksel değişiklik camlaşma noktası (T_g) ve erime noktası sıcaklığında (T_m) meydana gelmektedir. Tekstil materyalinin tutuşması, ısınma, gazifikasyona (yakıt oluşumuna) yol açan parçalanma, tutuşma ve alev ilerlemesi içeren karmaşık bir süreçtir.

Liflerin sınırlayıcı oksijen endeksi (LOI), liflerin yanıcılığını belirleyen önemli bir özelliktir. % 21'den daha büyük LOI değerine sahip lifler yavaşça yanar ve % 26 - 28 arasında LOI değerleri küçük yanma testlerini geçmek için yeterlidir (Horrocks & Price 2001) , (Stegmaier, Mavely & Schneider, 2005). Tüm selüloz bazlı elyafların çok düşük LOI değerleri (< % 19) vardır ve bu nedenle yakmaları kolaydır. Yün yüksek LOI değerine (yaklaşık % 25) sahip doğal lifdir. Avustralya gibi bazı ülkelerde itfaiyeciler için giysi üretiminde yün kullanılır. Liflerin yanıcılığını belirleyen bir başka kriter, liflerin ısı salma hızlarıdır.

Çizelge 2.2.'de bazı liflerin termal ve güç tutuşurluk özellikleri, Çizelge 2.3.'de de lif çeşitlerine göre yanma özellikleri verilmiştir (Guo, 2003).

Çizelge 2.2. Bazı Liflerin Termal ve Güç Tutuşurluk Özellikleri (Guo, 2003)

LİF	T_g (°C) Camlaşma	T_m (°C) Erime	T_p (°C) Piroliz	T_c (°C) Tutuşma	LOI (%)
Yün	-	-	245	600	25
Pamuk	-	-	350	350	18.4
Viskoz	-	-	350	420	18.9
Triasetat	172	290	305	540	18.4
Naylon 6	50	215	431	450	20-21.5
Naylon 6.6	50	265	403	530	20-21
Poliester	80-90	255	420-477	480	20-21.5
Akrilik	100	>320	290	>250	18.2
Polipropilen	-20	165	469	550	18.6
Modakrilik	<80	>240	273	690	29-30
PVC	<80	>180	>180	450	37-39
PVDC	-17	180-210	>220	532	60
PTFE	126	>327	400	560	95
Yükseltgenmiş Akrilik	-	-	>640	-	55
Nomex	275	375	310	500	28.5-30
Kevlar	340	560	590	>550	29
PBI	>400	-	>500	>500	40-42

Çizelge 2.3. Liflerinin Yanma Karakteristikleri (Yakartepe & Yakartepe, 1995)

Lif	Lif Tipi	Yanma Özellikleri
Naylon	Sentetik Poliamid	Alev yaklaşırken eriterek, büzülerek uzaklaşmaya çalışır. Alev içinde, eriyerek yanar, damlar. Alev çekildiğinde sert gri kalıntı bırakır. Yanarken, keskin olmayan, hafif yanık saç kokusuna benzer bir koku yayar.
Olefin	Sentetik uzun zincirli polimer	Alev karşısında erir ve çeker. Eriyerek yanar. Alev kaynağı çekildiğinde kendiliğinden söner. Sert koyu ya da kirli beyaz topraklar halinde kül bırakır.
Polyester	Sentetik uzun zincirli polimer	Alev yaklaşırken eriyerek, büzülerek uzaklaşmaya çalışır. Alev içinde eriyerek yavaşça yanar. İslı duman verir. Alev çekildiğinde genellikle kendiliğinden söner. Sert siyah topraklar bırakır. Aromatik, keskin bir kimyasal bir koku yayar.
İpek	Doğal kesiksiz filament lif	Alev yaklaşırken erir ve kıvrılarak uzaklaşır. Alev içinde yavaş ve eriyerek yanar. Alev çekildiğinde kendiliğinden söner. Kızgın tel gibi kor oluşur. Yanan saç kokusu yayar.
Yün	Doğal hayvan kılı proteini	Alev yaklaştığında, büzülür, kıvrılarak uzaklaşır. Alev içinde, yavaşça cızırdayarak yanar. Alev çekildiğinde genellikle kendiliğinden söner. Topak topak kabarcıklı, dağılabilen siyah kül bırakır. Yanan saç, keratin kokusu verir.
Modakrilik	Sentetik modifiye akrilik	Alev yaklaşınca, eriyerek alevden uzaklaşır. Alev içinde, yavaşça eriyerek yanar. Alev kaynağı çekildiğinde kendiliğinden söner. Yanarken keskin kimyasal koku yayar. Yuvarlak topraklar bırakır.
Spandex	Sentetik uzun zincirli polimer	Alev yaklaşınca erir fakat kaçmaz. İssiz yanar. Alev içinde eriyerek yanar. Alev çekildiğinde eriyerek yanmaya devam eder. Yumuşak siyahtopak halinde boncuklar bırakır. Kimyasal koku yayılır.
Pamuk	Doğal selülozik lif	Alev yaklaştığında, büzülmez, kolay tutuşur ve yanar. Alev içinde erimez, hızlı yanar. Alev çekildiğinde yanmaya devam eder. Yumuşak gri renkli kül bırakır. Yanan kâğıt kokusu yayılır.
Keten	Doğal selülozik lif	Pamuk ile aynı karakteristiktir.
Rayon	Sentetik selülozik lif	Alev yaklaşınca eriyerek, çekerek kaçır, alev içinde çok hızlı yanar, alev çekildiğinde yanmaya devam eder, yavaş sönen bir ateş bırakır. Çok az kül bırakır. Yanan ağaç ve kâğıt kokusu yayılır.

2.3. Tekstil Malzemelerine Güç Tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılması

Tekstiller, selüloz ve protein gibi lif oluşturuucu doğal polimerlerden ve polyesterler, poliolefin polilaktid, poliamitler, poliamidler, polieterketonlar, poliakrilonitril ve selüloz asetat gibi çok çeşitli sentetik polimerlerden üretilir. Bu polimerlerin tümü, mükemmel elyaf oluşturma özellikleri nedeniyle tekstillerde kullanım için uygundur, ancak ortak dezavantajları, normal çevre koşullarında çoğunun yanıcı olması ve yangın kazalarında ciddi tehlike yaratmalarındadır. Bu organik polimerler zengin bir hidrokarbon kaynağıdır ve bu nedenle yakma işlemi sırasında mükemmel bir yakıt kaynağı olurlar.

Tekstil ürünlerinde yanmazlık ateş kaynağı uzaklaştıktan sonra kumaşın sönme süresi ile alakalıdır. Bu nedenle bu kavrama "Alev geciktirici tekstiller" denir ve genellikle yangının yayılmasını engelleyen veya direnen tekstilleri veya tekstil esaslı malzemeleri ifade eder. Alev geciktirici tekstillerin;

(a) üniforma üretimi; itfaiyeciler (Prezant & Kelly, 1999) askeri / polis personeli (Adanur & Tewari, 1997) , (Duran & Bahtiyari, 2007) , (Rodie, 2008) sanayi işçileri,

(b) performanslı spor uygulamaları (Stegmaier & Mavely, 2005),

(c) ev eşyaları için döşemelik kumaş (Kamath & Bhat, 2009),

(d) altyapı ve ulaşım,

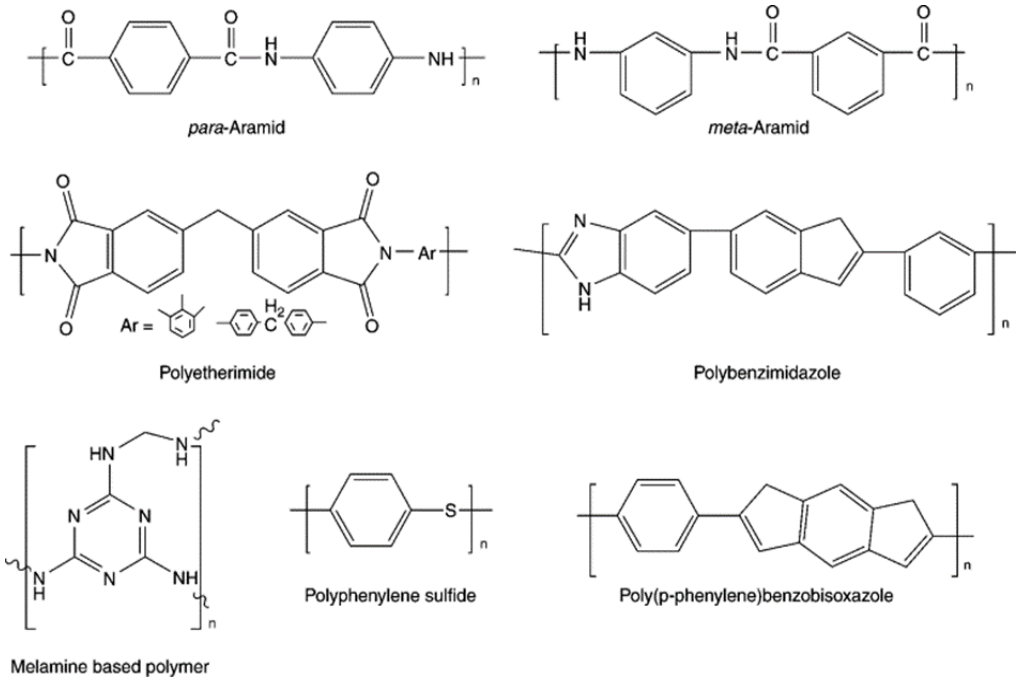
(e) giyim; çocuklara ve yaşlılara yönelik pijamalar (Horridge & Timmons, 1979) , (Horrocks & Nazare, 2004) gibi geniş bir kullanım alanı vardır.

Yanma, yakıt, ısı ve oksijen faktörlerinin bir araya gelmesiyle gerçekleşir. Yanmazlık bu etkenlerden herhangi birinin yok edilmesiyle ile sağlanır. Günden güne artmakta olan emniyet ve güvenlik ihtiyacı, tekstil sektöründe kendisini alev geciktiricili ürünlere olan talebin yükselmesi ile göstermektedir.

Güç tutuşur tekstil terimi, genellikle uygun kimyasal işlemlerle ateşe dayanıklı hale getirilen tekstil ürününü veya tekstil materyallerini ifade eder (Neisius, Stelzig, Liang & Gaan, 2014).

Alev geciktirici tekstiller aşağıdaki yollarla üretilebilir:

- Karakteristiklerin de güç tutuşur özellik olan organik veya anorganik liflerin kullanılması: Polivinilklorür, cam lifleri, karbon, amyant lifleri, bazı özel modakril lifleri, vinilalkol ile vinilklorür monomerlerinin birlikte polimerizasyonu sonucu elde edilen Cordelan lifleri başka hiçbir işleme gerek kalmadan iyi bir tutuşmazlık özelliği gösterirler. Güç tutuşur organik liflerin pahalı olmaları, cam ve amyant gibi anorganik liflerin ise yetersiz tekstil özellikleri yanmaz tekstil ürünü üretiminde kullanılmalarını kısıtlamaktadır. Şekil 2.3.'te doğal alev geciktirici polimerlerin kimyasal yapıları görülmektedir (Marsden, 1991) , (Weil & Levchik, 2008).



Şekil 2.3. Doğal olarak alev geciktirici polimerler

Aromatik yapılı aramid ve poliamidler 1960'lardan beri alev geciktirici tekstiller için en yaygın kullanılan polimerlerden biridir. Poli ve meta aromatik poliamidler, 400 °C'un üzerinde kömürleşirler ve 700 °C'a kadar kısa süreli etkilere dayanabilirler. Bu lifler itfaiyeci ve asker üniformaları, sanayi işçi kıyafetleri üretiminde kullanım alanı

bulmaktadır. Farklı türlerde aramid elyaf üretici firma ve ülkelerine Dupont, ABD (Nomex® ve Kevlar®), Teijin, Japonya (Twaron®, Technora®, Teijinconex®) ve SRO Grubu, Çin (X-Fiber®), Yantai Spandex Co. Ltd, Çin (Newstar®), Kermel, Fransa (Kermel®) örnek olarak sayılabilir. Yüksek mukavemet ve çekme modülüne sahip, Para-aramid elyaflar aynı zamanda ısı direncine ve boyutsal kararlılığa da sahiptirler. Genellikle koruyucu giysiler de ve asbeste alternatif olarak kullanılmaktadır. Meta-aramid lifleri uzun süreli ısı ve alev dayanıklılıkları ile karakterize edilir. Isıya dayanıklı filtreler, İtfaiyeciler için yanmaz giysiler gibi uygulamalar için tercih edilirler (Rebouillat, 2001) ve (Yang, 1993).

Melamin lifleri Basofil Fibers LLC, Enka, NC tarafından üretilmekte ve Basofil® Fiber (TNC Global Inc, 2010) ticari ismi altında pazarlanmaktadır. Melamin lif maliyeti, benzer özellikteki diğer liflerden düşüktür. Bu lifler yüksek sıcaklıklarda çalışabilir; LOI değerleri yüksektir ve genellikle sıcak gaz filtrasyonunu ve güvenlik ve koruyucu giysi pazarlarını hedefler. Melamin liflerinin mukavemetleri düşüktür ve geliştirmek için genellikle aramitler gibi daha kuvvetli liflerle karıştırılması gerekir. Melamin liflerinin en önemli kullanım alanları uygulaması yatak endüstrisi ve taşıt koltukları üretimidir. İtfaiyeciler ve sanayi işçileri için koruyucu giysiler üretiminde de kullanılmaktadır. Farklı ticari poliamid polimer türleri bulunsa da, sadece bazıları güç tutuşur tekstil üretiminde kullanılır.

İnorganik amorf polimerden üretilen cam elyaflar, 1930'ların sonlarında ticarileşmiştir. Yaygın olarak, izolasyon malzemesi ve termoplastik kompozitlerde takviye olarak kullanılır. Ayrıca mobilyalar, askeri uygulamalar ve yüksek sıcaklıkta filtreleme uygulamaları için kullanılan güç tutuşur kumaşlarının üretiminde kullanılırlar.

Modakriliklere ve polivinil kloritlere dayanan halojenli lifler, ev mobilyaları, yangından korunma ve mükemmel kimyasal dayanıma ihtiyaç duyan endüstriyel uygulamaların geliştirilmesinde özel kullanım alanları bulmaktadır. Bu lifler alev geciktiriciliğini klor varlığına borçludur ve yanma işlemi sırasında büyük miktarda toksik gaz serbest bırakabilirler.

Poli-fenilen benzobisoksazol ilk olarak 1999 yılında Zylon® olarak tanıtılan, yüksek performanslı yeni bir organik fiberdir (Zylon-Department 2010_). Olağanüstü termal özelliklere sahiptir ve geleneksel para-aramid liflerinden iki kat daha fazla

gerilme mukavemetine sahiptirler. Yüksek modülü, kompozitler için mükemmel bir adaydır.

Yukarıda belirtilen yüksek performanslı sentetik elyafların fiziksel ve alev geciktirici özellikleri Çizelge 2.4.'te verilmiştir (Greer, 2000–2002).

Çizelge 2.4. Doğal olarak alev geciktirici polimerlerden yapılan liflerin özellikleri

Lif	Mukavemet (g/den)	Uzama (%)	LOI	Kimyasal Direnç	Çalışma Sıcaklığı (°C)
Meta-aramid	3,8-7,2	25,0-40,0	30	Hafif-İyi	200
Para-aramid	22,0-26,0	2,4-4,4	25-28	Hafif-İyi	280
Polifenilen Sülfid	3,5-4,5	32,0-49,0	34	Çok iyi	500
Melamin	2,0	18,0	32	Hafif-İyi	400
Polifenilen Benzobisoksazol	42,0	3,5	68	Hafif-İyi	550-600
Poliamid	4,2	30,0	38	İyi	500
Oksitlenmiş PAN Elyafı	2,1	25,0	40-52	İyi-Mükemmel	570-1000

- Polimer işleme sırasında alev geciktiricilerin eklenmesi: Sentetik liflerin üretimleri sırasında, lif olarak çekilmeden önce, tutuşmazlık sağlayıcı bileşikler ilave etmek polimerik malzemelerin alev korumasının en yaygın ve etkili yöntemidir. Bu yöntem yeni ekipman gerektirmez ve ekonomik olarak verimlidir. Bununla birlikte, bu yöntemin uygulanması için, polimer işleme koşullarına dayanıklı katkı maddesi gereklidir. Bu katkı maddesi, uzun bir süre boyunca mekanik kuvvet altında (300 °C'ye kadar) termal olarak kararlı olmalı, kolay dağılmalı ve uygun bir erime noktası ile yüksek derecede dağılma derecesine sahip olmalı veya polimer oluşumunu etkileyecek istenmeyen bir reaksiyon oluşturmamalıdır (Lawton & Setzer, 1975). Sentetik lif çekiminin kuru veya yaş

çekim yöntemlerine göre çözültiden yapıldığı liflerde, bu yöntem kullanılmaktadır. Örneğin lif çekiminden önce, viskoz çözültisine propoksifosfazın, selüloz asetat veya selüloztriasetat çözültilerine Tris-(2,3 dibrompropil)-fosfat ilave ederek güç tutuşur rejenere selüloz lifler üretilebilmektedir.

Tutuşmazlık sağlayıcı ürün katılmış liflerden iplik üretiminde, renk değışikliklerinin oluşması ve liflerin zarar görmesi gibi zorluklar nedeni ile bu alandaki gelişmeleri sınır kalmıştır. Son zamanlarda, fosfinik asit türevi katkı maddeleri, güç tutuşur naylon elyaf üretimi için eriyik katkı maddesi olarak geliştirilmiştir (Yao & Levchik, 2006).

Poliolefin lifleri, geleneksel olarak antimon veya fosfor içeren bromlu katkı maddeleri eklenerek alev geciktirici hale getirilir (Zhang & Horrocks, 2003). Bu brominatl alev geciktiriciler, olefinlerin ışık stabilitesini olumsuz yönde etkileyebilir ayrıca olumsuz çevresel etkilere sahip oldukları gösterilmiştir.

- Tekstil yüzeylerinin güç tutuşurluk veya tutuşmazlık sağlayıcı ürünlerle bitim işlemi görmesidir. Günümüzde güç tuştan tekstil mamülleri üretiminde en fazla kullanılan bu yöntemdir. Alev geciktiriciler, tutuşmayı engellemek, bastırmak veya geciktirmek ve yangının yayılmasını önlemek için geniş bir ürün yelpazesinde kullanılan çeşitli kimyasallar grubudur. Ateşlemeyi geciktirerek, başlattıktan sonra yanma işlemi geciktirerek veya duman oluşumunu baskılayarak tekstil malzemelerinin yanma özelliklerini değıştirirler (Alongi, Carletto, Diblasio & Carosio, 2013).

2.4. Tekstiller İçin Alev Geciktiriciler

Dünya genelinde alev geciktiricilerin tüketimi 2015 yılında 6.29 milyar ABD doları olan 2.49 milyon tona ulaşmıştır. Değer açısından, küresel alev geciktiriciler pazarının 2025 yılına kadar 11.96 milyar ABD doları değerinde olması beklenmektedir.

Tekstiller için kullanılan güç tutuşurluk maddeleri lif ve kumaş çeşidine, ağırlığına, yapısına, etki mekanizmalarına ve güç tutuşurluk etkisine göre çeşitlilik göstermektedir. En önemli ticari alev geciktiriciler katkı maddeleri ne göre sekiz şekilde gruplandırılabilir.

- Fosfor (çeşitli organik ve inorganik formlarda) içerenler
- Halojen (bromlu, klorlu organikler, zirkonyum florürleri); içerenler
- Bor ve ve türevlerini içerenler
- Azot (tek başına veya fosfor, inorganik veya organik ile birlikte) içerenler
- Metaller (Al, Mg, Ca, Al, Zn ve Ca fosfinatları ve zirkonyum florürler) içerenler
- Silikon (organik veya inorganik formlar) içerenler
- Antimon (halojenlerle birlikte oksitler) içerenler.
- Nanometrik parçacıklar içerenler olarak sıralanmaktadır

2.4.1. Fosfor İçerenler

Organik ya da inorganik yapıda olan fosforlu alev geciktiriciler, fosfinler, fosfin oksitler, fosfonyum birleşimleri, fosfonatlar, elementel kırmızı fosfor, fosfitler ve fosfatlardır. Genel olarak; basit reaktif fosfat monomerleri, lineer polifosfazener ve aromatik devresel fosfazener olarak 3'e ayrılırlar ve homopolimerizasyon, kopolimerizasyon, yüzey modifikasyonu ya da karışma yoluyla polimer zincirine yerleştirilmektedir. Yapıştırıcılar, kaplamalar, havacılık ve elektronik kompozitlerde yaygın kullanılan epoksi reçinelerinin güç tutuşurluğunu geliştirmek için genelde yapısında azot veya oksijen bulunan polimer zincire fosfor içeren maddeler yerleştirmek en sık kullanılan yöntemlerden biridir (Morgan 2019).

Fosfor esaslı alev geciktiriciler 1940-1950 yıllarından beri kullanılmaktadır ve halojenli kimyasalların kullanımındaki sınırlamalarından sonra daha da kullanılabilir hale gelmişlerdir. Fosfor esaslı kimyasallarında diğer bütün güç tutuşur malzemeler gibi çeşitli dezavantajları bilinmektedir (Schartel, Perret, Dittrich, Ciesielski, Kramer, Müller & Doring 2016).

Fosfor içeren güç tutuşurluk kimyasalları yanma işleminde polimer ile reaksiyon mekanizmaları ile ilgili olarak gaz ve yoğunlaşma aşamalarında etki gösteren kimyasallardır. Fosforlu alev geciktirici, bir yanma reaksiyonunda gaz üretiminde etkili olurken, farklı bir yanma mekanizmasında yoğunlaşma fazında etkili olabilmektedir. Fosforlu bileşikler, daha etkili bir güç tutuşurluk etkisi sağlamak için,

farklı kimyasallarla beraber de kullanılabilirler. Halojenlerle birlikte kullanılmaları durumunda, yanma mekanizmasının yalnızca gaz fazında etkili oldukları görülmüştür. Fosfor içeren alev geciktirici kimyasallar ısı artması ile ortamda mevcut oksijen yardımı ile yanma olayını gerçekleştirirler. Bu reaksiyonda, fosfor bileşikleri fosforik asit de dönüşür, su molekülleri ve pirofosfat yapıları oluşur. Oluşan, fosforik asit ve pirofosfonik asit de karbon-karbon çift bağı oluşumunu destekleyerek aromatik bileşiklerin oluşumunu sağlarken, sıcaklığın yükselmesiyle, ortho- ve piro fosforik asitte bozularak metafosforik asit ile oligomerlerine dönüşür. Fosforik asit ortamda bulunan karbon bileşiği ile reaksiyona girerek, polimer yüzeyinde yanmayı güçleştiren, koruyucu bir tabaka oluşturur (Laoutid, Bonnaud, Alexandre, Lopez-Cuesta & Dubois, 2009).

2.4.2. Halojen İçerenler

Sentetik polimerlerin yanmasında en etkili faktör, reaksiyona girme hızı yüksek olan OH• ile H• serbest iyonlarının uzun kimyasal mekanizmalarda, görev alarak ayrışma ve yanma reaksiyonlarını oluşturmasıdır. Halojen içeren güç tutuşturucular, yanıcı gazlardan, H⁺ ve OH⁻ serbest iyonlarını uzaklaştırır. H⁺ ve OH⁻ iyonlarının uzaklaştırılması yanma hızını azaltır ve alevin ilerlemesini durdurur. Halojenli maddenin yapısındaki halojen atomunun sayısı ile kimyasalın güç tutuşurluk etkisi ilişkilidir (Schindler & Hauser, 2004) ve (Sen, 2007).

Halojenli alev geciktiriciler, periyodik cetvelde VII. Grup olarak adlandırılan, flor, klor, brom ve iyod iyonlarını içerirler. Tüm bu halojen iyonları serbest radikalleri tutarlar ve bu etkileri büyükten küçüğe doğru I>Br>Cl>F olarak sıralanmaktadır (Bajaj, 2000) . C-F bağı çok kuvvetli olduğu, C-I bağı da çok zayıf olduğu için, flor ve iyot içeren güç tutuşurluk maddeleri fazla kullanım alanı bulamamaktadır. Bu grup içinde yer alan klorparafin, klorkauçuk, polivinilklorür gibi yüksek oranda klor içeren organik bileşiklerin, Antimuantrioksid ile birlikte kullanıldıkları yöntemlerde, bitim işleminin yapılışı kolay, elde edilen etkiler iyi, yıkamaya karşı dayanımları da iyidir. Ancak mamül ağırlığının % 30-40 kadar kullanım miktarı gerekir, buda mamül tuşesini sertleştirdiğinden, çadır, branda bezi gibi sert tutumun sakınca yaratmadığı ürünlerde kullanılırlar.

Halojenli güç tutuşturucu kimyasalların etkisi daha çok gaz fazında olmaktadır. Ayrıca, halojen iyonları, kimyasal reaksiyonlarda oluşan yanıcı katı veya sıvı ürünlerin, oksijeni ile temasını kesmekte ve kül oluşumunu sağlamaktadırlar (Price & Horrocks, 2001).

Bunlar popüler olmasına ve güç tutuşurluk kaplama formülasyonlarında yaygın olarak kullanılmasına rağmen, çevresel problemler nedeniyle uygulamaları kısıtlanmaktadır. Halojen içeren yeni alev geciktirici formülasyonların geliştirilmesinin görülmesi nadir olmakla birlikte, endüstrinin hala alev geciktirme için halojen bazlı bileşikler kullandığı belirtilmelidir. Pamuk lifleri için güç tutuşurluk eldesinde etkisi iyi olan halojen ve formaldehit içerikli fosforlu güç tutuşur kimyasallarının insan ve çevreye olumsuz etkileri kullanımlarını sınırlamaktadır.

2.4.3.Bor ve Türevlerini İçerenler

Bor içeren bileşikler, yoğunlaştırılmış fazda ve bazı durumlarda, gaz fazında da etkili olabilir. Boratların önemli bir uygulaması, selüloz için alev geciktirici olarak borik asit ve boraks, PVC ve bazı mühendislik plastikleri için çinko borat karışımlarının kullanılmasıdır. Bor içeren bileşikler endotermik reaksiyonla, kademeli su salımı ve yanıcı malzemeyi koruyan camsı bir kaplama oluşumu ile yanma mekanizmasına etki eder.

Periyodik tabloda B simgesi ile gösterilen, 3A grubunda yer alan borun atom numarası 5, atom ağırlığı ise 10,81'dir. Serbest halde bulunmayan bor elementi, farklı metal veya ametal ile birleşerek, değişik özelliklere sahip bileşikler meydana getirirler. Bor bileşikleri endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. En çok kullanılan bor bileşiklerinin başında borik asit, boraks, çinko borat gelmektedir. Bu bileşikler tutuşma sıcaklığından önce selüloz yapısında yer alan su moleküllerini uzaklaştırır ve yanma sırasında kömürleşme ile selüloz yüzeyinde camsı bir koruyucu tabaka oluşturarak yanmanın ilerlemesini engeller (Gemci & Gülşen, 2010).

-Borik Asit

Kimyasal formülü H_3BO_3 şeklinde olan borik asit, % 56,3 B_2O_3 ve % 43,7 H_2O içeren zayıf bir asittir. Molekül ağırlığı 61,84 g/mol, özgül ağırlığı 1,44 g/cm³, erime

sıcaklığı 170,9 °C, oluşum ısısı -1089 kJ/mol, çözünme ısısı 22,2 kJ/mol olan kristal şekilli bir bileşiktir.

-Boraks

Kimyasal formülü $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ şeklinde ifade edilen boraks, suda çözünebilir formda, %36,5 oranında B_2O_3 içeriğine sahiptir. Boraks tarım, kozmetik, sabun ve deterjan gibi farklı sanayilerde geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte günümüzde alev geciktirici olarak kullanılmaktadır.

-Çinko borat

Çinko borat; $x\text{ZnO} \cdot y\text{B}_2\text{O}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ kimyasal bileşimine sahip beyaz, nem çekmeyen, kristal yapıda ve toz halinde bulunan bir bor bileşiğidir. Tepkime şartlarına bağlı olarak farklı $\text{ZnO}:\text{B}_2\text{O}_3:\text{H}_2\text{O}$ mol oranlarına sahip çinko boratlar mevcuttur.

Çinko borat, yapısındaki hidrasyon suyunu 290 °C-300 °C'ye kadar muhafaza ettiğinden yüksek sıcaklığa dayanıklı polimer malzemelerin üretiminde kullanılabilir. Ayrıca alev geciktirici, duman yoğunluğunu azaltıcı, korozyon önleyici ve antibakteriyel özelliklerine sahip olmasından dolayı polimer, kauçuk, boya ve tekstil sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Türköz, 2015).

Çinko boratın alev geciktiricilik mekanizması borik asit ve boraksın mekanizmasına benzemektedir. Çinko boratın endotermik bozunması sırasında su, borik asit ve bor oksit (B_2O_3) açığa çıkar. Oluşan bor oksit 350°C sıcaklıkta yumuşar ve yanma sırasında 500°C'nin üzerinde polimer yüzeyinde koruyucu bir camsı tabaka meydana getirir. Bu tabaka polimeri ısı ve oksijenden koruyarak yanmayı engeller.

Amerika Bileşik Devletleri'nde alev geciktirici olarak çinko borat bileşiğinin susuz ortamlarda, farklı boraks ve borik asit karışımlarında kullanılabilmektedir.

-Floroborat bileşikleri

Floroborik asitin, metallerin oksit ile hidroksitleri veya karbonatlar ile reaksiyonundan floroborat tuzları üretilebilir. Bunlar, birçok kimyasal işlemlerde kullanılabilen gibi tekstil malzemelerine kaplama maddesi olarakta kullanılır. Güç tutuşurluk eldesi için %30, %50, %60 çinko floroborat içeren çözeltiler kullanılabilmektedir.

Son yıllarda bor bileşiklerinin tekstil endüstrisinde konvansiyonel güç tutuşurluk maddelerine alternatif olarak, sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Tutuşma sıcaklığının yüksek olması ve çevreyi kirletecek kimyasala dönüşmemeleri gibi üstün özellikleri olan borun güç tutuşurluk maddesi olarak kullanımı konusunda çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Boraks ve borik asit gibi oksijenli bor bileşiklerinin, özellikle diğer maddelerle karıştırıldığında selülozik malzemelere alev geciktirici olduğu bilinmektedir. Düşük uçuculuk değerine sahip, çevre dostu ve toksik gaz salınımına neden olmayan borlu bileşikler, yanma reaksiyonarı için engel oluşturan camsı koruma tabakası meydana getirmekte ve yanan malzemenin üzerini oksijenle temasını kesecek şekilde kaplayarak yanmayı bastırmaktadırlar.

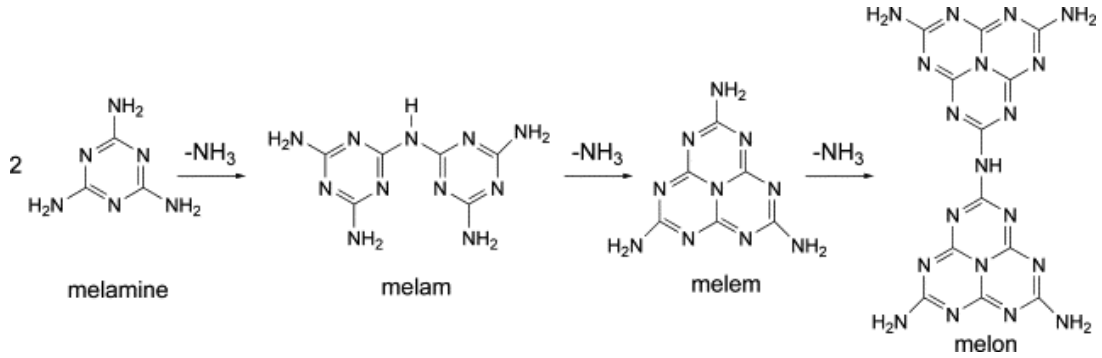
Bor türevleri, endotermik bir reaksiyonda suyu serbest bırakarak ve işlem görmüş malzemenin yüzeyinde yalıtkan bir tabaka oluşturarak hareket ederler. Sıcaklık arttıkça moleküller su kaybeder ve tekstilleri korumak için camsı bir kaplama oluşturur. Borik asitin endotermik tepkime sonucunda ayrışmasında, sıcaklık artışına bağlı olarak su çıkışı gözlenir ve camsı bir koruyucu tabaka meydana gelir. Camsı koruyucu tabaka polimer yüzeyinin oksijen ile olan temasını keser ve yüzeyi ısıdan korur. Ayrıca oluşan su ile yanıcı gazların miktarı azaltılarak yanma engellenir. Günümüzde borik asit ısıya dayanıklı cam üretiminde ve aleve dirençli boya üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Shete, Sawant & Pangarkar 2004).

2.4.4. Azot (tek başına veya fosfor ile birlikte yada inorganik veya organik madde ile birlikte) İçerenler

Azot bazlı alev geciktiriciler çevre dostu ve toksik olmayan kimyasal olarak kabul edildiklerinden daha popüler hale gelmektedir. Ayrıca, azot içeren alev geciktiricilere dayalı malzemeler de geri dönüşüm için uygundur.

Güç tutuşurluk uygulaması için yaygın olarak kullanılan azot bazlı bileşiklerin çoğu, melamin türevleridir ve alev inhibisyonu sergilerler (Laoutid, Bonnaud, Alexandre, Lopez-Cuesta & Dubois, 2009). Melamin, ağırlıkça % 67 azot atomu içeren 345 °C'ye kadar yüksek bir erime noktası ile karakterize edilen, termal olarak stabil bir kristalli üründür. Melamin, yaklaşık 350 °C'de süblime olur. Yüksek

sıcaklıkta, melamin, oksijen ve yanıcı gazları seyreltir ve termal olarak ayrılarak melam, melem ve melon kondensatların oluşmasına yol açar (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Melamin ve İlgili Ürünlerin Termal Ayrışması

Melam, melem ve melon oluşumu yoğunlaşmış fazda kalıntı oluşturur ve alev geciktirici için de etkili olan endotermal işlemlerle sonuçlanır. Ek olarak, melamin, kuvvetli asitlerle termal olarak stabil tuzlar oluşturabilir: melamin siyanürat, melamin fosfat ve melamin pirofosfat gibi. Melamin ve melamin tuzları, çeşitli alev geciktirici mekanizmalar ile karakterize edilir. Isıtmanın ardından, melamin bazlı tuzlar ayrışır ve yeniden oluşturulmuş melamin, temiz melamin gibi uçar, fakat melaminin büyük bir kısmı, saf melamin durumunda olduğundan daha fazla yoğunlaşmaya maruz kalır. Bu nedenle, yoğunlaştırılmış fazdaki tuzların etkisi, önemli ölçüde daha yüksektir.

Azot ile fosfor bileşiklerin güçlü etkisinden faydalanabilmek için beraber kullanılabilir. Azot-fosfor sinerjik etki gösteren alev geciktiriciler, fosforlu geciktiricilerden daha iyi termal dayanım göstererek zehirli duman oluşumunu azaltmaktadırlar (Atakan, Bical, Çelebi, Özcan, Soydan & Saraç 2018). Bu bileşikler genellikle fosforik asit veya diamonyumfosfat ile üre, siyanamid, disiyanamid gibi amin veya amidlerin arasında gerçekleşen kimyasal işlemlerle oluşmaktadır. Bu reaksiyonlar bitim işlemi sırasında liflerin üzerinde meydana gelebileceği gibi, ticari olarak satılan ön kondensat ürünleride bulunmaktadır. Bu reaksiyonlar liflerin kopma dayanımlarını % 30-40 kadar azaltmaktadır. Kontrollü çalışıldığı durumlarda dayanım azalması % 15-20 'e kadar düşürülebilir.

2.4.5. Silikon (organik veya inorganik formlar) İçerenler

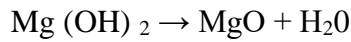
Silikon esaslı alev geciktiriciler grubunu, silikonlar, silikalar, organosilanlar ve silikatlar oluşturur. Bu grubun, alevlenebilirliğini azaltma yönünde etkisi vardır. Silikonlu alev geciktiriciler diğer alev geciktiriciler ile karşılaştırıldığında çevre üzerinde zararlı etkileri azdır ve çevre dostu olarak bilinir. Silikon esaslı alev geciktiriciler genellikle ince film içerisinde, kaplamalarda ve kopolimerlerde kullanılır (Gaan & Sun, 2009).

Silikon esaslı alev geciktiriciler gaz ve kondenzasyon fazda etki eder. Yanma reaksiyonlarında oluşan düşük ısı iletkenliğine sahip silika tabakası, polimer yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak polimerin oksijenle temasını keser ve alevin yayılması durur. Difüzyona karşı polimeri korur. Silikon esaslı alev geciktiriciler kondenzasyon fazda yanma sonucunda kömür oluşturarak ve yanabilir gazları seyrelterek, gaz fazda ise serbest radikalleri tutarak polimere alev geciktirici özellik sağlar (Opwis, 2011).

2.4.6. Metal (Al, Mg, Ca, Al, Zn ve Ca hidroksitleri, fosfatları ve hidroksi karbonatları) İçerenler

Metal hidroksitlerin alev geciktirici olarak kullanabilmesi için endotermik olarak ayrışması ve polimer işlem sıcaklık aralığından daha yüksek bir sıcaklıkta ve polimer ayrışma sıcaklığının etrafında suyu salıvermesi gerekir.

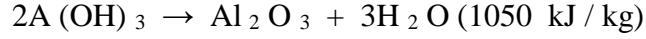
En yaygın kullanılan iki mineral alev geciktirici, alüminyum hidroksit ve magnezyum hidroksit 'dir. Çevredeki ısıyı emen ve ısıyı çeken magnezyum hidroksit ve alüminyum hidroksit gibi malzemeler endotermik olarak yakındaki materyalin ısınmasını önler ve dolayısıyla yanmasını minimize eder.



TGA grafikleri, magnezyum hidroksitin yaklaşık 350 °C'de magnezyum oksit ve suya ayrışmaya başladığını ve yaklaşık 420°C'de bitirdiğini göstermektedir. Yaklaşık % 25 kilo kaybı, suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Magnezyum hidroksitin nispeten yüksek bir bozunma sıcaklığına sahip olması ve ayrıca 600 °C'de yüksek bir

artık (yaklaşık %72 kalıntı) oluşması, magnezyum hidroksitin yangına dayanıklı olduğu anlamına gelir.

Alüminyum hidroksit, oda sıcaklığının (yaklaşık 50°C) üzerine yükseldiğinde alüminyum oksit ve su olarak ayrışmaya başlar (Sittisart & Farid, 2015).



Bu reaksiyonun polimerin yanması üzerinde birkaç etkisi vardır:

- Oluşan ısıyı emer, yani polimer malzemesini soğutur.
- Oluşan Al_2O_3 ısı yalıtkan bir koruyucu tabaka görevi görür
- Serbest kalan su buharı yanıcı gazları sulandırır ve koruyucu bir gaz tabakası oluşturur.

Bu ayrışma, yaklaşık 600 °C'ye kadar devam eder. Yaklaşık % 34 kilo kaybı suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bozunma sıcaklığı düşük olmasına rağmen, 600 ° C'de yüksek bir kalıntıya sahiptir (yaklaşık % 64).

Hidroksikarbonatlar diğer geleneksel alev geciktiricilere göre daha az kullanılırlar da, metal hidroksitlere bir alternatif olarak görülürler. Alüminyum hidroksit ve magnezyum hidroksit sırasıyla 180–200 °C ve 300–340 °C arasında su salma sıcaklıklarına sahipken, hidromagnezit hem su hem de karbondioksiti 200-550 °C arasında salmaktadır.

2.4.7. Antimon (halojenlerle birlikte oksitler) İçerenler

Antimon oksit ve pentaoksit, halojenli alev geciktiriciler ve PVC için sinerjistik olarak kullanılır. Tek başına alev geciktirici maddeler olarak aktiftirler, ancak halojenli alev önleyici etkinliğini artırıp, halojenli radikal önleyici kademeli olarak serbest bırakarak, alev yayılımının gaz fazlı kök zincir reaksiyonunu etkilerler (Troitzsch, 1998).

2.4.8. Nanometrik Parçacıklar İçerenler

Son yirmi yılda nanokompozitlerinde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları, birkaç polimer matrisinin alev geciktirici özelliklerini geliştirmek açısından büyük umutlar vermiştir. Tipik olarak tabakalı TiO₂, SiO₂ gibi nano-boyutlu inorganik dolgu maddeleri yoğun şekilde kullanılmıştır.

Yapılan araştırmalarda, nanoparçacıkların güç tutuşurluk uygulamalarında tek başlarına ticari olarak çok başarılı olmadığını etkilerini iyileştirmek için yardımcı katkı maddeleri olarak ilave geleneksel güç tutuşurluk kimyasallarına ihtiyaç duyabilecekleri de belirtilmektedir. Nano kaplamaların sağladığı kapsamlı faydalar nedeniyle, nanokompozit formülasyonları ile yapılan yüzey işlemleri güç tutuşurluk alanında hala artan ilgi görmektedir.

Nanokompozit esaslı kaplamanın, kurutulduktan sonra char yapısının oksidasyonunu koruyan ve böylece kaplamaların alev dayanıklı özelliklerini güçlendiren umut verici bir sistemi temsil ettiği bildirilmektedir (Wang, Han & Liu, 2007).

Polimer matrislerde bireyselleştirildiğinde ve uygun şekilde dağıldığında nanometrik parçacıkların termal, mekanik veya yangına dayanıklılık gibi özelliklerin geliştirilmesine katkıda bulunduğu bilinmektedir. Her bir nanoparçacık tipinin alev geciktiriciliğine olan katkısı kimyasal yapısına ve geometrisine bağlı olarak değişebilir.

2.5. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemleri Mekanizması

Tekstil malzemesinin yanması sırasındaki enerji bilançosu şu şekilde olabilir:

1.Erime noktasına kadar ısıtma	70 Cal/g
2.Erime ısısı	30 Cal/g
3.Parçalanma sıcaklığına kadar ısıtma	50Cal/g
4.Parçalanma reaksiyonu	600Cal/g
5.Piroliz ürünlerinin buharlaşması	150Cal/g

6.Buharların tutuşma sıcaklığına kadar ısıtılması	20Cal/g
Toplam	1000Cal/g
7.Çevreye yayılan ısı kaybı	1000-3000Cal/g
8.Yanma sırasında açığa çıkan ısı	2000-4000Cal/g

$8 \geq 1-7$ durumunda yanma meydana gelir.

$8 \leq 1-7$ durumunda yanma meydana gelmez.

Yukarıda verilen enerji bilançosuna göre, bir tekstil malzemesini güç tutuşur hale getirmek için ya yanma sırasında açığa çıkan ısı miktarını düşürmek veya harcanan enerjiyi yani 1-7'e kadar olan ısıların toplamını yükseltmek gerekir.

Alev geciktirmede birçok mekanizma vardır.

2.5.1. Yanma Sırasında Açığa Çıkan Enerji Miktarının Azaltılması

-Pirroliz ürünleri içerisinde yer alan, yanıcı maddelerin oluşumunu azaltarak

-Yanmayı geciktirici ürünler yardımıyla yanmayı güçleştirerek

-Tekstil malzemesinin yanıcı olmayan gazlar ile sarılması ve oksijenle temasın azaltılması ile gerçekleştirilir.

2.5.2.Harcanan Enerji Miktarının Arttırılması

Tekstil malzemesine enerji tüketici maddeler ilave edilerek sağlanabilir.

2.5.3.Pirroliz Mekanizmasının Değiştirilmesi

Özellikle selüloz liflerinin güç tutuşurluk bitim işleminde kullanılan bileşiklerin etkisi, liflerin pirroliz mekanizmasının değişmesine dayanmaktadır. Güç tutuşurluk bitim

işlemi görmemiş pamuklu tekstil malzemesinin pirolizi sonucu meydana gelen ürünlerin %20'sini yanıcı olmayan maddeler oluştururken, güç tutuşurluk apresi ile muamele edilmiş pamuklu malzemelerde bu oran %60-75 'e kadar yükselebilmektedir (Horrocks & Price, 2003).

2.5.4.Yanmayı Frenleyici Ürünlerin Kullanılması

Yapıları gereği, alev geciktirici sistemler fiziksel olarak (soğutma, koruyucu bir tabaka oluşumu veya yakıt seyreltmesi) veya kimyasal olarak (yoğuşmuş veya gaz fazında reaksiyon) davranabilir. Polimer yanmasında yer alan çeşitli işlemlere müdahale edebilirler (Mosawi 2016).

Alev geciktirici sistemlerin ana etki şekilleri iki gruba ayrılır.

-Fiziksel etki

Bazı alev geciktirici katkı maddelerinin endotermik ayrışması, ısı tüketiminde bir sıcaklık azalmasına neden olur. Bu, reaksiyon ortamının polimer yanma sıcaklığının altına kadar bir miktar soğutulmasını içerir. Bu kategoride, sırasıyla yaklaşık 200 ve 300 °C'de su buharını serbest bırakmaya başlayan alüminyum hidroksit veya magnezyum hidroksitten söz edebiliriz. Bazı alev geciktirici katkı maddeleri, yanmanın meydana geldiği gaz fazı ile termal bozulmanın gerçekleştiği katı faz arasında koruyucu bir katı veya gaz tabakası oluşumuna yol açar. Böyle bir koruyucu tabaka yanıcı uçucu gazlar ve oksijen gibi maddelerin transferini sınırlar. Sonuç olarak, üretilen ayrışma gazlarının miktarı önemli ölçüde azalır. Ayrıca, yakıt gazları, yanma işleminin sürdürülmesini önleyen oksijenden fiziksel olarak ayrılabilir.

-Kimyasal etki

Yangın sürecinin kimyasal modifikasyonu ile alev geciktiriciliği gaz halinde veya yoğunlaşmış fazda meydana gelebilir. Yanma işleminin serbest radikal mekanizması, gaz fazında tercihen belirli radikalleri serbest bırakan alev geciktirici katkı maddelerinin eklenmesiyle durdurulabilir. Bu radikaller, daha az reaktif ve hatta inert moleküller oluşturmak için yüksek oranda reaktif türlerle (H^+ ve OH^-

gibi) reaksiyona girebilir. Yanma reaksiyonu yolundaki bu modifikasyon, sıcaklıkta bir düşüşe ve dolayısıyla üretilen yakıtta bir azalmaya yol açar.

Yoğunlaşmış fazda, alev geciktiriciler tarafından tetiklenen iki tip kimyasal reaksiyon oluşur. Birinci tip reaksiyonlar, polimer zincirlerinin kopmasını hızlandırabilir. Bu durumda, polimer damlar ve böylece alev hareket bölgesinden uzaklaşır. İkinci tip reaksiyonlar, parçalayıcı polimer zincirlerinin kimyasal transformasyonu ile polimerin yüzeyinde karbonlanmış (belki de genleşmiş) veya camsı yapıda bir tabaka oluşumuna neden olabilir. Bu kömür veya vitrifiye tabakası, gaz fazı ve yoğunlaştırılmış faz arasında fiziksel bir yalıtkan katman görevi görür

Özellikle sentetik tekstil malzemelerinin güç tutuşurluk bitim işlemlerinde kullanılan halojenli bileşikler yanmayı frenleyici etki gösterirler. Bitim işlemi görmemiş liflerin pirolizleri sırasında gaz fazında C ve OH radikelleri oluşmaktadır. Bu radikallerin reaksiyon oluşturma eğilimleri fazla olduğundan, hızlı bir şekilde oksijen alırlar, yani yanarlar. Halojen radikelleri gaz fazındaki C ve OH radikellerini yakalayarak, hızlı oksitlenmelerini, dolayısıyla, birim zamanda açığa çıkacak enerji miktarını azaltmaktadırlar (Lewin, 1983).

2.6. Güç Tutuşurluk Kimyasallarının Tekstil Malzemelerine Aplikasyon Yöntemleri

2.6.1. Ultraviyole (UV) Kürlleme Yöntemi:

Bu yöntemin, endüstriyel güç tutuşurluk kaplama uygulamalarında kullanımı giderek artmaktadır. Son yıllarda hızlı kürlleme, düşük enerji tüketimi, azaltılmış çevre kirliliği, yüksek kimyasal stabilite, çok çeşitli işlemlere uygulanabilir olması gibi avantajlı özellikleri bu yöntemi oldukça cazip hale getirmiştir (Ferrero & Periolatto, 2011). Uygun güç tutuşurluk kimyasalları UV-kürlenebilir matrislere, yani bor, fosfor, silikona ekleyerek, sonuçta ortaya çıkan kaplama ile iyi alev geciktirici özelliklere sahip malzeme üretilebilir.

2.6.2. Fular-Kurutma (Pad-Dry) Yöntemi:

Bu yöntem, fonksiyonel tekstil üretiminde, bitim işlemlerinde yaygın olarak kullanılır. Amacına uygun kimyasallardan hazırlanan apre çözeltisi fular teknesinde kumaşa emdirilir. Kumaşın emiciliği alınan flotte miktarı açısından önemlidir. Emdirme işlemini, kimyasalların kumaş yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturmasını sağlayan kurutma işlemi ve oluşan kimyasal tabakanın, kumaşa bağlanmasını sağlayan fikse işlemi izler. Bu yöntemle kesiksiz, uzun metarjlı üretim mümkün olmaktadır (Sen, 2007).

2.6.3. Kaplama Yöntemi:

Bu yöntemde kıvamlı kaplama çözeltisi direk olarak kumaşa uygulanıp, sabit bir rakle (bıçak) yardımı ile üniform bir şekilde sürülür. Kullanılan rakleler kumaş ve çözelti çeşidine bağlı olarak sivri uçlu veya yuvarlak ağızlı olabilir.

2.6.4. Sol- Jel:

Sol-Jel tekniği çeşitli fonksiyonel özelliklerin bir malzemede birleştirilmesi için tekstil ve diğer tüm yüzey işlemleri için kullanılabilen bir yöntemdir.

2.6.5. Plazma

Birçok endüstriyel proste yer alan soğuk plazma teknolojilerinin, doğal veya sentetik polimerik malzemelerin modifikasyonu için etkili yollar sunduğu iyi bilinmektedir.

2.6.6. Nano Partüküllerin Kumaşlara Aplikasyonu

Çevre dostu alev geciktirici teknolojinin geliştirilmesine olan ilgi, araştırmacıları plazma ve nano teknolojiyi birleştirerek gelişmiş yangın geciktirici etkisine sahip kaplamalar geliştirmeye yöneltmiştir. Quede ve arkadaşları soğuk uzak azot plazma tekniğiyle, organosilikon ince filmler, oksijen ile önceden karıştırılmış

1,1,3,3-tetrametildisiloksan monomerinin polimerizasyonu yoluyla naylon substratlar üzerinde hesaplamışlardır (Quede vd., 2004).

İşlem görmemiş PA6 ve nanokalay (%2) içeren plazma kaplı PA6 arasındaki bir karşılaştırma nanokaplamanın varlığında yüksek alev geciktiriciliğini göstermiştir. Plazma kaplı PA6 nanokompozitleri durumunda, LOI'de (%130) bir artış görülmüştür. Yanma sırasında, plazma kaplamanın ve nanokompozit yapının birleşik etkisinin, alev geciktirme için çok etkili bir silikon ve karbonlu koruyucu tabaka oluşmasına yol açtığı öne sürmüştür.

2.7.Güç Tutuşurluk Ölçüm Test ve Standartları

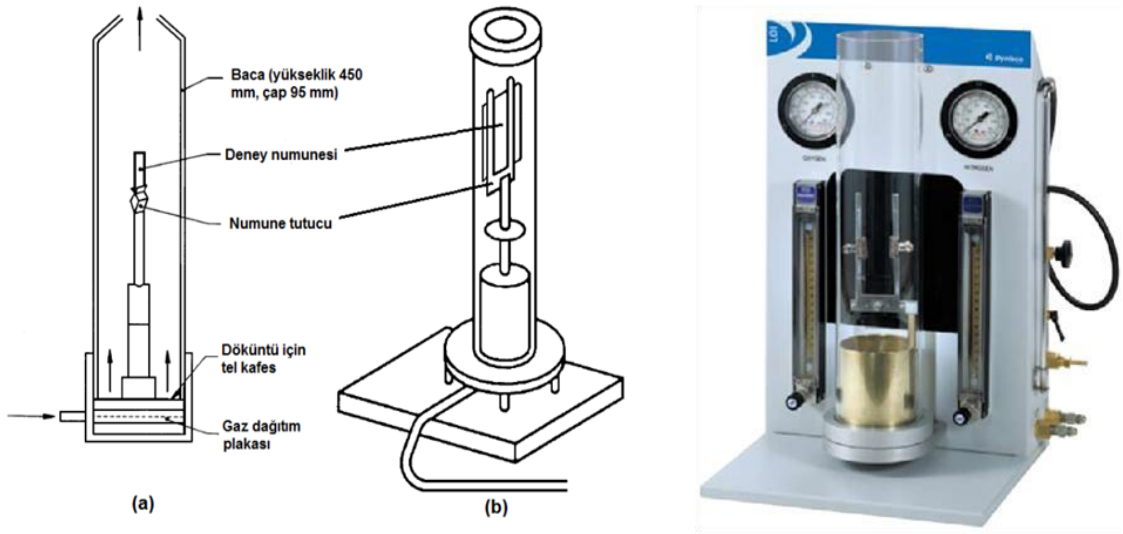
Tekstil ürünlerinin kullanım alanlarının geniş olması yapılacak testlerin çeşitlenmesine sebep olmuştur. Tekstillere yapılacak yanma testleri ve standartları konusunda sürekli olarak çalışmalar yapılmaktadır. Tekstillerin yanma davranışları en az yanma ya da tutuşma süresi, yanmanın kendiliğinde devam ettiği süre, tekstil tutuştuktan sonra alevin yayılma hızı, alev kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra devam eden içten yanma süresi, kömürleşen alan, yanma sonucu büzüşme ya da damlama, yanma sırasında açığa çıkan zehirli gaz miktarı, yanma sırasında ortamı verilen ısı miktarı gibi parametreler göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir. Bu sebeple bir tekstilin yanma davranışını belirlemek için çoğunlukla bir test metodu yeterli olmamaktadır. Bir tekstil mamulünün en son olarak kullanılacağı yer yapılacak testi yöntemi için önemli bir ölçüdür. Döşemelik kumaşlar (evlerde kullanılan, toplu taşımalarda kullanılan vs.), giysiler, ev tekstilleri, askeri malzemeler, yüksek ısıda çalışan işçilerin giysileri gibi tekstil ürünlerinde yanma davranışları önemlidir. Yatay yanma testi, 45 °C yanma testi, dikey yanma testi, sigara testi, manken testi, ısı salınım testi tekstillerde kullanılan testlerden bazılarıdır. Limit oksijen indeksi testi kumaşların da yanma davranışının değerlendiren ve yaygın kullanılan bir yanma testidir (Kandola, 2010).

2.7.1. Limit Oksijen İndeksi

Fransa'da (NF T 51-071) ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (ASTM D 2863) standardize edilmiş, LOI testi şimdi uluslararası bir standarda (ISO 4589)

tabidir. LOI'nin değeri, oksijen/nitrojen karışımındaki $[O_2/N_2]$ minimum oksijen konsantrasyonu $[O_2]$ olarak tanımlanır.

Analizi yapılacak kumaşlar ASTM D 2863-00 standardına uygun olarak hazırlanır. Tekstil numunesi 5 saniye süre ile en fazla üç tekrarlı olarak aleve maruz kalır. Aleve maruz kalan numunenin yanma davranışı gözlenir. Cihazın numune tutucuları Şekil 2.5.'te sunulmaktadır.

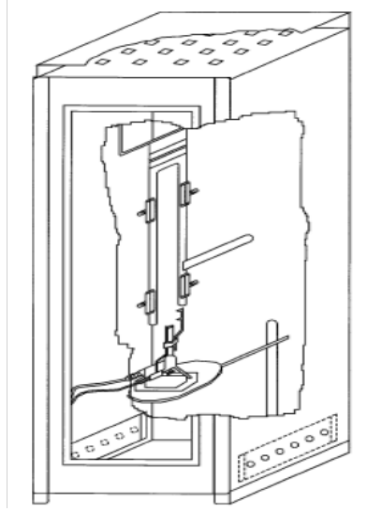


Şekil 2.5. LOI Cihazı

2.7.2. Dikey Yanmazlık Testi

Kumaşların dikey konumda yanma davranışlarının belirlenmesinde kullanılan test yöntemidir. Kumaşlar alev kaynağına 12 saniye maruz kalır. Alev kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra yanma süreleri, alev söndükten sonra kıvılcım halinde yanma süreleri, yanma tamamen bittikten sonra ne kadar alanın kömürleştiği belirlenmektedir. Kömürleşmenin etkilediği alanın belirlenmesi için test bittikten sonra numune cihazdan çıkarılır, kumaş gramajı esas alınarak belirlenen ağırlıklardan uygun olan seçilerek kumaşın aleve maruz bırakıldığı kenarın sağ tarafından 6 mm uzaklıkta asılır ve kumaşın yırtılan kısmı ölçülerek not alınır. Test bittikten sonra numune tutucudan çıkarılmadan ve çıkarılıp yırtıldıktan sonra fotoğraf çekimi yapılarak numuneleri

karşılaştırmalı olarak değerlendirilir. Dikey yanma test cihazı numune tutucuları ve cihazın görünümü Şekil 2.6.'da sunulmaktadır.



Şekil 2.6. Dikey Yanma Test Cihazı

2.7.3. Yanma Testleri

Tekstil mamüllerinin yanma davranışları, tutuşabilirlik, alevin ilerlemesi ve yanma ile açığa çıkan enerji ile birlikte belirlenir. Standart olarak hazırlanan testler de alevin kumaşa temas etmesi ile birlikte başlayan süre de elde edilen veriler ile güç tutuşurluk etkisi belirlenir. Testlerin bir grubu kumaşa alev temas ettiğinde yanıp yanmayacağını, diğer bir grup ise kullanıcıları ne kadar koruyacağını belirlemektedir. Yanmanın olduğu durumlarda, alevin ilerleyişi, yanma hızı, tekstillerin kritik oksijen içeriği de ölçümlerle belirlenebilmektedir. Standartların uygulanmasında, numunenin hazırlanması, duruş açısı, süre gibi faktörler önem kazanmaktadır. Tekstil mamulünün kullanım yerine göre uygun olan bir ya da birkaç yanma testi uygulanır (Bical, 2015).

2.7.4. Alev Yayılma Testi

Test uygulanan kumaş örneğinde alevden etkilenen bölge veya mesafesi ölçülmektedir. Alev yayılımı ölçümleri, dik, 45°C eğik ve yatay pozisyonda

yerleştirilmiş kumaş numunelerinde gerçekleştirilmektedir. Kumaş duruş şeklinin ve açısının ölçüm sonuçlarına etkisi yoktur (Kutlu, 2002).

2.7.5. 45 °C Eğik Yakma Testi

45°de yatırılmış olan numunenin alt ucuna 30 saniye boyunca alev temas ettirilir. Süre sonunda alev kaynağı uzaklaştırılarak alevli yanma zamanı, alev kaynağı uzaklaştırıldığında yanma devam ederse kendi kendine yanma zamanı, belirli bir mesafeye kadar ulaşması için geçen zaman, yanma mesafesi gibi değerler ölçülerek yanma özelliği belirlenir (Kutlu, 2002).

2.8. Bu Alanda Yapılan Çalışmalar

-Yaşar, tez kapsamında selülozik yapılu çadır kumaşlarına güç tutuşurluk kazandırmak amacıyla fiziksel ve kimyasal modifikasyon yöntemleri uygulanmıştır. Borik asit ve boraks ayrı ayrı ve birlikte selüloz esaslı kumaşa emdirildiğinde, kütlece %5 borik asit ve %5 boraks miktarlarında en yüksek LOI değerine (45,0) ulaşılmıştır. Ancak yıkamaya karşı dayanım sağlanamamıştır. Yıkama dayanımını geliştirmek için boya banyosuna farklı miktarlarda borik asit, boraks ve çinko borat ilave edilmiş, bor bileşiklerinin selüloz ile tepkimeleri başarısız olmuş, alev geciktirme sağlanamamıştır. Selülozik çadır kumaşına yıkamaya dayanıklı ve alev geciktirici özellik kazandırmak amacıyla sodyum silikat ile ağırlıkça %5 borik asit ve %5 çinko borat kullanılarak emdirilmiş, kumaşların yıkama öncesi LOI değerleri sırasıyla 34,5 ve 34,3; 5 yıkama sonrasında 31,3 ve 31,5 olarak bulunmuştur (Yaşar, 2016).

-Kabasakal, çalışmasında pamuk ve polyesterden oluşmuş kumaş örneklerine, borik asit ve yanmayı zorlaştıran alfa x maddesi farklı uygulamalarla (çektirme, emdirme ve baskı) değişik oranlarda (borik asit sabit %10, alfa x %20, %10, %5) verilmiştir. Ayrıca %100 borik asit ve %100 alfa-x'li numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan apre çözeltilerin etkisi incelenmiştir. Numunelere yıkama haslığı testi ve alev dayanımı testleri uygulanmıştır. Kullanılan farklı kimyasalların farklı yıkamalarda farklı sonuçları olup olmadığının tespiti için 2'li interaksiyon bakımından yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en iyi alev geciktirme etkisinin %10

Borik asit çözeltisi +%20 Alfa x çözeltisi ve yıkanmamış numunelerde olduğu görülmüştür (Kabasakal, 2011).

--Kalın, tekstil materyallerine güç tutuşurluk özelliği kazandırılmasını amaçlamıştır. Ticari ürün olan, Alfa-x yanmayı geciktirici kimyasala bor türevlerini katarak kumaşların yanma dayanımlarının yükseltilmesini amaçlanmıştır. Hazırlanan bor içeren apre çözeltileri, kumaşa pad makinesinde uygulanmıştır. Ölçümlerden alınan verilere göre, bor türevleri kumaşların yanma özelliğini iyileştirmiştir. En fazla yanmazlık , % 7,5 boraks ve % 50 alfa-x içeren apre kimyasalında olmuştur (Kalın, 2008).

- Demirel, çalışmasında cam elyaf destekli poliester kompozit malzemelerin güç tutuşur olması amacıyla, doymamış poliester reçineyi, içine, kırılmış “E” camı elyafı katarak desteklerken magnezyum hidroksit, borik asit ve çinko borat gibi alev geciktirici kimyasallar da katarak kompozit numuneler oluşturmuştur. Hazırlanan numunelere kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA), kırılma yüzeylerinin incelenmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM), yanma dayanımlarının için limit oksijen indisi (LOİ) ve duman yoğunluğu testleri yapılmıştır. LOİ testi sonuçlarından, borik asitin cam elyaf takviyeli poliester kompozit için iyi bir alev geciktirici etki gösterdiği görülmüştür. Kompozit numuneye ağırlıkça %15 borik asit eklenmesi ile numunenin LOİ değeri 25,3 olarak elde edilmiştir. Borik asit miktarı arttırıldıkça kompozit numunelerinin LOİ değerleri artmıştır (Demirel, 2007).

-Rivero ve arkadaşları, nanopartiküllerin, elyafların ve tekstillerin işlevselleştirilmesi için umut vaat eden yeni bir materyal çeşidi olduğunu bildirmişlerdir. Nano boyutlarından kaynaklanan üstün özellikleri ve son derece yüksek spesifik yüzeyleri onları elyaflara ve tekstillere ilave işlevsellik sağlamak için en faydalı katkı maddelerinden biri yaptığını vurgulamışlardır. Ticari uygulamalara dâhil olmalarında hala bazı sorunlar olsa da, yüksek değerli fonksiyonel tekstil uygulamalarına uygunluklarını bildiren çok sayıda önemli bilimsel araştırma çalışması bulunduğunu belirtmişlerdir (Rivero, Urrutia, Goicoechea & Arregui, 2015).

-Carosio ve arkadaşları, çok katmanlı ince filmler kullanılarak tekstil kumaşının alev geciktirici özelliklerini geliştirmek için yeni bir yöntem değerlendirmişlerdir. Polyester kumaşlar, tabaka tabaka yöntemi kullanılarak silika nanoparçacıklarla

kaplanmıştır. Pozitif ve negatif yüklü kolloidal silikadan oluşan beş çift katman (<10 nm ortalama kalınlıkta), polyester kumaşın tutuşma süresini ve ısı salım hızı zirvesini sırasıyla % 45 ve % 20 azaltmıştır. Dikey yanma testinde, bu aynı nano kaplama, yanma süresini önemli ölçüde azalttığı ve eriyik damlamasını ortadan kaldırdığı görülmüştür. (Carosio, Laufer, Alongi, Camino & Grunlan, 2011).

-Günsal'ın çalışmasında, akrilik, yün ve viskon malzemelere güç tutuşurluk kimyasalları verilmiştir. Viskon kumaş numunesine plazma metodu denenmiştir. Akrilik ile yün organofosfor, viskon kumaş, borik asit ve organofosfor yapısında kimyasalları ile işlem görmüştür. İşlem görmüş numunelerin yüzeyleri elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiş, termal özelliklerinin TGA analizi, yanma özellikleri için limit oksijen indisi (LOİ) ölçümleri kullanılmıştır. Sonuçlara göre, borik asidin viskon kumaşa emdirme, kurutma metoduna göre, organofosforun akrilik yün karışımı için çektirme metoduna göre kullanılması sonucu alev geciktirici etkisinin çok iyi olduğu görülmüştür. LOİ ölçümleri 18,8 `den 55 ` e yükselmiştir (Günsal, 2007).

BÖLÜM 3

DENİM KUMAŞ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİMİ

3.1. Denim Kumaş Tarihçesi

Denim kumaşların geçmişi 16. y.y.'a kadar uzanır. 16. y.y.'da 'serge' olarak adlandırılan ve indigofera bitkisinden bir kumaş Fransa'nın Nimes ilçesinde ilk kez dokunmuştur. Bu sebepten kumaş 'Serge de Nimes' adını almıştır ve yıllar içinde denim olarak anılmaya başlanmıştır.

Amerika'nın denim kumaş ile tanışmasını sağlayan kişi Christopher Columbus'tur. 18. y.y.'da daha dayanıklı denimler için pamuk elyaf kullanılmıştır. Daha sonra pamuk tarlalarında çalışan işçiler tarafından daha dayanıklı olduğu için denim kumaştan üretilen pantolonlar kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde ise popüleritesi, konforu, çeşitliliği, kolay kullanılabilir olması, ütü gereksiniminin az olması sebeplerinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Amerikan filmlerinde ünlü yıldızların denimden yapılmış ürünler kullanması denim kumaşların dünya genelinde kullanımını arttırmıştır.

3.2. Denim Kumaşın Tanımı

Klasik denim kumaşın en önemli özelliği çözgü ipliğinin indigo boyarmaddesi ile boyanmış olması, atkı ipliklerinde herhangi bir boyama yapılmamasıdır. Denim kumaş, blue jeans olarak da tanımlanmaktadır. Denim dayanıklı ve kullanışlı bir kumaş türü olduğundan dolayı gündelik giysi ve spor giysi

üretiminde kullanılmaktadır. Çoğunlukla % 100 pamuk elyafından üretilen denimler tercih edilmektedir.

Denim dokuma kumaş örgüleri D 2/1 Z veya D 3/1 Z dimi örgüleri ile dokunmaktadırlar.

3.3. Denim Kumaş Üretimi

3.3.1. İplik Prosesi

Günümüzde denim piyasasında genellikle Ne5 ile Ne30 numara aralığında ring pamuk iplikleri kullanılmaktadır. Open End ipliğinin denim üretimindeki gittikçe azalmaktadır. Ayrıca günümüzde çoğunlukla atkı olarak elastomerli Ne 9 Lycra ile Ne 24 Lycra numara aralığında pamuk iplikleri kullanılmaktadır.

-Harman-Hallaç Dairesi

İşletmeye 24 saat öncesinden alınan pamuk balyalarının işletme koşullarında kondisyonlanması sağlanır. Daha sonra Blendomat makinalarının altına hazırlanan harman reçetesine göre dizilir. Yolucu silindirler yardımıyla yolunan pamuklar hava emişi ile harman-hallaç hattına beslenir. Burada ki amaç pamuk balyalarının içinde olan çepel, yabancı madde, pamuk tohumu ve tozların uzaklaştırılmasıdır. Aynı zamanda çırpıcı makinalarında 8-10 ayrı göze beslenen pamuğun hatta homojen olarak karıştırılıp yollanması sağlanır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Harman-Hallaç Dairesi Blendomat Makinası

-Tarak Makinası

Harman-hallaç dairesinde açılıp temizlenen pamuklar tarak makinalarına beslenir. Tarak makinasına vatka halinde beslenen pamuk sırasıyla brizör-tambur-dofer silindirlerinden geçerek temizlenir. Her bir silindirde garnitür teller vardır. Tambur ve hareketli şapkalar arasından geçen pamuk hareketli şapkaların tambura göre ters hareket yapmasıyla tarama ve temizleme işlemi yapılır. Daha sonra webspeed ünitesine gelen tülbent halini almış elyaflar, kalender silindirlerinde şerit halini alır ve kovalara şerit olarak basılır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Tarak Makinası

-Cer Makinası

Tarak makinasından alınan kovalar 1.pasaj cer makinası cağlık sistemine beslenir. Burada çalışılacak ayara bağlı olarak 6-8 dublaj çalışılabilir. Cer makinasının amacı farklı tarak kovalarından gelen şeritleri karıştırarak tek bir kova haline getirmek ve liflerin açılmamış kancalı uçlarının açılmasını sağlamak. Cer I makinasından çıkan kovalar 2.pasaj cere bağlanır ve aynı işlem uygulanır. Cer makinasından alınan şeritlerdeki liflerin paralel daha paralel bir yapı kazanmış olurlar (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Cer Makinası

-Fıtil Makinası

Cer makinasından çıkan cer kovaları fıtil makinası arkasına çekilir. Her bir kova fıtil makinası cağlık sisteminden fıtil makinası çekim bölgesine beslenir. Fıtil makinasının amacı ring makinasına şerit halinde liflerin beslenemeyeceği için fıtil bobini formunda sarmaktır. Aynı zamanda burda fıtile bir yalancı büküm verilerek ring makinası için hazırlanmış olur (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Fitol Makinası

-Ring Makinası

Fitol makinasından alınan fitiller ring makinasına çağlık sistemine takılır. Fitol şeritleri ring makinası çekim bölgesine beslenir. Ring makinasından çekim bölgesinde çekip uzatılan fitiller iplik formunu alarak ring masuralarına sarılır. İpliğin eğrildiği makine bu makinedir. Ayrıca günümüzde elastomerli iplik üretiminde ring makinasına eklenen aparatlar sayesinde pamuk elyafının çekirdeğine konularak gerçekleştirilir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Ring Makinası

-Bobin makinası

Ring makinasından alınan kopslar bobin makinasına beslenir. Burada ki amacımız ring makinasından çıkan kopsların dokuma ve indigo dairelerinde kullanılmayacağından bobin formunda sarmaktır. Yaklaşık 20-25 adet kops 1 bobine sarılmaktadır. Bobin makinasının bir diğer amacı, önceki üretim aşamalarında oluşan hataları Uster cihazları sayesinde temizlemektir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Bobin makinası

3.3.2. İndigo Prosesi

Orijinal ismi ‘indigofera tinctoria’ olan bitkinin yapraklarından yapılan boyarmaddeye indigo adı verilir. İndigo bitkisi Afrika, Hindistan, Endonezya ve Çin’de yetişmektedir.

Bu proses sırasıyla;

-Halat Sarma: İplikhaneden alınan bobinden halat sarma makinası çalgık sistemine dizilir. Daha sonra dizilen bobin adedi kadar halat levendlere sarılır. Bobin metrajına göre levend sayısı belirlenir. Örneğin; 42000 metrelik bobinden 4 levend 10500 metre olarak alınır.

-Halat Boyama: Halat sarma makinasından alınan levendler boyama makinasına dizilir. Burada halatlar yan yana boyama makinasına beslenir ve istenilen renkte boyanan halatlar halat taşıma arabalarına alınır (Şekil 3.7.).

-Halat Açma: Boyama makinasından çıkan halatlar tel sayılarına göre halat açma makinasında açılır ve levendlere iplikler sarılır.

-Haşılama, Kurutma ve Dokuma Levendine Sarma: Haşıl makinasında getirilen levendler çözgü sayısına göre haşıl makinasına beslenir. Burada haşılı verilen çözgü ipliklerinin kurutmasında yapılır. Dokuma levendlerine sarılan iplikler tahar işlemi için hazırlanmış olur.



Şekil 3.7. İndigo Boyama Makinası

3.3.3. Dokuma Prosesi

Dokuma işleminin gerçekleşmesi için çözgü ipliklerinin, desene uygun olarak belirli periyotlardaki çalışma sistemini çerçeveler üzerindeki gücülerden, lamellerden ve tarak dişleri arasından geçirilerek hazırlanması işlemine tahar denir.

Denim kumaşlarda en çok kullanılan örgü D 2/1 Z veya D 3/1 Z'dir. Dime dışında bezayağı, saten, fantezi, balıksırtı ve jakarlı örme yapılarında kullanılmaktadır.

En çok kullanılan üç atkı atma sistemi vardır. Mekikçikli, rapierli ve hava jetli atkı atma sistemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan dokuma makinaları Toyota, Dornier, Picanol, Itema ve Sulzer dokuma makinalarıdır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Picanol Dokuma Makinası

3.3.4. Terbiye Prosesi

Denim kumaş üretiminde, dokuma işleminden sonra; yakma, merserizasyon, yumuşatma, en ayarı ve sanfor işleminden oluşan bir dizi terbiye işlemi vardır.

-Yakma İşlemi: Kumaş ilk önce fırçalanarak üzerindeki elyaf ve yabancı maddelerden temizlenmekte, fırçanın kaldırdığı kumaşın yüzeyindeki tüylerde yakma işlemiyle giderilmektedir (Şekil 3.9.).

-Merserizasyon İşlemi: İşlemin esası; pamuklu kumaşı veya ipliği derişik sodyum hidroksit (NaOH) ortamında kısa süreli şişirmek ve gerdirmektir (Şekil 3.10.).

-Yumuşatma, En Ayarı ve Kurutma İşlemi: Temizlenen kumaşa, kumaş tipinin özelliği ve müşterinin talebi doğrultusunda yumuşaklık ve dolgunluk verilmesi, dikiş kolaylığı ve dikiş kaymasını önleyici, yüzey gerilimini düşürücü apre maddesi verilmesi işlemidir (Şekil 3.11.).

-Sanfor: Kumaş satış sonrası kullanıma hazırlık amacıyla, sanfor yani çekmezlik işlemine alınmaktadır. Bu işlemde ürüne son kullanım özellikleri sağlanarak maksimum bir çekme verilmektedir. Ürünün boyutsal stabilitesi ayarlanır (Şekil 3.12.).



Şekil 3.9. Yakma Makinası



Şekil 3.10. Pad-Steam Yıkama Makinası



Şekil 3.11. Ram Makinası



Şekil 3.12. Sanfor Makinası

3.3.5. Kalite Kontrol ve Paketleme Prosesi

Kalite kontrolde işletme iş akışı şu şekilde olmaktadır;

-Sanfordan laboratuvar test standart içi onaylı kumaşların teslim alınması,

-Kumaşların kalite kontrolünün yapılması (Şekil 3.13.),

-Top kesime alınması,

-Paketlenmesi (Şekil 3.14.),

-Topların lot bekleme alanına alınması,

-Lotlanan kumaşların sevkiyat depoya gönderilmesi.

Denim kumaş üretim aşamaları bir tekstil fabrikasından incelenerek yazılmıştır.



Şekil 3.13. Kalite Kontrol Makinası



Şekil 3.14. Top Sarma Makinası

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

4.1.1 Kumaş

Boyalı denim (kot) kumaş , %99 pamuk % 1 elastan ipliklerden üretilmiştir. Yüksek gramajlı ve mavi renklidir.

Kumaşlar Edirne Kilim Grubu fabrikasında üretilmiştir.

4.2.2. Kimyasallar

Borik asit, boraks, nano boyutta SiO₂ ve güç tutuşurluk etkisi sağlayan apre kimyasalları ticari olarak temin edilmiştir. Triazin ve fosfit içeren bileşim (CTAP) kimyasalı Trakya Üniversitesi Kimya bölümü, anorganik laboratuvarında, Etanol amin, sülfürik asit, fosforuz asit, sodyum karbonat gibi kimyasallar kullanarak üretilmiştir.

Ticari güç tutuşurluk etkisi sağlayan apre (Forflam GLS): Ticari olarak selüloz elyaftan yapılmış tekstillerde güç tutuşurluğu temin ettiği bilinen, kumaş yüzeylerinde düzgün bir film tabakası oluşturabilen, pad-dry yöntemine uygun, organik ve inorganik azot tuzlarından oluşan, halojen ve antimon içermeyen, apre çözeltilisidir. (Fourkim Tekstil Boya ve Kimya Ürünleri San. ve Tiç A.Ş.) Borik asit, Boraks, Nano-SiO₂ ve CTAP kimyasallarının denim kumaşlara aplikasyonunda tavsiye edilen reçetelere uygun olarak kullanılmıştır.

Borik Asit: H_3BO_3 , suda çözüldüğünde zayıf asit özelliği gösteren beyaz bir tozdur. %99.9 saflıkta, merck ürünüdür.

Di sodyum tetra borat dekahidrat (Boraks): $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, .Merck ürünüdür.

Nano- SiO_2 : Ege Nanotek firmasından temin edilmiştir. %99.9 saflıkta, ortalama 30nm parçacık boyutundadır.

Fosforuz asit, sülfürik asit, etanol amin, aseton sodyumkarbonat: Fosfor ve diklorotriazin bileşenleri (CTAP) üretiminde kullanılmıştır.

4.2. Metod

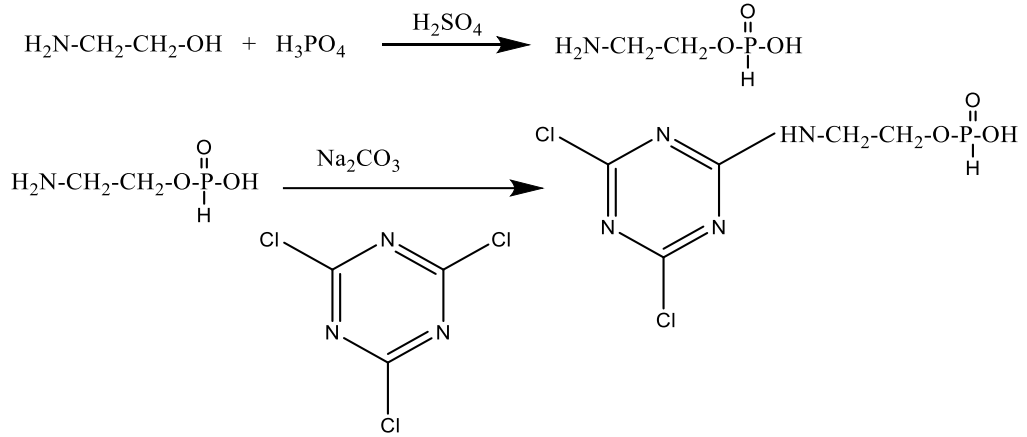
Dong ve arkadaşlarının (2017) çalışmasında belirtilen metod kullanılarak fosfor ve diklorotriazin bileşenleri (CTAP) laboratuvar şartlarında üretilmiştir.

2- aminoetil fosfit sentezi

İçinde 20 g 0.5 mol fosforik asit olan üç boyunlu reflü balonunun bir boyununa damlatma hunisi diğer boynuna termometre kondu. Damlatma hunisi içine 15 g (0.5 mol) etanol amin ve katalitik miktarda derişik sülfürik asit kondu. Magnetik karıştırıcı kullanılarak, fosforik asit damla damla karıştırılarak eklendi. Çözelti 160 °C'te azot atmosferi altında 6 saat karıştırıldı. Sarımsı kristaller elde edildi (Dong vd., 2017).

2-(2-aminoetil hidrojen fosfit)-4,6-dikloro-1,3,5-triazin sentezi

Boyunlarından birinde termometre diğerinde damlatma hunisi olan üç boyunlu bir balon içine bir önceki sentezde elde edilen 1-2- aminoetilfosfit üzerine uygun miktarda asetonda çözülmüş 9 g (0.1 mol) siyanürik klorür çözeltisi eklendi. Karışım buz banyosunda -5 °C soğutuldu. Daha sonra içine 7g (0.1 mol) sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi yavaşca damlatılarak eklendi. Yedi saat mekanik karıştırıcı altında karıştırıldı. Reaksiyon sırasında %10'luk Na_2CO_3 çözeltisi ile pH 7-8 civarında tutuldu. Elde edilen karışım süzüldü ve evaporatörde çözücüsü uçuruldu. Elde edilen beyaz, katı 60 °C de kurutularak CTAP kimyasalı üretildi (Dong vd., 2017).



Şekil 4.1. CTAP Üretim Reaksiyon Mekanizması

-Apre Çözeltisinin Hazırlanışı

Bitim işlemi için kullanılacak olan bu çok bileşenli apre çözeltilerinin her biri bileşenlerin tam çözünürlüğünü sağlamak için özenle hazırlanmıştır. Her bir apre çözeltisinin %50 su, %50 Forflam GLS'dir. İlave edilen katı maddeler karışım içinde çözüldüğünden hacimce artış oranları ihmal edilmiştir. Borik asit, boraks, nano-SiO₂ ve CTAP bileşikleri için ayrı ayrı çok bileşenli apre çözeltileri hazırlanmıştır. Katı maddeler kullanmadan önce 10 sn vorteksenerek partiküllerin homojenize olması sağlanmıştır (Şekil 4.2.).

Çok bileşenli apre çözeltilerinin hazırlanmasında, önce katı maddeler suya eklenip 30 °C'de 800 rpm ile homojen bir karışım elde edilene kadar manyetik olarak karıştırılmıştır. Daha sonra, ticari olan Forflam apre çözeltisi eklenip, 30 dk. daha karıştırılarak güç tutuşurluk apre işlemi için çok bileşenli kimyasal karışım hazırlanmıştır.

-Fular-Kurutma-Fikse Yöntemi (Pad-Dry-Cure)

Çalışmada boyalı denim kumaşlara borik asit, boraks, nano-SiO₂, ve CTAP kimyasallarını içeren apre çözeltileri ile bitim işlemi uygulanmıştır. Kumaş numunelerine önce, laboratuvar tipi Ataç marka fular makinesinde (Şekil 4.3.), %70 sıkma ile apre çözeltileri emdirilmiş, sonra da laboratuvar tipi termostatlı kurutucuda

100 °C de kurutulup, aynı kurutma makinesinde 120 °C de 2 sn fikse edilmiştir (Şekil 4.4.). İşlem basamakları ve makinaları sırası ile aşağıda verilmiştir. En sonda apre işlemi görmüş kumaşın görüntüsü verilmiştir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.2. Apre Çözeltilerinin Hazırlanışı (Manyetik Karıştırma)



Şekil 4.3. Fular Makinası (Emdirme)



Şekil 4.4. Kurutma Makinası (Kurutma)



Şekil 4.5. Apre İşlemi Görmüş Kumaş

4.3.Numunelerin Karakterizasyonu

4.3.1.Yüzey Analizleri

-SEM (Scanningelectronmicroscopy) ve EDX (EnergydispersiveX-ray analysis)

Apré işlemleri uygulanmamış ve uygulanmış, denim kumaşların yüzey analizleri Trakya Üniversitesi Tütagem merkez laboratuvarında yapılmıştır. Hazırlanan kimyasal apré karışımlarının kumaş numuneleri üzerindeki kaplama tabakası ZEISS LEVO LS 10 marka SEM mikroskobu ile görüntülenmiş, farklı büyütme oranlarında incelenmiştir. Kumaşlar üzerindeki apré ürünlerin varlığı BURUKER X FLASH 6110 marka EDX cihazı ile belirlenmiştir.

4.3.2 Performans Özellikler

-Termal Karakterizasyon

Termogravimetrik analiz (TGA): Test, termogravimetrik analiz cihazı olarak adlandırılan bir alet üzerinde gerçekleştirilir. Termogravimetrik analizör de, numunenin sıcaklığı zamanla değişirken, sürekli olarak kütle ölçülür. Termogravimetrik analizde kütle, sıcaklık ve zaman temel ölçüm olarak kabul edilirken, bu ölçümden birçok ek ölçüm elde edilebilir (Lui & Yu, 2006).

Tekstil malzemelerinin yanma reaksiyonu, termogravimetrik analizöre numune yüklenerek test edilebilir. Cihaz, numuneyi tutuşma sıcaklığının üstünde ısıtılarak iyonla yakar. Kontrollü bir atmosferde (Oksijen-Azot), artan sıcaklıkla birlikte zamana karşı malzemedeki ağırlık değişimi ölçülür. Malzemenin sıcaklığındaki değişim sırasında meydana gelen dönüşümlerdeki ağırlık değişimlerini kantitatif olarak belirlenir. Termal bir reaksiyondan toplanan termogravimetrik veriler, x ekseni üzerinde sıcaklık veya zamana karşı y ekseni üzerinde kütle değişim yüzdelerinin yer aldığı grafik te derlenir. Genel olarak, deney numunesinin kütlelerinin değişmesine neden olan reaksiyonlar; bozunma, yükseltgenme reaksiyonları veya bir bileşenin buharlaşmasıdır. Malzeme termal bozunmaya uğrarken malzemenin davranışını ve oluşan kül miktarını belirlemektedir. Kül miktarı dolaylı olarak güç tutuşurluğun belirlenmesinde işe

yaramaktadır. Kül oluşumu daha iyi bir bariyer görevi görerek yanmayan malzemeye oksijen ve ısının ulaşmasını engellemekte, yanmayı zorlaştırmaktadır

Bu çalışmada TGA analizleri denim kumaş numunelerinde kütle kayıplarını, kalıntı oluşumunu ve bozunma sıcaklıklarını belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Bitim işlemi görmüş ve görmemiş denim kumaşların TGA analizleri, azot- oksijen atmosferinde, 25-900°C sıcaklık aralığında ve 20 °C/dk ısıtma hızında gerçekleştirilmiş, ağırlık değişimlerini sıcaklığa bağlı olarak belirlenmiştir. Farklı apre çözeltisi ile işlem görmüş numunelerin, aynı deney şartları altında elde edilen ölçümleri kullanılarak kumaş yüzeylerine uygulanan çok bileşenli apre çözeltilerinin kumaşın termal özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Ticari aprenin kumaş üzerindeki güç tutuşurluk etki derecesine, ilave edilen katı borik asit, boraks, nano SiO₂ ve CTAP kimyasallarının sinerjik etkileri belirlenmiştir. Denim kumaşların termal analizleri (TGA) Bursa Teknoloji Koordinasyon ve Ar-Ge Merkezi (Butekom) laboratuvarında yapılmıştır.

-Anti bakteriyel Etki

Denim kumaşların *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (Gram(+)) Bakteri kültürüne karşı fonksiyonellikleri AATCC-100 Metodu ile belirlenmiştir. *S. aureus* son yıllarda antibiyotik direncindeki artışa bağlı olarak gittikçe önem kazanan insan patojeni bir bakteridir. *S. Aureus*, çok çeşitli klinik enfeksiyonlara neden olan bir patojendir. Bu nedenle antibakteriyel etkinlik *S. Aureus*'a karşı belirlenmiştir.

AATCC-100 metodu: Bu testin amacı tekstil yüzeylerinde antibakteriyel etki oranını ortaya koymaktır. Mikro organizma içeren sıvılar numune kumaşlar üzerine emdirildikten sonra ortamdaki mikro organizma sayısındaki değişim oransal olarak anti bakteriyel etkinlik verisine dönüştürülmektedir. *S. aureus*, kültürleri Tryptic Soy Broth da 37°C'de 24 saat aktifleştirilmiştir. Mc Farland skalası yardımıyla 10⁵ cfu/ml'ye ayarlanmıştır. 0. saatte sayımları yapılarak doğrulanmıştır. Test edilecek kumaş örnekleri 1cm² olacak şekilde kesilip vida kapaklı tüplerde otoklavlanarak steril edilmiştir. Steril edilen kumaş örneklerine ayarlanmış bakteri kültürlerinden 1 ml aktarılarak, 1 saat ve 24 saat temas sürelerine maruz bırakılmış ve gerekli seyreltmeler yapılarak sayımları Plate Count Agarda yapılmıştır. % Azalma etkinliği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Anti bakteriyel performanslar EKOTEKS Laboratuvarında ölçülmüştür.

$$\% \text{ Azalma} = 100(A-B)/A$$

A: 1. Saatteki bakteri sayısı

B: 24. Saatteki bakteri sayısı

4.3.3. Tutuşurluk Özelliklerinin Belirlenmesi

Apré işlemleri öncesinde ve sonrasında denim kumaşların yanma özelliklerinin belirlenmesi için; limit oksijen indeks ölçümü (LOİ) , TS 11162-1 EN ISO 4589-1 ve Dikey yanma koruyucu giysiler, TS EN ISO 15025 testleri uygulanmıştır. Bu testlerin uygulamaları, gerçek kumaş yanma davranışına çok benzediği için seçilmiştir.

Güç tutuşurluk testleri BUTEKOM 'da yapılmıştır.

4.3.3.1. Dikey Yanma Testleri (TS EN ISO 15025: Koruyucu Giysilerde)

Test dikey yanma test cihazında gerçekleştirilir. Standarda uygun ebatlarda hazırlanan numuneler en az 24 saat süre boyunca $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $65 \pm 4\%$ RH nem koşullarında kondisyonlanmıştır. Ardından dikey yanma test cihazı tutucusuna yerleştirilmiştir. Test sırasında 10 saniye süre boyunca kumaş yüzeyine dik gelecek bir şekilde propan gazıyla ateşlendirilen, yatay konumda 25mm boya sahip bir alev uygulanıp süre sonunda alevli yanma, alevsiz (korlu) yanma, döküntü (damlama) oluşumu, delik oluşumu gibi durumlar gözlemlenmiş, sonuçlar tablolarda verilmiştir.

4.3.3.2. LOI (Limit Oksijen İndisi) Testi

Uluslararası alanda yaygın bir ölçüm olan LOI (limiting oxygen index), tekstil yüzeylerinin alev almasını ve yanma davranışlarını ölçmek için en iyi test yöntemlerindedir. LOI değeri bir malzemenin yanmaya devam etmesi için atmosferde olması gereken minimum oksijen konsantrasyonunu göstermektedir. LOI, malzemelerin alev uzaklaştırıldıktan sonra sönmesi için gereken sınırlayıcı oksijen miktarını belirtmektedir. Tam olarak, bir yangın durumunda ne olacağını belirtmemekle birlikte,

sayısal bir sonuç olarak tekstil malzemelerinde yanma özelliklerinin belirlenmesinde, apre çözeltilerinin etki bakımından karşılaştırılmalarında kullanılmaktadır.

LOI testi, LOI test cihazında, standartlara göre gerçekleştirilmiştir. Standartta belirtilen numune formuna göre numuneler hazırlanır ve kondisyonlanır. Ardından, numune tutucu aparata yerleştirilerek cihaza konulur. Cihazın oksijen konsantrasyonu % cinsinden ayarlanarak cam bacanın içerisindeki hava akışı ve karışım konsantrasyonu dengeye gelene kadar beklenir. Ardından proran gazıyla ateşlenen tutuşturucu vasıtasıyla baca şapkasındaki delikten içeri girilerek numune üst yüzeyine yukarıdan aşağıya gelecek şekilde en fazla 30 saniye süre boyunca alev uygulanır. Bu süre sonunda numunede alevli yanma gözlenmezse yanmadı olarak kabul edilir. Eğer alevli yanma gözlemlenirse tutuşmadan sonraki geçen yanma süresine ya da yanmanın ilerlediği mesafeye bakılır. 180 saniye süresini boyunca ya da numune türüne göre belirlenen yanma mesafesini aşan numuneler yandı olarak kabul edilir. Test sonunda oksijen konsantrasyon değerleri ve dixon alt üst metodu tablosundan elde edilen katsayı değeri ile gerçekleştirilen hesaplamada test geçerli olarak kabul edilirse sonlandırılır, geçerli kabul edilmezse test tekrarı gerçekleştirilir.

Çizelge 2.5. LOI Değerleri Tanımları (Kutlu, 2002)

LOI Değeri	Sınıfı
<%24	Yanar, alevlenir
%24-28	Sınırlı güç tutuşur
%29-34	Güç yanar
>%34	Süper güç tutuşturucu

4.3.4. Denim Kumaşların Yapısal Özellikleri

Boyalı kot ve boyasız kumaşların bitim işlemi öncesi ve sonrası atkı sıklığı, çözgü sıklığı ve gramaj değerleri bulunmuştur. Bu sayede apre işlemlerinin kumaşın yapısal özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

Kumaşın örgüsü dimi: Bu örgünün en temel özelliği kumaş yüzeyinde diegonal çizgiler görülmesidir. Dimi örgülerle daha ağır gramajlı kumaşlar yapılabilir. Çünkü yan yana bulunan hem atkı hem çözgü iplikleri birbirine daha fazla yanaştırılabilir. Böylece daha sıkı örtücü ve ağır gramajlı bir kumaş elde edilebilir. Güç tutuşur denim kumaş üretimi için uygun bir örgü şeklidir. Öte yandan dimi örgülü kumaşlarda atlama yapan iplikler birbirleri arasından kayabildiklerinden dolayı bu kumaşlar atlamaların yan yana dizildikleri dimi çizgileri yönünde esneklik gösterirler. Bu esneklik kumaşın ani gerilmelerine karşı direncin arttırdığından özellikle dış giyimde kullanılan kumaşlar için uygun bir yapı elde edilmiş olmaktadır.

Atkı-çözgü sıklık sayımı: Kumaşın atkı ve çözgü sıklıkları: Çözgü boyunca bir cm içinde yan yana bulunan atkı ipliği sayısına atkı sıklığı (atkı/cm) ve atkı boyunca bir cm uzunluk içinde bulunan çözgü ipliği sayısına çözgü sıklığı (çözgü/cm) denir.

Kumaş gramajının belirlenmesi: Kumaşlarda gramaj; kumaşın 1 metrekaresinin ağırlığıdır (gr/metrekare). Kumaş ağırlığını ölçmek için kullanılan alete “gramaj alma aleti” denir. Dairesel kesim yaparak numune almayı sağlar. Gramaj aleti ile kesilen numune hassas terazide tartılır. Gramaj aletinin numune kumaştan kestiği kumaşın alanı 100 cm²ye denk gelmektedir. Bu tartım ile 100 cm² alanındaki numunenin gram cinsinden ölçümü bulunur (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Gramaj Alma Aleti

Mukavemet: Kumaşın uzunluğu boyunca kopmaya zorlanması durumunda kopmaya karşı direnci, yani sağlamlığıdır. Kopma anındaki kuvvet değeri kopma mukavemetini belirler.

Yapısal özellikler Kartaltepe Kilim Grubu Mensucat Fabrikasında belirlenmiştir.

BÖLÜM 5

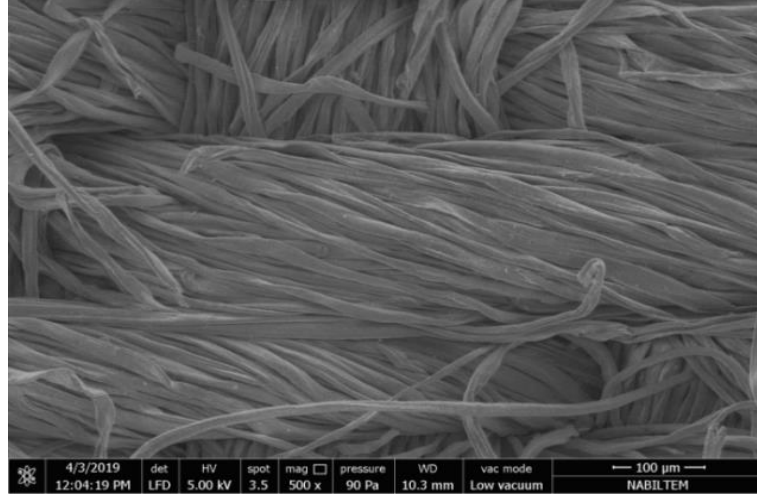
DENEYSEL BÖLÜM

5.1. Denim Kumaşların Yüzey Özellikleri

5.1.1.SEM Analizleri

SEM görüntülerinde; Apre işlemi görmüş tüm denim kumaş numunelerinde, apre tabakalarının kumaş üzerine iyi bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Ayrı ayrı borik asit, boraks, nano SiO₂ ve CTAP bileşiklerini içeren her bir çoklu apre kimyasalları ile işlem gören denim kumaşlarda, lifler arasındaki boşlukları belirgin şekilde dolduran yoğun bir film tabakası ile kaplandığı görülmektedir.

-Apresiz Denim Kumaş SEM Sonuçları

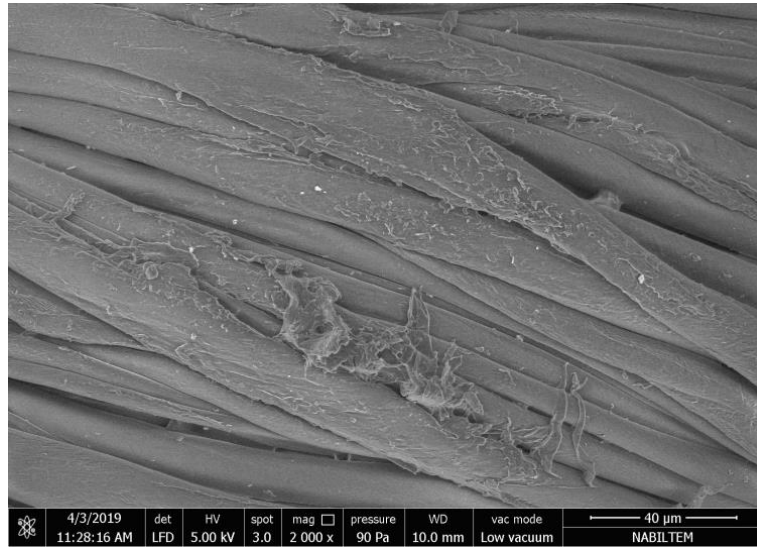


Şekil 5.1. Apresiz Denim Kumaş SEM Görüntüsü

Apresiz denim kumaş lifleri üzerinde apre tabakası olmadığı belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 5.1.).

-Sadece ticari apre çözeltisi ile işlem görmüş Denim Kumaş SEM Sonuçları

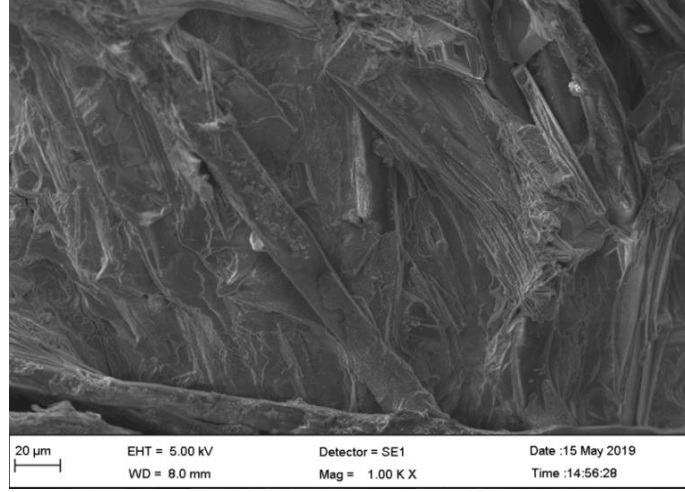
Ticari apre ile işlem görmüş kumaş numuneleri yüzeyinde bir apre tabakası görülmektedir (Şekil 5.2.). Apre çözeltisi, lifleri şeffaf ve ince bir kimyasal tabaka ile sarmış, liflere bağlanmıştır.



Şekil 5.2. Sadece Ticari Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü

-CTAP Kimyasalı içeren apre çözeltilisi ile işlem görmüş denim kumaş SEM sonuçları

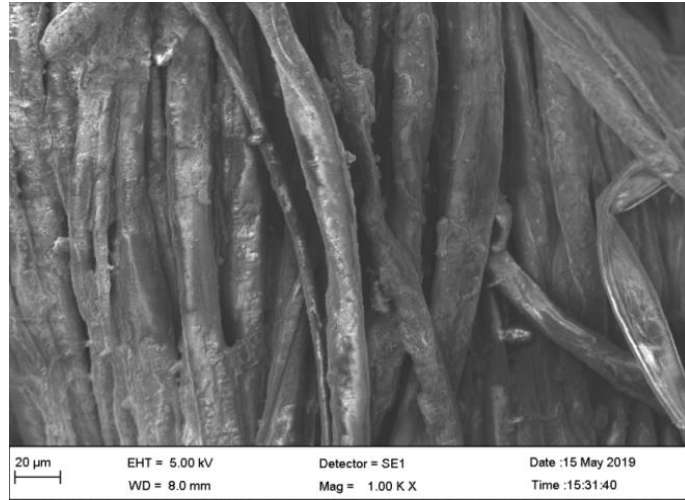
Kumaş yüzeyinde lifleri örten bir apre tabakası görülmektedir (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. CTAP Kimyasalı İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü

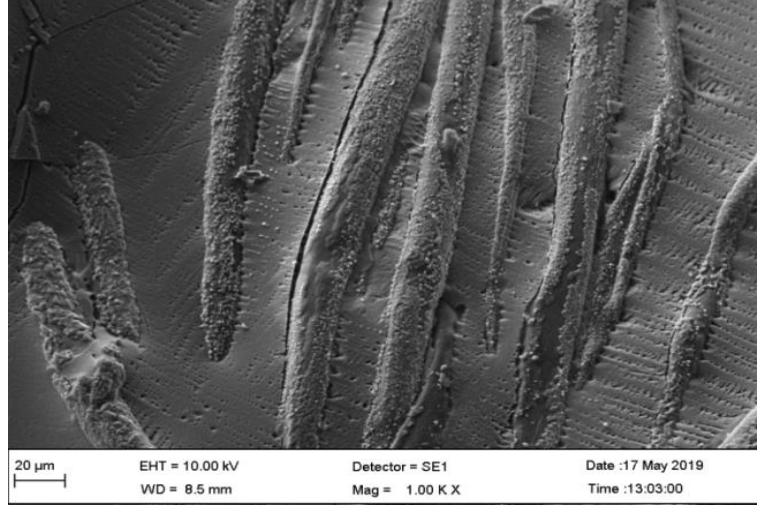
-Boraks içeren apre çözeltilisi ile işlem görmüş Denim Kumaş SEM Sonuçları

Kumaş yüzeyinde homojen bir apre tabakası görülmektedir (Şekil 5.4.).



Şekil 5.4. Boraks İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü

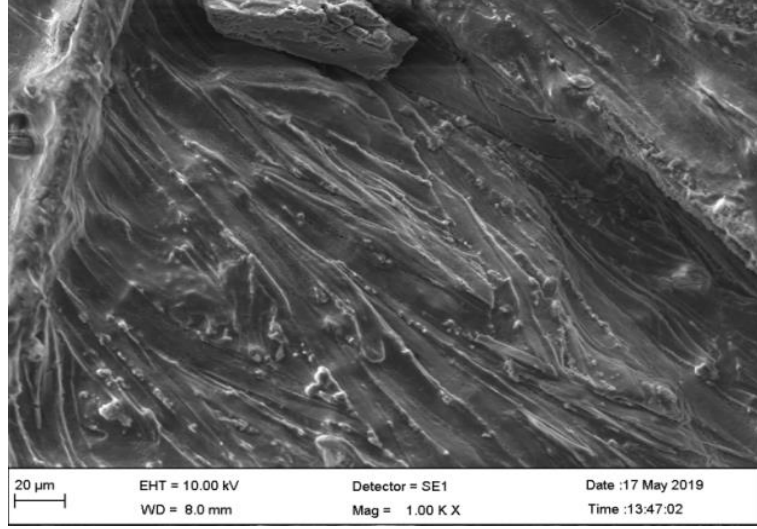
-Borik Asit İçeren Apre özeltisi İle İşlem Görmüş Denim Kumaş SEM
Sonuçları



Şekil 5.5. Borik Asit İçeren Apre özeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü

Borik asit içeren apre sistemi ile işlem görmüş kumaş yüzeyindeki gözenekli ve tüm boşlukları dolduran bir yapı görülmektedir (Şekil 5.5.).

-SiO₂ Nano Partiküllerini içeren apre çözeltisi ile işlem görmüş Denim Kumaş
SEM Sonuçları



Şekil 5.6. SiO₂ Nano Partiküllerini İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş SEM Görüntüsü

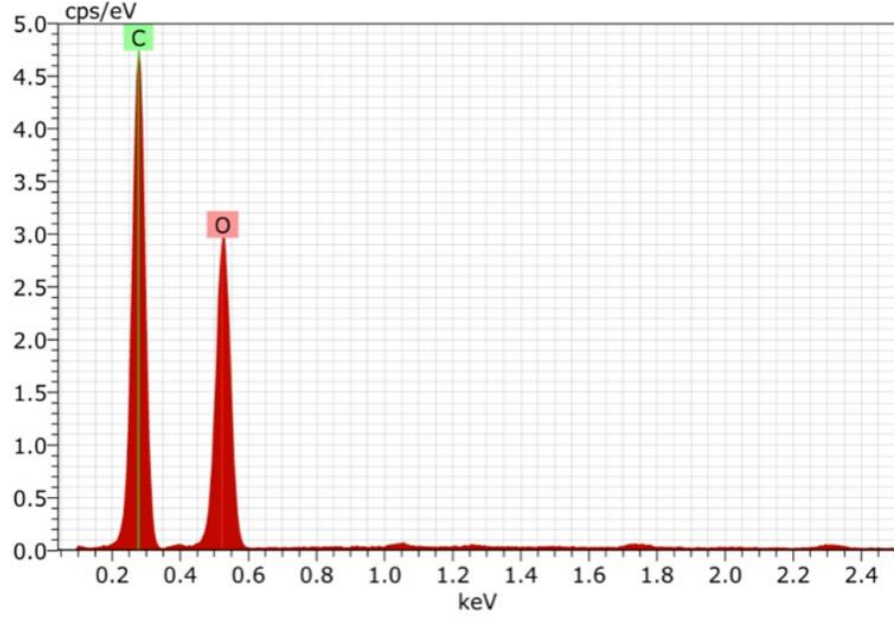
Nano SiO₂ partükülleri kaplanmış kumaş yüzeyinde belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 5.6.).

Kumaş numunelerine ait SEM görüntüleri karşılaştırılarak incelendiğinde hazırlanan apre çözeltilerinin fular-kurutma-fikse tekniği ile yüzeye kaplanabildiği sonucuna varılmıştır.

5.1.2. EDX Analizleri

SEM cihazına entegre olan EDX cihazı ile elde edilen sonuçlara göre karbon, oksijen ve diğer elementlerin miktarı (ağırlıkça %) Şekil 5.7. ve Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

-Apresiz Denim Kumaş EDX Sonuçları



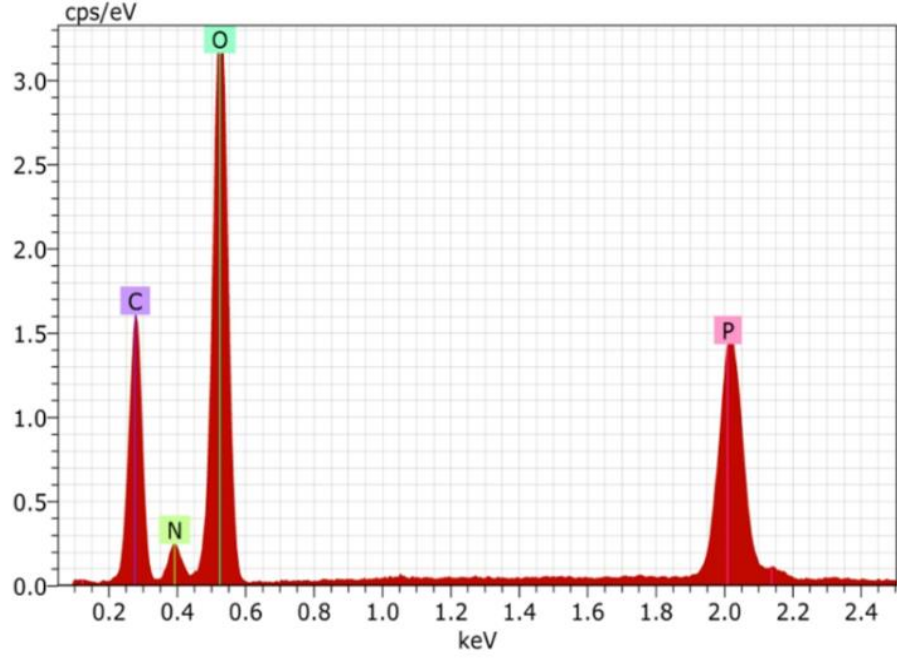
Şekil 5.7. Apresiz Kumaşın EDX Spectrumu

Çizelge 5.1. Apresiz Kumaş EDX Sonuçları

EL	AN	Wt %
<i>O</i>	8	51.53
<i>C</i>	6	48.47

EDX element analizlerinde, apresiz denim kumaş yapısında sadece oksijen ve karbon atomlarının varlığı görülmektedir (Çizelge 5.1.) (Şekil 5.7.).

-Sadece ticari apre çözültisi ile işlem görmüş Denim Kumaş EDX Sonuçları



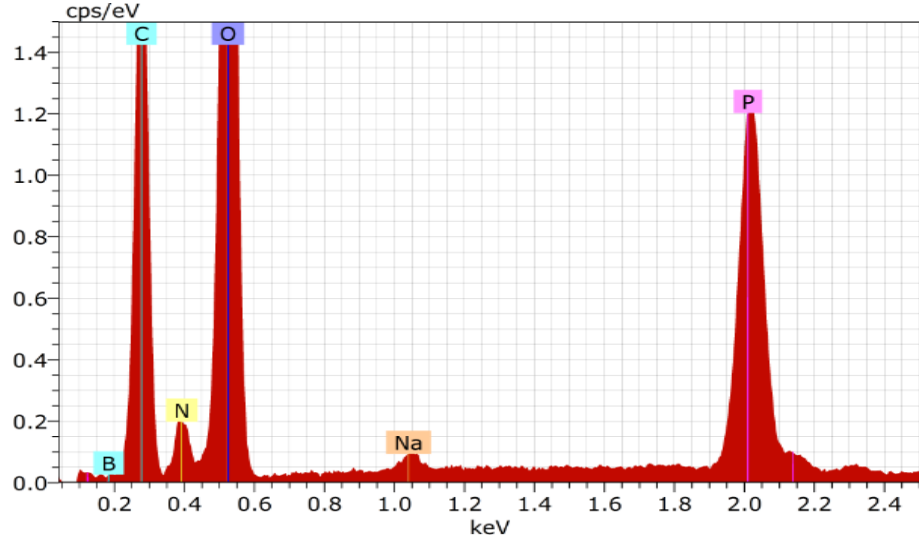
Şekil 5.8. Ticari Apre Çözültisi İle İşlem Görmüş Kumaşın EDX Spectrumu

Çizelge 5.2. Ticari Apre Çözültisi İle İşlem Görmüş Kumaşın EDX Sonuçları

EL	AN	Wt %
<i>O</i>	8	54.72
<i>C</i>	6	27.90
<i>P</i>	15	9.35
<i>N</i>	7	8.03

Ticari apreli denim kumaş yapısında, apre çözültisi kimyasal bileşiminde bulunan fosfor ve azot elementleri de görülmektedir (Çizelge 5.2.) (Şekil 5.8.). Ticari apre çözültisi üretici firma ürün bilgilerinde de fosfor ve azot varlığı belirtilmektedir.

-Boraks içeren apre çözültisi ile işlem görmüş Denim Kumaş EDX Sonuçları



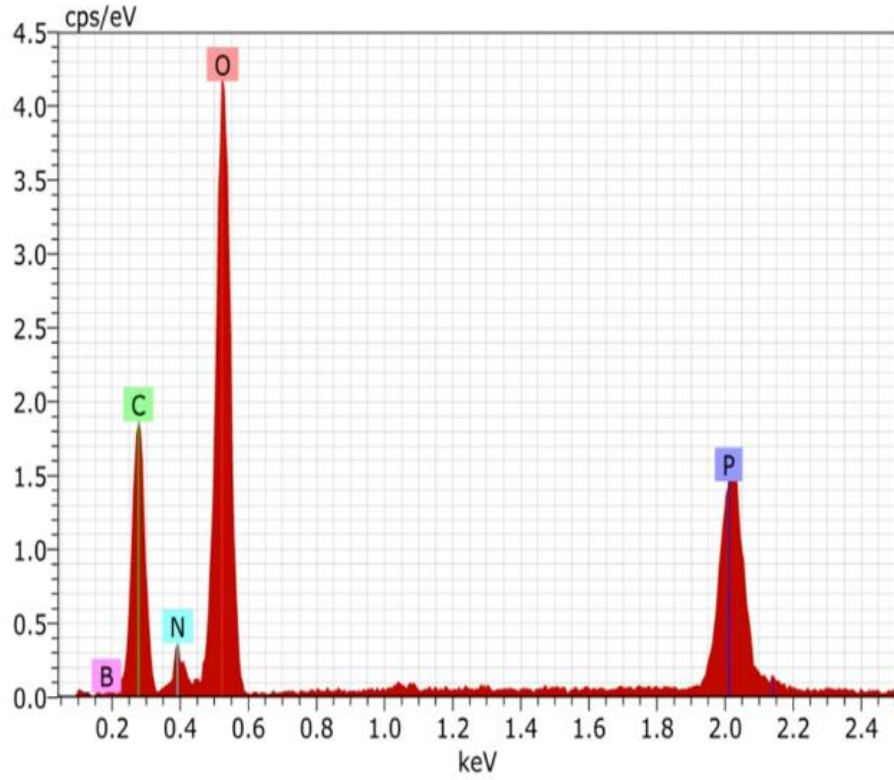
Şekil 5.9. Boraks İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Spectrumu

Çizelge 5.3. Boraks İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları

EL	AN	Wt %
<i>O</i>	8	53.70
<i>C</i>	6	30.36
<i>P</i>	15	7.49
<i>N</i>	7	6.82
<i>B</i>	5	1.70
<i>Na</i>	11	0.41

Boraks kimyasal yapısı sodyum tetra borat olduğundan EDX analizinde de sodyum ve bor elementleri denim kumaş yapısında görülmektedir (Çizelge 5.3.) (Şekil 5.9.).

-Borik Asit içeren apre çözeltilisi ile işlem görmüş Denim Kumaş EDX Sonuçları



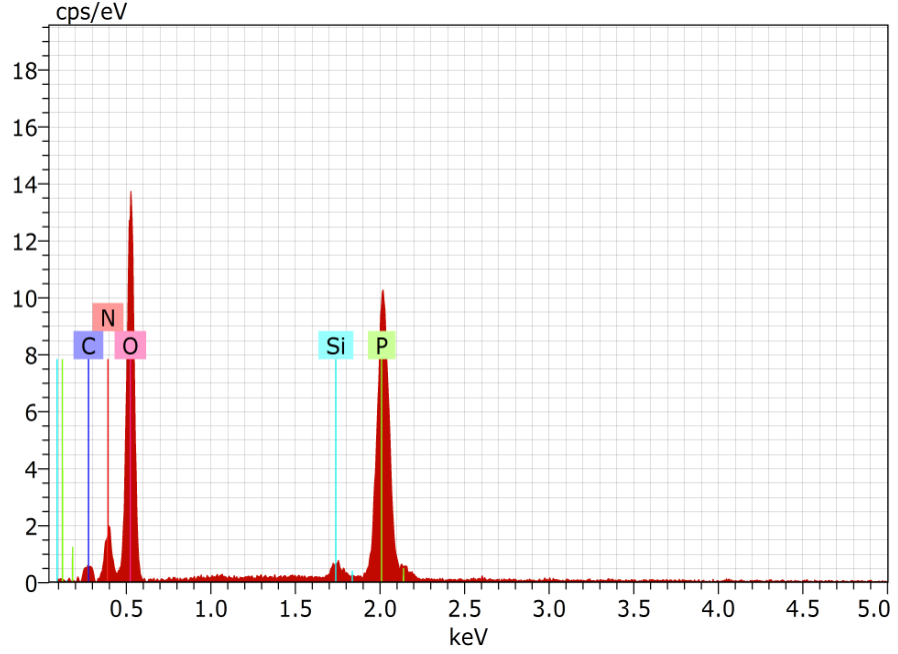
Şekil 5.10. Borik Asit İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Spectrumu

Çizelge 5.4. Borik Asit İçeren Apre Çözeltilisi İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları

EL	AN	Wt %
<i>O</i>	8	54.43
<i>C</i>	6	20.84
<i>P</i>	15	12.16
<i>N</i>	7	10.09
<i>B</i>	5	2.00

Borik asit içeren apre çözeltisi ile işlem görmüş kumaşların EDX sonuçları (Çizelge 5.4.) ve (Şekil 5.10.) da görülmektedir. Borik asit yapısında yer alan bor varlığı tespit edilmiştir.

-SiO₂ Nano Partiküllerini İçeren apre çözeltisi ile işlem görmüş Denim Kumaş
EDX Sonuçları



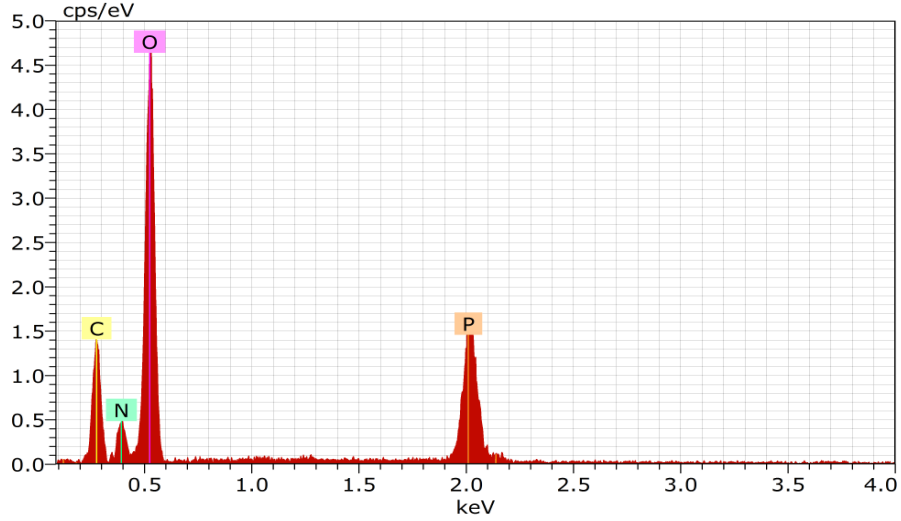
Şekil 5.11. SiO₂ Nano Partiküllerini İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş
EDX Spectrumu

Çizelge 5.5. SiO₂ Nano Partiküllerini İçeren Apre Çözeltisi İle İşlem Görmüş Kumaş
EDX Sonuçları

EL	AN	Wt %
<i>O</i>	8	61.09
<i>C</i>	6	10.41
<i>P</i>	15	11.95
<i>N</i>	7	14.47
<i>Si</i>	14	1.86

Apre sistemindeki kimyasallar içerisinde yer alan düşük miktardaki nano SiO₂ kumaş yapısı içine girebilmiştir (Çizelge 5.5.) (Şekil 5.11.).

-CTAP içeren apre çözeltileri ile işlem görmüş Denim Kumaş EDX Sonuçları



Şekil 5.12. CTAP İçeren Apre Çözeltileri İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Spectrumu

Çizelge 5.6. CTAP İçeren Apre Çözeltileri İle İşlem Görmüş Kumaş EDX Sonuçları

EL	AN	Wt %
<i>O</i>	8	50.80
<i>C</i>	6	18.25
<i>P</i>	15	15.09
<i>N</i>	7	17.16

CTAP kimyasalı içeren apre çözeltileri ile işlem görmüş numunelere ait EDX sonuçları (Çizelge 5.6.) ve (Şekil 5.12.) de verilmiştir.

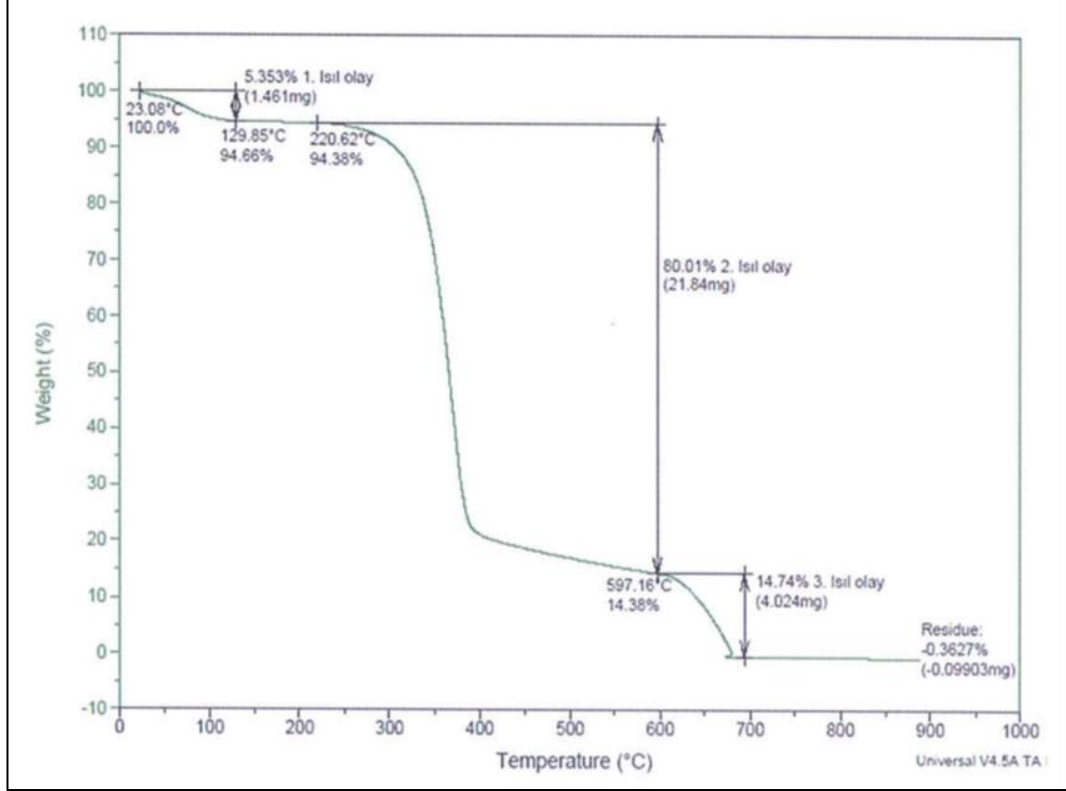
EDX Analiz sonuçları değerlendirildiğinde; apre çözeltileri ile işlem görmüş tüm kumaş numunelerinin kimyasal yapısında fosfor ve azot varlığı görülmüştür. Bu CTAP içeren apre çözeltileri dışındaki diğer apre çözeltilerinde ticari aprenin azot ve fosfor içeriğine bağlı olarak görülmektedir. CTAP içeren apre çözeltilerinde ise azot ve fosfor

varlığının, hem CTAP kimyasalının yapısından (Şekil 4.1. CTAP üretim mekanizması), hemde ticari aprenin yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak apre çözeltilisinin içerdiği bileşenlere bağlı olarak fosfor ve azot yüzdelerinde farklılıklar görülmüştür. Ayrıca boraks ve borik asitli apre çözeltileri ile işlem görmüş kumaş kimyasal yapılarında bor elementi ile nano SiO₂ içeren lerde de Si elementi varlığı tespit edilmiştir. Bu EDX verileri çok bileşenli apre çözeltilerinin kumaş üzerine başarı ile bağlanabildiğini göstermektedir.

5.1.3. TGA (Termogravimetrik) Analizleri

Termogravimetrik analiz cihazı aracılığıyla elde edilen TGA eğrileri sırasıyla Şekil 5.13.-5.20. arasında verilmiştir. Veriler incelendiğinde, apre işlemi görmemiş kumaşta kalıntı kütlesi % - 0,3627 olmuştur. Bu apresiz kumaşın tamamen yandığını göstermektedir. Ticari apre ile işlem görmüş kumaşlarda yanma sonunda kalıntının ağırlıkça yüzdesi % 6,392 iken yapılan ilavelerle artarak; borik asit % 15,43 boraksta % 6,91, nano SiO₂ de %12,71 ve CTAP bileşiğinde % 10,67 şeklinde olmuştur.

-Apresiz Denim Kumaş TGA Sonuçları



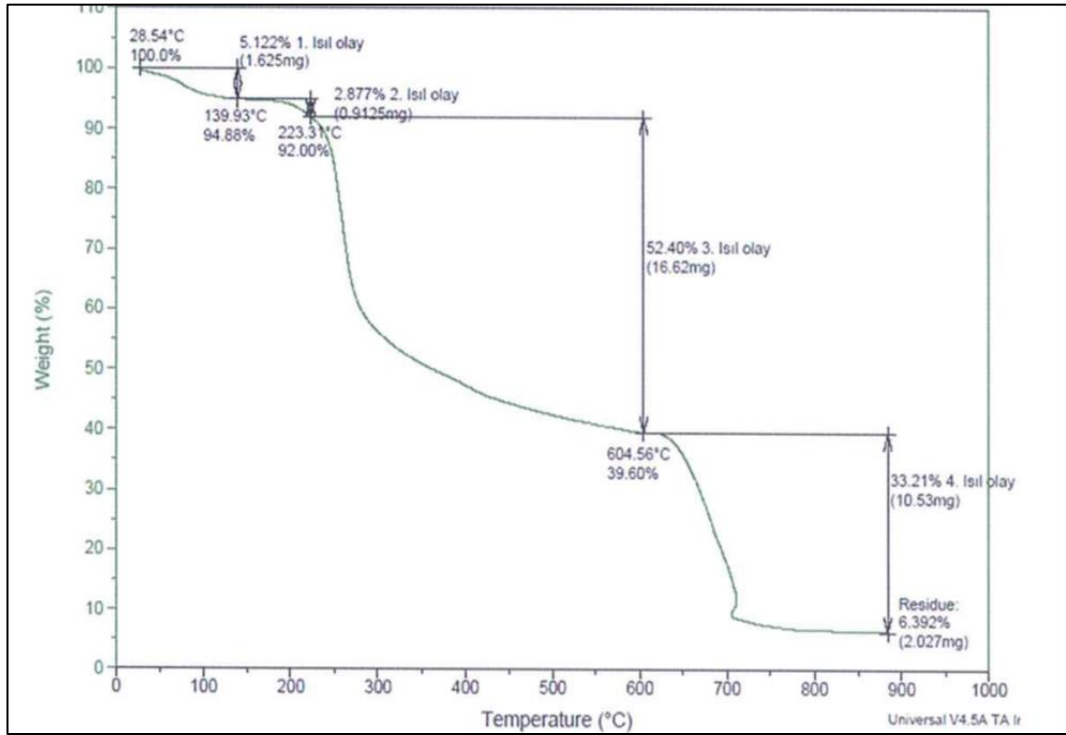
Şekil 5.13. Apresiz Kumaş TGA Diyagramı

Apresiz işlemin yapılmamış denim kumaşların TGA termodiyagramları incelendiğinde, kumaşta test süresinin sonunda kalıntı olmamış, tamamen yanmıştır. Numunede sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen değişim üç aşamada gerçekleşmiştir. 1. Değişim sıcaklık aralığı 23,08 -129,65 °C olmuştur. Bu aşamada ağırlık azalması %5,353 tür. 2. Değişim sıcaklık aralığı 220,62-597,16 °C de olup ağırlık azalması %80,01dir. 3. Değişimde % 14,74 kütle azalması olurken, test sonunda kalıntı oluşmamıştır (Kütle % -0,3627). Yapılan çalışmalarda, işlem görmemiş pamuklu kumaşın piroliz başlangıç ve tutuşma sıcaklığı 350 °C olarak belirtilmiş, yani bozulma ve ayrışma hızının yüksek olduğu belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada apresiz denim kumaşın termal bozunma 597 °C kadar devam etmiştir. Numunenin ayrışma hızı düşüktür. Bunun denim kumaş yapısının sık ve ağırlığının fazla olmasından

kaynaklandığı düşünülmektedir. Kumaş özellikleri termal bozunmayı geciktirerek apresiz kumaşın güç tutuşurluk özelliğine yardımcı olmuştur.

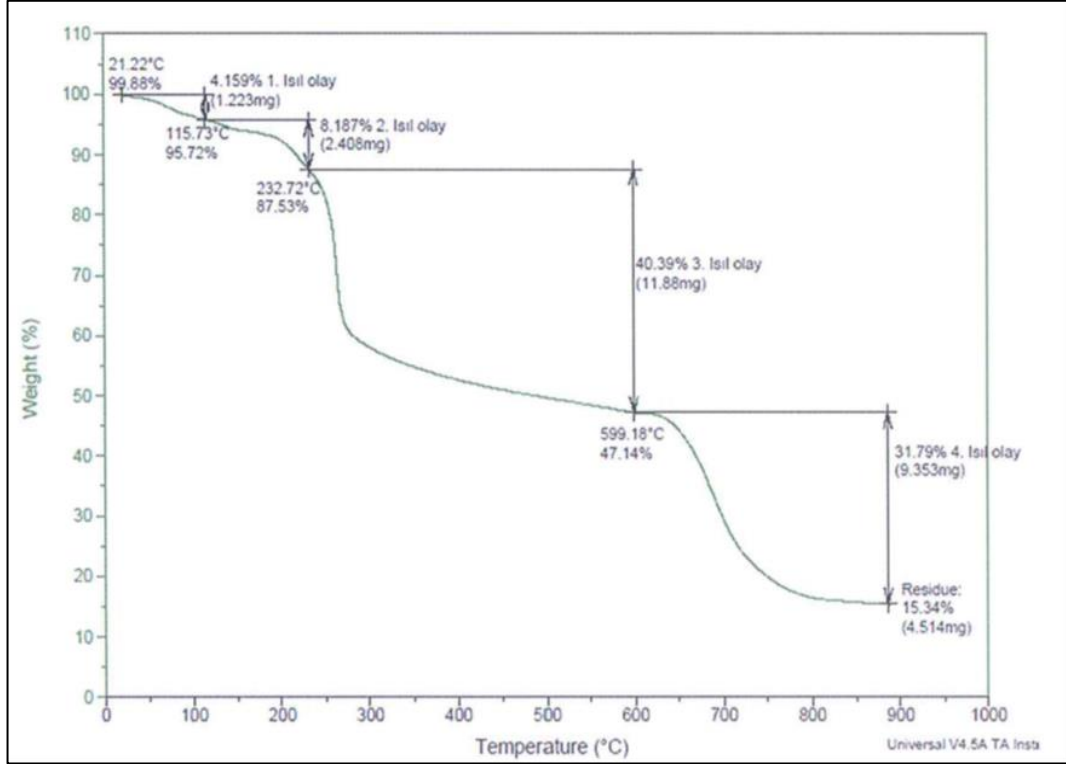
-Sadece Ticari Apreli Denim Kumaş TGA Sonuçları

Katkısız ticari apre ile işlem görmüş denim kumaşlarda sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen bozulma dört aşamada gerçekleşmiştir.1.değişim sıcaklık aralığı 28.54-139,93 olmuştur. Bu aşamada ağırlık azalması % 5.122 dir. 2.değişim sıcaklık aralığı 139.93-223,37°C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 2.877 dir. 3,değişim 223,37 – 604.56°C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 52.40 olmuştur. 4. değişim ise % 10.53 ağırlık azalması ile gerçekleşmiştir. Kalıntı kütlesi % 6.392 olmuştur Şekil 5.14.).



Şekil 5.14. Sadece Ticari Apreli Kumaş TGA Diyagramı

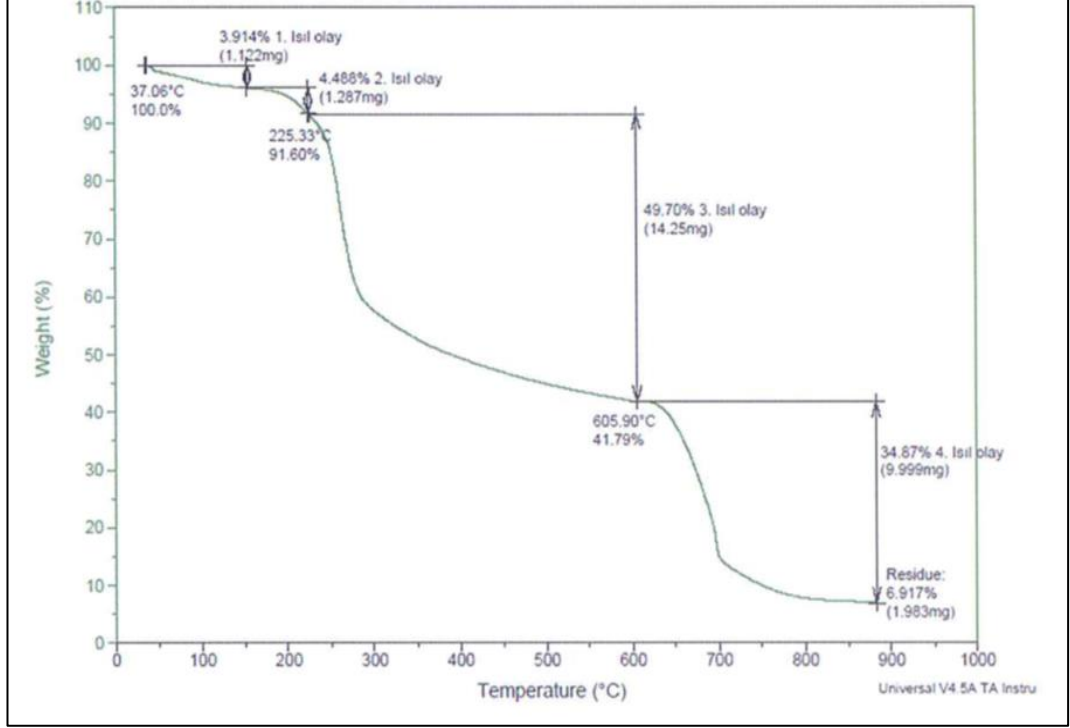
-Borik Asit İçeren Apreli Denim Kumaşın TGA Sonuçları



Şekil 5.15. Borik Asit Apreli Kumaş TGA Diyagramı

Borik asit içeren apre sistemi ile işlem görmüş denim kumaşlarda sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen bozulma dört aşamada gerçekleşmiştir. 1. değişim sıcaklık aralığı 21,22 -115,73°C olmuştur. Bu aşamada ağırlık azalması % 4,159 tür. 2. değişim sıcaklık aralığı 115,73 -232,72 °C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması %8,187 dir. 3. değişim 232,72- 599°C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 40,39 olmuştur. 4. değişim ise % 31,79 ağırlık azalması ile gerçekleşmiştir. Test sonunda Kalıntı kütlesi % 15,34 olmuştur (Şekil 5.15.).

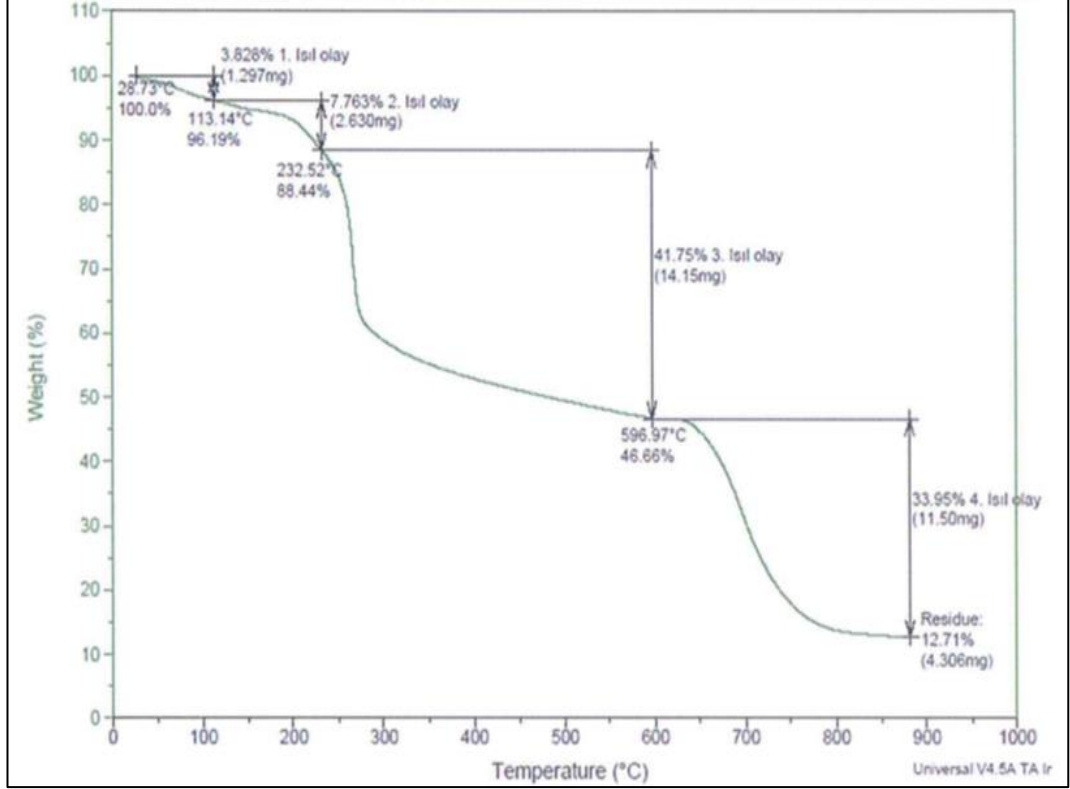
-Boraks İçeren apreli Denim Kumaşın TGA Sonuçları



Şekil 5.16. Boraks Apreli Kumaş TGA Diyagramı

Boraks içeren apre sistemi ile işlem görmüş denim kumaşlarda sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen bozulma dört aşamada gerçekleşmiştir. 1. değişim sıcaklık aralığı 37,06 -170 °C olmuştur. Bu aşamada ağırlık azalması % 3,914 tür. 2. değişim sıcaklık aralığı 170-225,33 °C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 4,488 dir. 3. değişim 225,33- 605,90 °C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 49,70 olmuştur. 4. değişim ise % 34,87 ağırlık azalması ile gerçekleşmiştir. Kalıntı kütlesi % 6,917 tür (Şekil 5.16.).

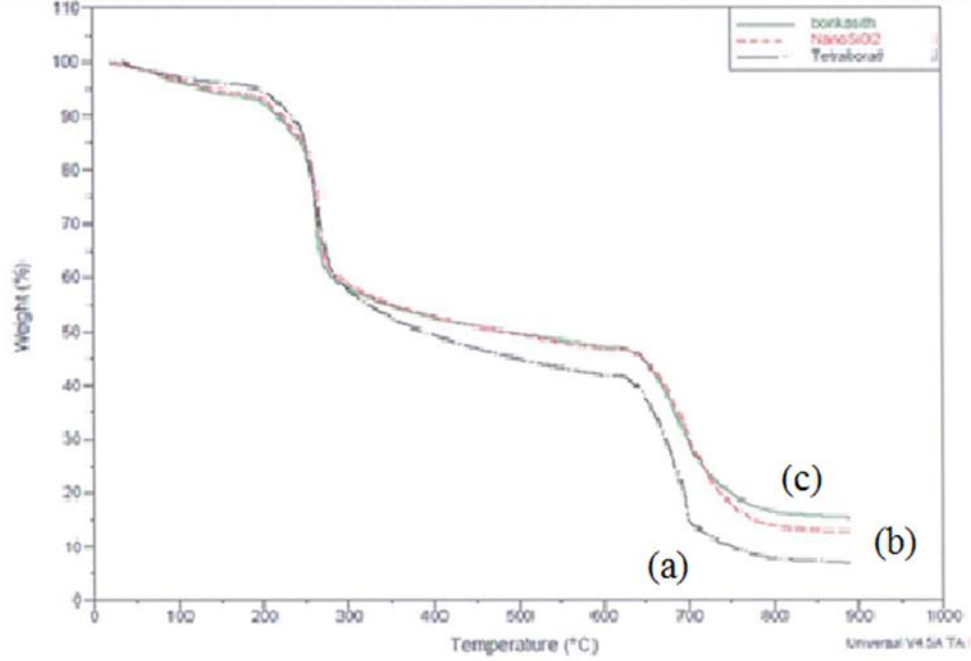
-Nano SiO₂ içeren apreli denim kumaşın TGA sonuçları



Şekil 5.17. Nano-SiO₂ Apreli Kumaş TGA Diyagramı

Nano SiO₂ içeren apre sistemi ile işlem görmüş denim kumaşlarda sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen bozulma dört aşamada gerçekleşmiştir. 1. değişim sıcaklık aralığı 28,73 -113,14 °C olmuştur. Bu aşamada ağırlık azalması % 3,626 tür. 2. değişim sıcaklık aralığı 113,14-232,52 °C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 7,763 dir. 3. değişim 232,52- 596,97 °C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 41,75 olmuştur. 4. değişim ise % 33,95 ağırlık azalması ile gerçekleşmiştir. Kalıntı kütlesi % 12,71 dir (Şekil 5.17.).

- Borik asit, boraks ve nano SiO₂ apreli kumaşların TGA analizlerinin karşılaştırılması

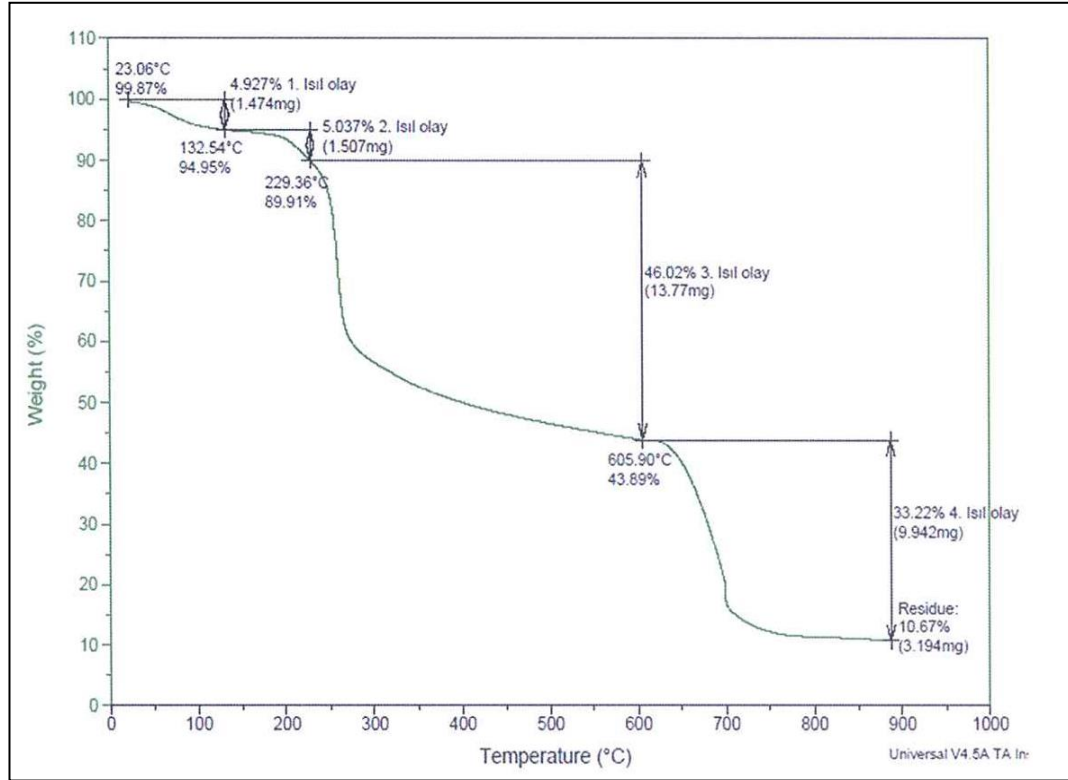


Şekil 5.18. Toplu TGA diyagramı a: Boraks içeren, b: Nano SiO₂ içeren c: Borik Asit içeren apreli kumaşların

Şekil 5.18.'de Borik asit, boraks ve nano SiO₂ içeren çok bileşenli kimyasal apre karışımları ile işlem görmüş kumaş numunelerine ait termagramlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm denim kumaş numunelerinde yaklaşık 28 -110 °C aralığında kütle kaybı görülmüştür. Bu durumun su kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kaynaklarda belirtildiği gibi su varsa, ağırlık kaybı oluşturmak için düşük sıcaklıklarda yapısal değişiklikler meydana gelebilir (Horrocks & Price, 2001).

Borik asit, boraks ve nano SiO₂ nin kütle kayıpları kendi içlerinde karşılaştırıldığında terma diyagramlarında da görüldüğü gibi, en fazla kütle kaybı boraks içeren apre ile işlem görmüş numunelerde görülürken, borik asit ve nano SiO₂ nin kütle kayıpları arasında büyük bir fark olmamıştır.

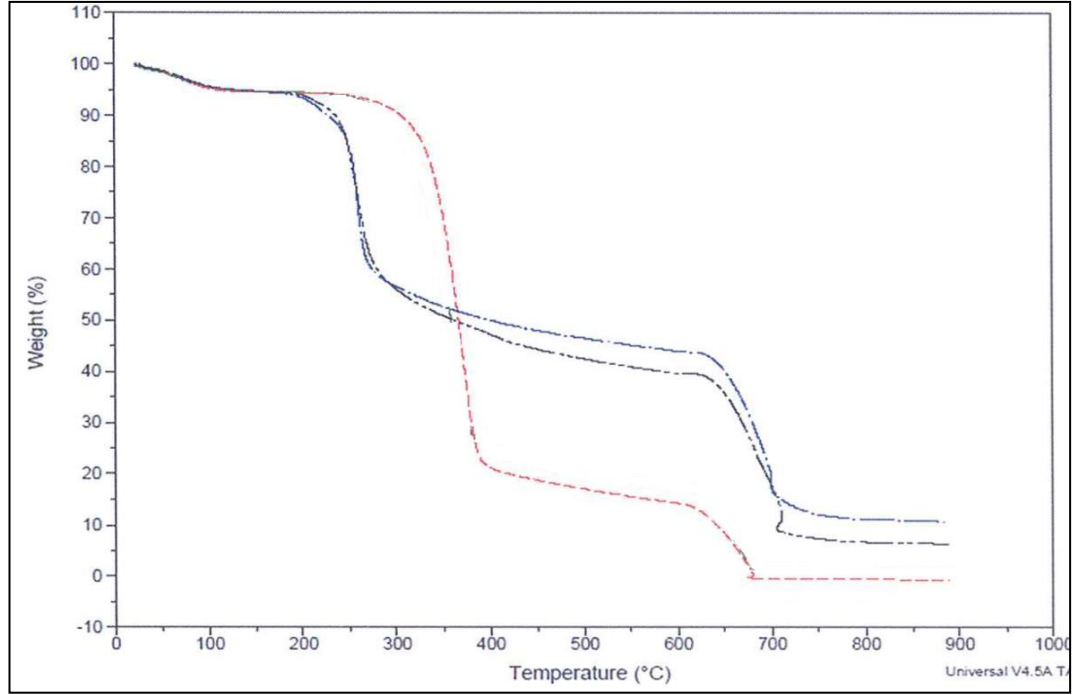
-CTAP Kimyasalı İçeren Apreli Denim Kumaşın TGA Sonuçları



Şekil 5.19. CTAP Kimyasalı İçeren Apreli Kumaş TGA Diyagramı

Laboratuar şartlarında üretilen CTAP kimyasalını içeren apre sistemi ile işlem görmüş denim kumaşlarda sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen bozulma dört aşamada gerçekleşmiştir. 1. değişim sıcaklık aralığı 23,06 -132,54 °C olmuştur. Bu aşamada ağırlık azalması % 4,927 tür. 2. değişim sıcaklık aralığı 132,54 -229,36°C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 5,037 dir. 3. değişim 229,36- 605,90°C de olup bu aralıktaki ağırlık azalması % 46,02 olmuştur. 4. değişim ise % 33, 22 ağırlık azalması ile gerçekleşmiştir. Test sonunda kalıntıda ağırlık % 10,67 tür (Şekil 5.19.)

- Apresiz, ticari apreli ve CTAP apreli kumaşların TGA analizlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.20. Apresiz, Ticari Apreli ve CTAP İçeren Apreli Kumaşların Karşılaştırmalı TGA Diyagramı

Şekil 5.20.'de, en altta apresiz, ortada ticari apreli ve üstte CTAP kimyasalı içeren apre çözeltileri ile işlem görmüş kumaşların karşılaştırmalı Termogramları görülmektedir.

Şekil 5.20.'de de görüldüğü gibi, fosfor ve azot bileşiminden oluşan CTAP kimyasalı ile işlem görmüş kumaş numunelerinde, ağırlık kaybı diğerlerine göre az olmuş, CTAP kimyasalı ısıl işlem sonucunda görülen ağırlık kaybını düşürücü yönde etki etmişlerdir.

Apreli ve apresiz denim kumaş numunelerine ait termogramlar incelendiğinde; Borik asit, boraks nano SiO₂ ve CTAP bileşenlerinin ilavesi ile ticari apre de bozunmaya başlama sıcaklığında artış, kütle kayıplarında ise azalış elde edilmiştir. Ayrışma aralığına göre kütle kayıpları değerlendirildiğinde, apresiz kumaş numunelerinde en büyük kütle kaybı % 80 iken, bu değer ticari apreli kumaşlarda % 52,40, borik asitli kumaşlarda % 40,39, boraklı kumaşlarda % 49,70 ve nano SiO₂ de % 41.75 olarak görülmüştür. Bu durum apresiz kumaşın hızla ayrıştığını ticari apre çözeltilisinin de

denim kumaşın ayrışma hızını düşürdüğünü göstermektedir. Ticari apre çözeltilisine yapılan element eklemeleri ile oluşturulan çok bileşenli apre çözeltileri ile işlem görmüş kumaşlarda ise ayrışma hızı ticari apreye göre daha yavaşlatılmıştır. Çok bileşenli apre ile işlem görmüş kumaşlardaki kütleli kayıplarındaki azalış, eklenen borik asit, boraks ve nano SiO₂ ve CTAP'nin ticari apre çözeltilisinin güç tutuşurluk performansını arttırarak kumaşa daha fazla termal dayanıklılık ve güç tutuşur özellik kazandırdığını göstermektedir. Bu sonuçlar Zhan ve arkadaşlarının sonuçları ile uyumlu olmuştur. Zhang ve diğerleri; borik asit, çinko borat ve amonyum boratın yünlü kumaşta alev geciktirici özelliğini incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda kaplama ısı yalıtım bariyeri gibi davrandığı karbon kalıntısının arttığı ve alevin yayılmasının yavaşladığı görülmüştür. Borlu bileşiklerin yünlü kumaşlarda alev geciktiriciliği ve termal dayanımı arttığı sonucuna varılmıştır (Zhang vd., 2015).

Ayrıca kumaşlarda test sonunda oluşan kalıntı yüzdeleri incelendiğinde, apresiz kumaşta kalıntı oluşmamış,(% - 0,36), ticari aprelide %6.39, boraks ta % 6.91,CTAP ta % 10.67, nano SiO₂ de %12.71 ve borik asitte %15,34 olmuştur. Yapılan çalışmalarda organik moleküllerin 100-500 °C arasında, parçalandığını ve pamuklu kumaşların ana bileşeni olan selülozun, 350°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, kül, buharlar, aerosoller ve karbondioksit gibi gazlar halinde ayrıştığı belirtilmiştir (Mettler, Vlachos & Dauenhauer, 2012). Çoğu uçucu ve yanıcı olan bu bileşikler nedeni ile apresiz denim kumaşlarda ısı ile termal ayrışma sonunda kalıntı oluşmadığı düşünülmektedir. Sonuçların önceki çalışmalar ile uyumlu olması yapılan testlerin güvenilirliği için önemlidir.

Çizelge 5.7. TGA Analiz Sonuçları

Kaplama Cinsi	Apresiz	Ticari Apre	Borik Asit İçeren Apre	Boraks İçeren Apre	Nano-SiO ₂ İçeren Apre	CTAP Kimyasalı İçeren Apre
Organik Madde (su) %	5	5	4	4	4	5
Organik Madde (diğer) %	-	5	8	4.5	8	3
Polimer Madde %	80	46	40.5	49.5	41.5	52
Piroliz %	15	33	32	35	34	33
İnorganik Madde	-	6.5	15.5	7	12.5	10.67
Polimerik Yapının Bozulma Başlangıcı	221	221	233	225	232.5	223
Polimerik Yapının Bozulma Sonlanması	597	601	599	606	597	605

Çizelge 5.7.'da verilen apreli ve apresiz kumaş numunelerine ait TGA analiz verilerine göre; piroliz % leri, apresiz kumaşta % 15, ticari apreli de % 33, borak asit lide %32, boraksta %35, Nano-SiO₂ de %34 ve CTAP 'lı da %33 olarak bulunmuştur. Apresiz kumaşta inorganik maddenin olmayışı % 15 olan piroliz miktarını yanıcı, tutuşmaya neden olan gazların oluşturduğu düşülmektedir. Ticari apreli numunelerde polimerik yapının bozulmaya başladığı sıcaklık 221°C dir. Yanmayan, İnorganik madde miktarıda ticari ve boraks kimyasallarında 6.5-7 olarak birbirine yakın değerlerde olmuştur. Boraks ilavesinin inorganik maddenin artışı üzerine etkisinin olmadığı

görülmüştür. Borik asit, nano SiO₂ ve CTAP ilaveli apre sisteminde inorganik madde oluşumu yükseltmiştir. İnorganik madde yüzdeleri, borik asitte 15.5, nano SiO₂ de 12.5 ve CTAP ta 10.67 larak bulunmuştur. İn organik madde artışının nedeni, buharlaşmanın önlenmesi, uçucu olmayan kömür halindeki ürünlerin oluşmasıdır. İnorganik madde yüzdeleri bağ kimyasal analiz değerleri EDX verileri ile de uyumlu olmuştur. Yüksek fosfor ve azot yüzdesine sahip borik asit, nano SiO₂ ve CTAP içeren apreli kumaşlarda TGA verilerine göre inorganik madde miktarında yüksek olduğu görülmüştür. Oluşan asitler kumaş yapısındaki hidroksil grupları ile birlikte sağlam, uçucu olmayan esterler oluşturmaktadır ve bu da kömürleşme oluşmasını desteklemektedir (Kutlu, 2002).

Borik asit içeren apre çözeltisi ile işlem görmüş kumaş numunelerinde, inorganik bor bileşimleri madde yüzeyinde camsı koruyucu tabaka oluşturarak, yanma için gerekli oksijen ve ısıya karşı koruma görevi yaparlar. Bu nedenle polimerik yapının bozulmaya başlama sıcaklığı da 233°C ile en yüksek olarak bu numunelerde olmuştur. İnorganik madde miktarları ile doğru orantılı olarak polimerik yapının bozulma sıcaklığı da artış göstermiştir. CTP kimyasalının ilavesi de ticari apre çözeltisine göre polimerik yapının bozulma sıcaklığını ve kalıntı miktarını arttırıcı yönde etki göstermiştir. CTPA ilavesi ile elde edilen sonuçlar Dong ve arkadaşlarının sonuçları ile uyumludur. Dong ve arkadaşları CTAP'ın pamuklu kumaşlarda ısıl kararlılık ve alev direnci sağladığını bildirmişlerdir (Dong vd., 2017).

5.1.4. Anti bakteriyel Etki Sonuçları

AATCC 100 metodu sonucu, Borik asit, içeren apre sistemleri ile işlem görmüş %99 pamuk ve %1 elastan ipliğinden üretilmiş boyalı denim (kot) kumaşın *Staphylococcus Aureus* (*S. aureus*) ile 24 saatlik temas süresi sonrasında cfu'nun azaldığını ve kumaşın iyi bir antibakteriyel etkinlik gösterdiğini (%90 etki) ortaya koymuştur. Boraks içeren apre sisteminin etkisi % 62.50 iken, Trizin ve fosfat bileşimi içeren apre sisteminde %25.96 olup, nano SiO₂ de ise antibakteriyel etkinlik görülmemiştir (AATCC100, 2019).

Çizelge 5.8. Anti Bakteriyel Etki Sonuçları

Apre Çeşidi	0.Saat	24Saat	% Etki
Borik asit içeren	1250000	123000	90.00
Boraks içeren	1220000	330000	62.50
Nano SiO₂ içeren	1250000	Fazla	Etki yok
CTP kimyasalı içeren	1220000	770000	25.96

Güç tutuşurluk apre çözeltilerine borik asit ilavesi çok fonksiyonlu denim kumaş üretimi için kullanılabilir. Borik asit ticari aprenin güç tutuşurluk performansını arttırırken aynı zamanda antibakteriyel etkide sağlamıştır (Çizelge 5.8.).

5.1.5. Güç Tutuşurluk Performans Test Sonuçları

Denim kumaşlar için hazırlanan apre çözeltilerinin güç tutuşurluk etkisini belirlemek için LOI ve Yüzey Tutuşması Testleri uygulanmıştır. Her iki test sonuçları birlikte değerlendirilerek kesin sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

5.1.5.1. Limit Oksijen İndeksi (LOI) Test Sonuçları

LOI değeri, denim kumaş numunelerinin alev geciktiriciliğini belirleyebilmek için yeterli sonuçlar vermiştir. Apre çözeltileri ile işlem görmüş kumaşların LOI değerlerinin apresiz denim kumaştan daha yüksek olduğu ve yapılan element ilavelerinin ticari apre çözeltilerinin LOI değerini yükseltici yönde etkilediği Çizelge 5.9.'de görülmektedir. Deney her bir apre çözeltisi için 5 kez tekrar edilerek ortalama değerler Çizelge 5.9.'de verilmiştir. Test cihazı ve uygulanması Şekil 5.21'de görülmektedir.

Çizelge 5.9. Limit Oksijen İndeksi Test Sonuçları

Numune Çeşidi	Apresiz	Ticari Apreli	Borik Asit İçeren Apreli	Boraks İçeren Apreli	Nano-SiO ₂ İçeren Apreli	CTAP Kimyasal Apreli
% LOI	20,1	73,9	89,4	82,4	86,3	81,0
Standart Sapma	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
%d (ardaşık O kons. farkı)	0,3	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8

Apresiz kumaşlarda % LOI 20.1 olarak ölçülmüştür. Bu değer havadaki oksijen oranından (% 21) daha düşük, yani normal şartlarda apresiz denim kumaş alev çekildikten sonra da yanmaya devam etmektedir. % LOI 20.1 değeri ile standartlara göre de yanabilir, alev alabilir olarak tanımlanmaktadır. Düşük LOI değeri, çok kolay yandığını göstermektedir. Ticari apreli kumaşta 73.9 olan değer, borik asit, boraks, nano SiO₂ ve CTAP kimyasallarının eklenmesi ile % 80 üzerine çıkmıştır. Çizelge 5.9.'de en yüksek LOI değeri borak asit ilaveli apre çözeltisinde görülmüştür. Yüksek LOI değeri standart atmosfer ortamlarında o malzemenin daha zor yanma karakteristiğine sahip olduğunu göstermektedir. Apre işlemi görmüş numunelerde LOI değeri, havadaki oksijen oranından (% 21)daha yüksek olduğu için bu kumaşlar alev çekildikten bir süre sonra söner. LOI sonuçları TGA analizlerindeki kütle profili ile de doğrulanabilmektedir. Apresiz kumaşta inorganik madde oluşmamış, diğer apre sistemlerinde inorganik madde oluşumu tespit edilmiştir. İnorganik maddeler yanıcı uçucu maddelerin oluşumunu önlemiş, denim kumaşların güç tutuşurluk performansı arttırılmıştır. Apresiz kumaş kütlesi sonuçta -0,099 düşmüş, yani tamamen yanmıştır. Elde edilen LOI test sonuçları Martin ve arkadaşlarının çalışma sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Martin ve arkadaşları bor içeren stirenik monomerlerin polimerlerinin çapraz bağlanmasını ve alev geciktiriciliğini incelemiştirler. Sonuçlar

değerlendirildiğinde, bor içeren kopolimer, bor içermeyene ve polystirene göre daha yüksek termal kararlılık ve kömür oluşumu göstermiştir. Bor bileşimi ile LOI değerleri artırılmıştır (Martin, Hunt, Ebdon & Ronda, 2006).



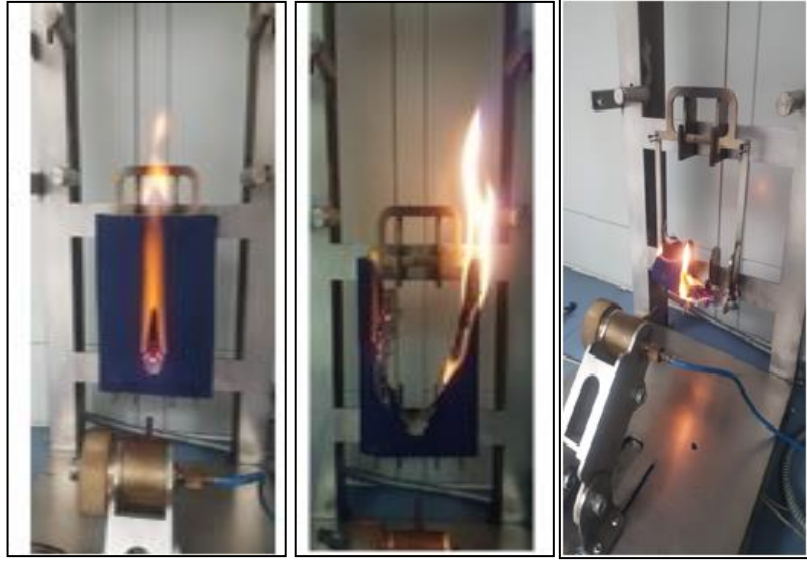
Şekil 5.21. Limit Oksijen İndeksi Test Cihazı

5.1.5.2. Dikey Yanma Test Sonuçları

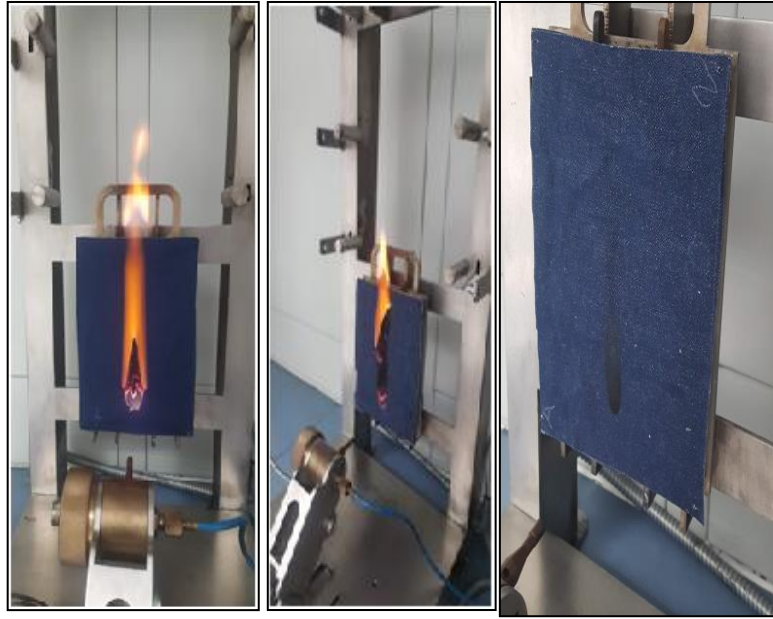
Dikey yanma testinde her bir numune için ölçümler 3 defa tekrarlanmıştır. Ortalama değerlerden elde edilen test sonuçları Çizelge 5.9.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.10. Dikey Yanma Test Sonuçları

Numune	Test Ölçüm Kriterleri	Kumaş Çeşidi					
		Apresiz	Ticari Apreli	Borik Asit İçeren Apreli	Boraks İçeren Apreli	Nano-SiO ₂ İçeren Apreli	CTAP İçeren Apreli
Atkı Yönünde	Herhangi bir alevlenmenin üst kenara ya da düşey kenarlardan birine ulaşp ulaşmadığı	oluştı	oluştı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Alev sonrası alevli yanma süresi	396s	49s	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Alev yayılma alanının ötesinde(genellikle karbonlanmış alan)korlu yanma ilerlemesi	oluştı	oluştı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Alev sonrası korlu yanma süresi	≥ 300s	86s	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Kalıntı(döküntü) oluşumu	oluştı	oluştı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Erime oluşumu	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Delik oluşup oluşmadığı,delik sayısı ve en büyük deliğin boyutu(mm)	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
Çözü Yönünde	Herhangi bir alevlenmenin üst kenara ya da düşey kenarlardan birine ulaşp ulaşmadığı	oluştı	oluştı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Alev sonrası alevli yanma süresi	59s	52s	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Alev yayılma alanının ötesinde korlu yanma ilerlemesi	oluştı	oluştı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Erime oluşumu	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı
	Delik oluşup oluşmadığı ,delik Sayısı ve en büyük deliğin boyutu(mm)	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı	oluşmadı



Şekil 5.22. Apresiz Kumaş Dikey Yanma Uygulaması



Şekil 5.23. Apreli Kumaş Dikey Yanma Uygulaması

Test sonuçlarına göre, ticari apre çözeltisine yapılan borik asit, boraks, CTAP ve nano SiO₂ eklemeleri yangının ve ısı salınımının belirgin bir şekilde bastırılmasını sağlarken, yanmayı önleyici tabakanın oluşumunda artış sağlamışlardır. Alev çekildikten sonra yanma ilerlemesi görülmemiştir.

5.2. Yapısal Özellikler

-Apresiz kumaşın yapısal özellikleri

Apresiz işlemleri görmemiş denim kumaşın; Dokuma tipi: 3/1 dimi, atkı sıklığı:15, çözgü sıklığı: 29,gramaj: 405g/m², çözgü boya renk adı: Lightblue'dır.

Aşağıda apresiz denim kumaşların mukavemet ölçümleri verilmiştir (Çizelge 5.11.).

Çizelge 5.11. Apresiz Kumaş Mukavemet Sonuçları

Kumaş Tipi	Yırtılma Mukavemeti (Atkı Yırtılma) cN	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü Yırtılma) cN	Kopma Mukavemeti (Atkı Kopma) cN	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü Kopma) cN
Apresiz Kumaş	3050,7	Yırtılmıyor	390,0	2108,0

-Apresiz işlemleri uygulanmış kumaşların yapısal özellikleri

Borik asit, boraks ve CTAP kimyasallarını içeren çoklu apresiz çözümleri ile işlem gören denim kumaşın sıklığı değişmemiş, ağırlığı artmıştır. Nano SiO₂ içeren apresiz sistemi ile işlem gören kumaş numunelerinde önemli bir ağırlık artışı gözlenmemiştir. Borik asitli kumaşlarda; dokuma tipi:3/1 dimi, atkı sıklığı:17, çözgü sıklığı: 27,gramaj: 455g/m²'dir. Borakslı kumaşlarda; dokuma tipi:3/1 dimi, atkı sıklığı:17, çözgü sıklığı: 27,gramaj: 456g/m²'dir. CTAP'lı kumaşlarda; dokuma tipi:3/1 dimi, atkı sıklığı:16, çözgü sıklığı: 28,gramaj:450g/m² olarak bulunmuştur. Numunelerin mukavemet değerlerinde apresiz işlemleri ile kayda değer bir değişim olmadığı görülmüştür. Apresiz işlemleri uygulanmış kumaşların mukavemet ölçümleri verilmiştir (Çizelge 5.12.).

Çizelge 5.12. Apreli Kumaşların Mukavemet Sonuçları

Kumaş Tipi	Yırtılma Mukavemeti (Atkı Yırtılma) cN	Yırtılma Mukavemeti (Çözümlü Yırtılma) cN	Kopma Mukavemeti (Atkı Kopma) cN	Yırtılma Mukavemeti (Çözümlü Kopma) cN
Borik Asitli Kumaş	3048,8	Yırtılmıyor	390,0	2144,0
Boraklı Kumaş	3059,8	Yırtılmıyor	387,2	2115,0
CTAP'li Kumaş	3060,2	Yırtılmıyor	391,2	2132,8
Nano SiO₂'li Kumaş	3050,5	Yırtılmıyor	390,0	2115,0

BÖLÜM 6

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Tekstil sanayinde kumaş üretiminde kullanılan güç tutuşurluk apre çözeltilerine düşük miktarlar da borik asit, boraks nano SiO₂ ve CTAP maddelerinin ilavesi apre çözeltilerinin güç tutuşurluk performansını artırıcı yönde çok umut verici sonuçlar vermektedir. Kolay, uygulanabilir ve tekrar edilebilir bir yöntem olan katı maddelerin direkt eklenmesi ile sinerjik etki oluşturularak, bilinen apre kimyasallarında alev geciktiricilik performansının artırılması ve artan tüketici beklentilerini karşılayabilmek mümkündür. Güç tutuşur apre formülasyonda borik asit, boraks, nano SiO₂ ve triazin fosfat bileşenlerinin olması denim kumaş yüzeylerinde güç tutuşurluk etkisini arttırmıştır. Özellikle borik asit ilavesi ile ticari aprenin güç tutuşurluk etkisinin daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Bu bileşikler piroliz reaksiyonunu etkileyerek yanıcı uçucu maddelerin oluşumunu önlemiş ve kalıntı oluşumunu arttırmışlardır. Dikey yanma testlerine göre de apresiz ve ticari apreli kumaşta alev den sonra kısa süreli olarak devam eden yanma işlemi, borik asit, boraks ve nano SiO₂ maddelerinin ilave edildiği kumaşlarda görülmemiş, yanma ilerleyişi durdurulmuştur. Ticari apre çözeltilisine ilave edilen bu maddeler alevin ilerleyişini durdurucu yönde etki göstermiştir.

Uygulanan apre çözeltilerinin AATCC 100 metodu ile *S. aureus* ile 24 saatlik temas süresi sonrasında antibakteriyel etkileri değerlendirildiğinde borik asit, içeren apre çözeltisi ile işlem görmüş boyalı denim kumaşın iyi bir antibakteriyel etkinlik (% 90) gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu aynı apre çözeltisi ile çok fonksiyonlu denim kumaş üretimi için önemlidir. Uygulanan apre işlemleri denim kumaş numunelerinde sıklık, gramaj ve mukavemet değerlerinde önemli bir değişiklik oluşturmadığı belirlenmiştir.

Çalışmanın elementlerin sinerjistik kombinasyonlarına dayanan nano teknoloji ürünler, çevreci yaklaşımlar, fonksiyonel tasarımlar ve halojen içermeyen alev geciktiriciler alanındaki çalışmalara fayda sağlanması düşünülmektedir. Bu şekilde apre işlemi gören %99 pamuk %1 elastandan oluşan denim kumaşların endüstriyel uygulamalar içinde kullanılabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AATCC100 Standartı 22 Mayıs 2019

<http://www.manufacturingsolutionscenter.org/> adresinden erişildi.

Adanur, S., Tewari, A. (1997). An overview of military textiles. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 22, 348–352.

Al-Mosawi, A.I. (2016). *Flammability of composites*, İngiltere:Woodhead Publishing

Alongi J., Carletto R.A., Diblasio A., Carosio F., Bosco, F. (2013). DNA: A novel, green, natural flame retardant and suppressant for Cotton. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(15), 4779-4785.

Backer, S., Tesoro, G.S., Toong, T.Y. & Moussa, N.A. (1976). *Textile Fabric Flammability*. Amerika:Massachusetts Institute of Technology Press

Bajaj, P. (2000). *Heat and flame protection. Handbook of technical textiles*, A.R. Horrocks & S.C. Anand (Ed.),(s.12- 223). Amerika: CRC Press.

Bical, A. (2015). *Pamuk/polyester Karışımı Dokuma Kumaşlarda Güç Tutuşurluğun Sağlanmasına Yönelik Apre Kimyasalının Geliştirilmesi* (doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Brewster, E. P., Barker, R. L. (1982). Bibliography of Published Information on Heat-Resistant Fabrics for Protective Clothing. *Journal of consumer product flammability*, 9(1), 11-19.

Carosio, F., Laufer, G., Alongi, J., Camino, G., Grunlan, J. C. (2011). Layer-by-layer assembly of silica-based flame retardant thin film on PET fabric. *Polymer Degradation and Stability*, 96(5), 745-750.

Demirel, M. (2007). *Cam Elyaf Takviyeli Poliester Kompozitlere Yanmazlık Özelliği Kazandırılması*. (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Dipietro, J., Stepniczka, H., Nametz, R. C. (1971). A study of flammability of cotton, polyester, and their blends. *Textile Research Journal*, 41(7), 593-599.

Dong, C., Lu, Z., Wang, P., Zhu, P., Li, X., Sui, S., Liu, J. (2017). Flammability and thermal properties of cotton fabrics modified with a novel flame retardant containing triazine and phosphorus components. *Textile Research Journal*, 87(11), 1367-1376.

Duran, K., Bahtiyari, I., et al. (2007). Protective nonwoven technical textiles. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17, 174–177.

Ferrero F., Periolatto M. (2011). Ultraviolet curing for surface modification of textile fabrics. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 11(10), 8663-8669.

Forflam GLS LIQ. (2016). 01 Mayıs 2018 tarihinde <https://www.fourkim.com.tr/> adresinden erişildi.

Gaan, S., Sun, G. (2009). Effect of nitrogen additives on thermal decomposition of cotton. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 84(1),108-115.

Gemci, R., Gülşen, G. (2010). Güç tutuşur kumaş üretiminde bor bileşiklerinin kullanılması. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1), 1-10.

Greer, S.C. (2000–2002). The ITA-High Performance Fiber Chart. 3 Mayıs 2019 tarihinde <http://www.intexa.com/> adresinden erişildi.

Günsal, Ç. (2007). *Tekstil malzemelerine yanmazlık özelliğinin kazandırılması*. (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı,Ankara.

Guo J., (2003) *The Effects of Household Fabric Softeners on the Thermal Comfort and Flammability of Cotton and Polyester Fabrics*. Blacksburg, Virginia: Jiangman Guo.

Horridge, P., Timmons, M. B. (1979). Blend for children's sleepwear incorporating inherently flame-retardant fiber. *Journal of Consumer Product Flammability*, 6, 218–227.

- Horrocks, A. R., Nazare, S., Kandola, B.(2004) The particular flammability hazards of night- wear. *Fire Safety Journal*, 39, 259–276.
- Horrocks, A.R. & Price, D. (2003). *Fire Retardant Materials*, İngiltere:Woodhead Publishing.
- Horrocks, A.R. & Price, D. (Ed.)(2001). *Fire retardant materials*. İngiltere:Woodhead Publishing.
- Kabasakal, F.M. (2011). *Hammaddeleri Farklı Tekstil Malzemelerine Güç tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılmasında Yeni Uygulamalar.*, (yüksek lisans tezi). Sütçü İmam Üniversitesi/Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı,Kahramanmaraş.
- Kalın, M.B. (2008). *Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması*. (yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü,Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı,Kahramanmaraş.
- Kamath, M. G., Bhat, G. S., Parikh ,D.V.,Condon, B.D. (2009). Processing and characterization of flame retar- dant cotton blend nonwovens for soft furnishings to meet federal flammability standards. *Journal of Industrial Textiles*, 38, 251–262.
- Kandola, A. K. (2010). *Fire Reatdancy of Polymeric Materials*. Amerika:Taylor Francis Group,
- Kutlu, B. (2002). *Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri* (yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü,İzmir.
- Laoutid F., Bonnaud L.,Alexandre M., Lopez-Cuesta J.M. & Dubois P. (2009). New prospects in flame retardant polymer materials: From fundamentals to nanocomposites, *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 63.
- Laoutid, F., Bonnaud, L., Alexandre, M., Lopez-Cuesta, J. M., & Dubois, P. (2009). New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites. *Materials science and engineering: R: Reports*, 63(3), 100-125.
- Lawton, E.L. & Setzer, C.J. (1975). Flame-retardant polyethylene terephthalate fibers. In. Pearce, E. (Ed.), *Flame-Retardant Polymeric Materials*. (s. 193–221). New York: Springer.

- Lewin M. (1983). Chapter 1: Flame Retardance of Fabrics, In Chemical Processing of Fibers and Fabrics: Functional Finishes Part B. Levin, M. & Sello, S.B. (Ed.), Amerika:Marcel Dekker, Inc.
- Liu, X., Yu, W. (2006). Evaluating the Thermal Stability of High Performance Fibers by TGA. *Journal of Applied Polymer Science*. 99, 937–944.
- Marsden, W. H. (1991). Thermal performance of wool and inherently flame-retardant fiber-blend fabrics., *High-Tech Fibrous Materials* 457, 260–269.
- Martin, C., Hunt, B. J., Ebdon, J. R., Ronda, J. C. & Cadiz, V. (2006). Synthesis, cross linking and flame retardance of polymers of boron-containing difunctional styrenic monomers. *Reactive and Functional Polymers*, 66(10),1047-1054.
- Mettler, M.S., Vlachos, D.G. & Dauenhauer, P.J. (2012). Top ten fundamental challenges of biomass pyrolysis for biofuels. *Energy & Environmental Science*, 5(7), 7797-7809.
- Morgan, A.B. (2019) The Future of Flame Retardant Polymers– Unmet Needs and Likely New Approaches, *Polymer Reviews*, 59:1, 25-54,
- Mutel, P., Quédé, B., Supiot, C., Jama, O. & Dessaux, R. (2004). Delobel Characterization of organosilicon films synthesized by N2-PACVD, Application to fire retardant properties of coated polymers, *Surface and Coatings Technology*, 180.
- Neisius, M., Stelzig, T., Liang, S., & Gaan, S. (2014). *Flame retardant finishes for textiles. Functional finishes for textiles: Improving comfort, performance and protection*. Amsterdam:Cambridge Woodhead Publishing.
- Nilüfer, F. (2006). *Belirli Doku Konstrüksiyonlarının Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi*.(Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Opwis, K. (2011). Permanent flame retardant finishing of textile materials by a photochemical immobilization of vinyl phosphonic acid. *Polymer Degradation and Stability*, 96(3), 393-395.
- Özcan G., Dayıoğlu H., Candan C.(2000). Tekstil malzemelerinin yanma kabiliyeti, *Tekstil &Teknik*, 154-160 .

PBO Fiber Zylon. (2010). 01 Mayıs 2019 tarihinde <https://www.toyobo-global.com/> adresinden erişildi.

Prezant, D. J. , Kelly, M.D., Kerry J. , Malley, K. S., Karwa, M. L., McLaughlin, M. T., Hirschorn, R., Brown, A. (1999). Impact of a modern firefighting protective uniform on the incidence and severity of burn injuries in New York City firefighters. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 41, 469–479.

Price, D. & Horrocks, A. R. (2001). *Fire Retardant Materials*. Amerika:CRC Press

Rivero, P. J., Urrutia, A., Goicoechea, J., Arregui, F. J. (2015). Nanomaterials for functional textiles and fibers. *Nanoscale research letters*, 10(1), 501.

Rodie, J. B. (2008). Armored up with textiles. *Textile World*, 35.

Rosace, G., Migani, V., Guido, E. & Colleoni, C. (2015). *Tekstil terbiyesi için alev geciktiriciler*. İsviçre:Cham.

Rouette, H.K. (2001). *Encyclopedia of Textile Finishing*. Almanya:Springer.

Saçak, M. (2002). *Polimer Kimyası*. Ankara:Gazi Kitapevi.

Schartel, B., Perret, B., Dittrich, B., Ciesielski, M., Krämer, J., Müller, P., & Döring, M. (2016). Flame retardancy of polymers: the role of specific reactions in the condensed phase. *Macromolecular Materials and Engineering*, 301(1), 9-35.

Schindler, W. D. & Hauser, P. (2004). *Chemical Finishing of Textiles*. Amerika:CRC Press.

Schindler, W.D. & Hauser, P. J. (2004). *Flame-retardant finishes, Chemical Finishing of Textiles*, 98-116. İngiltere:Woodhead Publishing.

Sen, A. K. (2007). *Coated textiles: principles and applications*. Amerika:Crc Press.

Shete A.V., Sawant S.B., Pangarkar V.G. (2004). Kinetics of fluid–solid reaction with an insoluble product: zinc borate by the reaction of boric acid and zinc oxide. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 79(5),526-532.

Sittisart, P. & Farid, M. M. (2015). *Fire retardant for phase change material. In Flame Retardants*. İsviçre:Cham.

Stegmaier, T., Mavely, J., & Schneider, P. (2005). *High-performance and high-functional fibres and textiles*. In *Textiles in Sport*. İngiltere:Woodhead Publishing.

- TNC Global Inc. (2010). Basofil Fibers, TNC Global, Inc., North Carolina. 25 Mayıs 2019 tarihinde <http://www.tncglobal.kr/> adresinden erişildi.
- Troitzsch, J. H. (1998). Overview of flame retardants. *Chemistry today*, 16.
- Türköz, E. (2015). *Reaktif Boyaların Uygulandığı Selülozik Elyafalarda Antibakteriyel Etkilerin İncelenmesi*. (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Wang, Z., Han, E., Liu, F. (2007). Influence of nano-TiO₂ in thermal behavior of fire-resistant coating, *Journal of Materials Science and Technology*, 23, 547-550.
- Weil, E. D., Levchik, S. V. (2008). Flame retardants in commercial use or development for textiles. *Journal of Fire Sciences*, 26, 243–281.
- Yakartepe, M. & Yakartepe, Z. (1995). *Tekstil Terbiye Teknolojisi*, İstanbul: Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi LTD. ŞTİ.
- Yao, Q., Levchik, S. V. & Alessio, G.R. (2006). *Phosphorus-containing flame retardant for thermoplastic polymers*. Amerika: ICL-IP
- Yaraş, A. (2016). *Alev geciktirici borlu selülozik çadır*. (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Zhang, Q., Zhang, W., Huang, J., Lai, Y., Xing, T., Chen, G., Jin, G., Liu, H., Sun, B. (2015). Flame retardance and thermal stability of wool fabric treated by boron containing silica sols, *Materials and Design*, 85, 796–799.
- Zhang, S., Horrocks, A. R. (2003). A review of flame retardant polypropylene fibres. *Progress in Polymer Science*, 28, 1517–1538.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gökhan EYİ
Doğum Yeri ve Tarihi : EDİRNE 01.06.1990
Adres : Fatih Mah. Batıkent Sitesi B/Blok
Daire:8 Merkez / EDİRNE
Yabancı Dil : İngilizce
Mail : gokhaneyi@hotmail.com.tr



EĞİTİM

Lise:

- 80.Yıl Cumhuriyet Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı) (2004-2008)

Lisans:

- İstanbul Aydın Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği (Hazırlık Eğitimi 2008)
- Süleyman Demirel Üniversitesi Tekstil Mühendisliği (Eylül 2010-Haziran 2014)

Yüksek Lisans:

- Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı (Eylül 2016-Temmuz 2019)

MESLEKİ DENEYİM

- Murat Yapı Tekstil San ve Tic. A.Ş. – İşletme Mühendisi (Eylül 2014-Mayıs 2015)
- Tapy Group Tayeks Dış Ticaret ve Tekstil Sanayi A.Ş. – Planlama Uzmanı (Ekim 2015-Ocak 2016)
- Kilim Grubu Kartaltepe Mensucat Fabrikası T.A.Ş. – İşletme Şefi (Şubat 2016-Devam Ediyor)