

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**GÜÇ TUTUMLU BİTİMİLEMLERİNDE
KULLANILAN ÜRÜNLERİN PERFORMANS ve
SARFETKİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

smail Faruk BÜTÜNER

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Süleyman ÇOBAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Bilim Dalı Kodu : 621.01.00
Sunu Tarihi :24.03.2014**

**Bornova- ZM R
2014**

smail Faruk BÜTÜNER tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Güç Tuturluk Bitim lemlerinde Kullanılan Ürünlerin Performans ve Sinerjetik Etkilerinin Kar ıla tırılması” ba lıklı bu çalı ma E.Ü. Lisansüstü E itim ve Ö retim Yönetmeli i ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü E itim ve Ö retim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan de erlendirilerek savunmaya de er bulunmu ve 24.03.2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirli i/oyçoklu u ile ba arılı bulunmu tur.

Jüri Üyeleri:

mza

Jüri Ba kanı : Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN

Raportör Üye : Doç. Dr. Esen ÖZDO AN

Üye : Doç. Dr. Aysun AK T

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / ~~Doktora Tezi~~ olarak sunduğum “Güç Tutuculuk Bitim Uygulamalarında Kullanılan Ürünlerin Performans ve Sinerjetik Etkilerinin Karşılaştırılması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğum, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

24 / 03/ 2014

mzası

smail Faruk BÜTÜNER

ÖZET**GÜÇ TUTU URLUK B T M LEMLER NDE KULLANILAN ÜRÜNLER N PERFORMANS ve S NERJET K ETK LER N N KAR ILA TIRILMASI**

BÜTÜNER, smail Faruk

Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisli i Anabilim Dalı

Tez Danı manı: Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN

Mart 2014, 85 sayfa

Ev tekstilleri de dahil olmak üzere kullanılan do al ve sentetik maddeler ile artan riskleri kayna ında önlemek için, yanabilen ürünlere güç tutu urluk veya yanmazlık özelli i kazandırmak ya da bu özellikte malzemeler kullanmak; yangından kaçış için zaman kazanmak, zehirli gazları ve yüksek ısıyı azaltmak gibi hayati ve maddi olanaklar sa layarak can ve mal kayıplarını azaltmada etkin rol oynamaktadır.

Bu tezde, en çok tüketilen do al lif olan pamuktan yapılan %100 pamuklu kuma , yine dünyada en çok tüketilen sentetik lif olan poliesterden yapılan % 100 poliester kuma ve bu iki lifin e it oranda karı ımı olan %50 poliester - %50 pamuk kuma ta; halojen içermeyen, fosfor ve azot bazlı güç tutu urluk sa layan maddelerle, emdirme yöntemine göre yapılan güç tutu urluk bitim i lemlerinin etkileri incelenmi tir.

Fosfor ve azot bazlı güç tutu urluk maddelerinin yanma üzerine etkileri ve bu güç tutu urluk maddelerinin yıkama dayanımları ara tırılmı tır. Ayrıca polimerle ebilen sentetik maddeler ile güç tutu urluk maddeleri arasında yapılan kombinasyonların güç tutu urluk üzerine ve güç tutu urluk maddelerinin yıkama dayanımları üzerine etkileri incelenmi tir.

Kullanılan fosfor ve azot bazlı kimyasalların güç tutu urlu u geli tirdi i ama yıkama dayanımlarının olmadığı, kombinasyon yapılan maddelerin güç tutu urlu u olumsuz yönde etkiledi i ve yıkama dayanımlarını geli tirmede i gözlemlenmi tir.

Anahtar sözcükler: Pamuk, poliester, güç tutu urluk.

ABSTRACT**A COMPARISON OF PERFORMANCE AND SYNERGISTIC EFFECTS OF THE MATERIALS USED IN FLAME RETARDANT FINISHING PROCESS**

BÜTÜNER, Smail Faruk

MSc in Textile Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman Çoban

March 2014, 85 pages

In order to control the increasing risks due to the use of natural and synthetic materials including home textiles, flame-retardant and flame-proof materials are used to provide enough time to escape from fire, to decrease the toxic gases and high temperature and have a significant role in alleviating the vital and financial loss.

In this thesis, effects of flame retardant finishing process with halogen-free, phosphorus and nitrogen based flame retardants were investigated on 100% cotton fabric, 100% polyester fabric and the mixed fabric including the 50% equal mixture of both fibers by using padding method.

In addition to the effects of phosphate and nitrogen based flame retardants on flammability properties, the washing resistance of these retardants were also studied. Further, effects of combinations of synthetic materials and flame retardants were also researched on retardancy and washing resistance properties of the chemicals.

It is found that phosphate and nitrogen based chemicals were improved the flame retardancy properties. However, they did not show washing resistance. It is also observed that combinations suppressed the flame retardancy effect of the chemicals and did not enhance washing resistance

Keywords: Cotton, polyester, flame retardancy.

TE EKKÜR

Bu çalı ma konumun seçiminde ve tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri yakın ilgileri nedeniyle tez danışmanım Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN'a, kimyasalların temin edilmesinde yardımcı olan Nabi ERTÜRK'e ve BOZZETTO firmasına, kumalar ve çalı ma izinleri için Vedat TÜTÜNCÜ'ye, deneylerin yapılması sırasında ilgisini esirgemeyen Ar . Gör. E. Sema NAMLIGÖZ ve Ar . Gör. Ebru BOZACI'ya, güç tutuurluk testlerinin yapılmasında yardımları olan Yük. Kimyager Gönül YAVUZ'a, her türlü yardımları için Mine ÖZKUL AKDEN Z'e ve bu yüksek lisansı yaparken en büyük deste i sa layan e im Bilge DEBELEÇ BÜTÜNER'e TE EKKÜR ederim.

Ç NDEK LER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT | ix |
| TE EKKÜR | xi |
| EK LLER D Z N | xvii |
| Ç ZELGELER D Z N | xix |
| S MGELER VE KISALTMALAR D Z N | xxi |
| 1. G R | 1 |
| 2. GENEL B LG LER..... | 3 |
| 2.1. Yangın | 3 |
| 2.1.1. Yangın ve bile enleri..... | 4 |
| 2.1.2. Yangın ürünleri | 4 |
| 2.1.3. Yangın istatistikleri | 4 |
| 2.2. Tekstil Maddelerinin Yanma Sistemi..... | 7 |
| 2.2.1. Liflerin ısısal özellikleri | 7 |
| 2.2.2. Tekstillere yanması ile ilgili parametreler | 13 |
| 2.3. Güç Tuturluk..... | 18 |
| 2.3.1. Tarihsel gelişim..... | 19 |

Ç İNDEK İLER (devam)Sayfa

| | |
|--|----|
| 2.3.2. Güç tutu ruluk stratejileri | 21 |
| 2.3.3. Güç tutu ur tekstil mamullerinin eldesi | 26 |
| 2.3.4. Tekstil materyallerine güç tutu ruluk özelli i kazandırılması | 29 |
| 2.3.5. Güç tutu ruluk kimyasalları..... | 33 |
| 2.3.6. Güç tutu ruluk elde etmek için kullanılan yeni yöntemler | 38 |
| 2.3.7. Güç tutu ruluk maddelerinden beklenen özellikler | 40 |
| 2.3.8. Güç tutu ruluk ürünlerinin seçimi ve aplikasyonları..... | 41 |
| 2.3.9. Güç tutu ruluk sa layıcı kimyasalların kullanımı ile ilgili sınırlayıcı faktörler | 44 |
| 2.4. Güç Tutu ruluk için Kullanılan Test Yöntemleri..... | 47 |
| 2.4.1. Güç tutu ruluk standartları | 47 |
| 2.4.2. Güç tutu ruluk test yöntemleri | 49 |
| 3. MATERYAL VE METOD | 51 |
| 3.1. Materyal..... | 51 |
| 3.1.1. Deneylerde kullanılan kuma lar | 51 |
| 3.1.2. Deneylerde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler | 52 |
| 3.1.3. Deneylerde kullanılan cihaz ve makineler..... | 54 |

Ç NDEK LER (devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 3.2. Metot | 55 |
| 3.2.1. Emdirme | 55 |
| 3.3. Yapılan Testler | 58 |
| 4. BULGULAR | 60 |
| 4.1. Yakma Sonuçları | 60 |
| 4.1.1. Pamuk / polyester kuma için yakma sonuçları | 60 |
| 4.1.2. Pamuklu kuma için yakma sonuçları | 64 |
| 4.1.3. Polyester kuma için yakma sonuçları | 68 |
| 4.2. Beyazlık Sonuçları | 74 |
| 4.2.1. Pamuk / polyester kuma ta beyazlık sonuçları | 74 |
| 4.2.2. Pamuklu kuma ta beyazlık sonuçları | 76 |
| 4.2.3. Polyester kuma ta beyazlık sonuçları | 77 |
| 5. SONUÇ ve ÖNER LER..... | 79 |
| KAYNAKLAR D Z N | 82 |
| ÖZGEÇM | 85 |

EK LLER D Z N

| <u>ekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.1. Yanıcı, oksijen ve enerjiden olu an yanma üçgeninin ematik gösterimi | 3 |
| 2.2. Dünya genelinde, bölgelere göre yangın kaynaklı ölüm oranları | 5 |
| 2.3. ABD'de yangın kaynaklı can ve mal kayıplarına ili kin veriler | 6 |
| 2.4. 2005-2009 yılları arasında ABD'de ev tekstili yangınlarına ili kin veriler | 6 |
| 2.5. Alevli yanmanın ilerledi i bölgenin farklı katmanlarının ematik görünü ü . | 10 |
| 2.6. Tekstil Lifleri çin Yanma Diyagramı | 11 |
| 2.7. Yatay alev yayılması (yava)..... | 17 |
| 2.8. Dikey alev yayılması (hızlı)..... | 17 |
| 2.9. Endotermik yıkım reaksiyonları | 21 |
| 2.10. Camsı yüzey | 22 |
| 2.11. Alüminyum hidroksitin fiziksel etkisi | 22 |
| 2.12. Serbest radikal yanma reaksiyonu | 23 |
| 2.13. Holojen (X) içeren madde (M) ile serbest radikaller arasındaki reaksiyonlar. R organik kalıntıdır | 23 |
| 2.14. Güç Tutu urluk Bitim lemlerinin Açık En Kuma lara Uygulama A amaları | 29 |
| 2.15. Güç tutu urluk sa layan maddelerin, yanma olayının enerji bilançosunu etkileme olanakları | 31 |

EK LLER D Z N (devam)

| <u>ekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 2.16. Güç tutu urluk kimyasalları pazar büyüklü ü. | 37 |
| 2.17. Güç tutu urluk kimyasallarının pazardaki kullanım oranları..... | 38 |
| 3.1. Rapid Model PA-1 fulard cihazı | 54 |
| 3.2. Rapid Model PA-1 fulard cihazı. | 54 |
| 3.3. SDL ATLAS Firması'nın M233B model güç tutu urluk test cihazı | 59 |
| 3.4. Datacolor SF 600 Plus spektralfotometre | 59 |
| 4.1. Pamuk / poliester kuma için beyazlık ölçüm sonuçları | 75 |
| 4.2. Pamuklu kuma için beyazlık ölçüm sonuçları..... | 76 |
| 4.3. Poliester kuma için beyazlık ölçüm sonuçları | 77 |

Ç ZELGELER D Z N

| <u>ekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 2.1. Bazı liflerin ısı özellikleri | 9 |
| 2.2. Bazı liflerin yanma özellikleri | 14 |
| 2.3. Bazı tekstil liflerinin yanma sonrası durumlarının karşılaştırılması | 15 |
| 2.4. Bazı önemli güç tutumurluk mekanizmasının karşılaştırılması | 26 |
| 2.5. Tekstil malzemesinin yanması esnasındaki enerji verileri | 30 |
| 2.6. Pamukta, yanmayan ürünlerin, piroliz mekanizması değişimi ile artması | 32 |
| 2.7. Bazı güç tutumurluk maddeleri ve kullandıkları lifler..... | 33 |
| 2.8. Güç tutumurluk test standartları | 48 |
| 3.1. Kullanılan kumaşların özellikleri | 51 |
| 3.2. Aplikasyonlarda kullanılan reçeteler ve tanımlar..... | 56 |
| 4.1. Yıkamamı pamuk / poliester kumaşların yakma test sonuçları. | 61 |
| 4.2. Bir kez yıkanmı pamuk / poliester kumaşların yakma test sonuçları..... | 63 |
| 4.3. Yıkamamı pamuklu kumaşların yakma test sonuçları. | 65 |
| 4.4. Bir kez yıkanmı pamuklu kumaşların yakma test sonuçları. | 67 |
| 4.5. Yıkamamı poliester kumaşların yakma test sonuçları. | 69 |
| 4.6. Bir kez yıkanmı poliester kumaşların yakma test sonuçları..... | 71 |
| 4.7. Beş kez yıkanmı poliester kumaşların yakma test sonuçları..... | 73 |

S İMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

LOI: Sınırlayıcı oksijen indeksi = Minimum oksijen ihtiyacı

FR: Alev dirençli, güç tutulur

Tg: Camlaşma sıcaklığı

Tc: Yanma sıcaklığı

Tm: Erime sıcaklığı

Tp: Piroliz sıcaklığı

CPSC: Consumer Product Safety Commission

DBDPO: Dekabromdifenileter

PET: Polietilenteraftalat (poliester)

DMDHEU: dimetiloldihidroksietilenüre

1. G R

Organik esaslı tekstil ürünleri, iyi derecede yanma özellikleri nedeniyle yangınlarda büyük risk faktörü olu tururlar. (Çoban, 1999; Horrocks and Anand, 2000; Horrocks and Price 2001; Kalın, 2008). Do al ve sentetik polimer malzemelerin birçok alanda kullanımı ile birlikte yangın tehlikeleri artmakta, can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, do al ve sentetik kökenli malzemelerin alev almasının geciktirilmesi i lemi, yangından korunmada önemli bir önleyici metottur ve güç tutu urluk katkı maddelerine ili kin ara tırmalar da önem kazanmaktadır (Kabasakal, 2011).

Tekstil malzemeleri arasında ise ilk tutu an ve en kolay yanan malzemeler giysilik kuma lardır ve bunu sırasıyla mobilya dolgu ve yatak malzemeleri, dö emelik kuma lar ve di er dekoratif kuma lar izlemektedir (Özcan, 2002). 1970’li yıllardan itibaren ara tırılan güç tutu urluk i lemleri, önemli bir kimyasal bitim i lemidir. Ancak, geçmi yıllarda bazı batı ülkelerinde, çocukların oyun giysileri ve ya hıların pijamaları gibi birçok tekstil ürününün güç tutu ur özelliğe olmaları için yasal zorunluluk bulundu u halde, son zamanlarda, çevre dostu tekstil üretimi ile kuma lara madde aktarılarak güç tutu urluk i lemi yapılması istenmeyen i lemler arasına girmi tir. Bu nedenle, bugün giysilik tekstil ürünlerine madde aktarılarak uygulanan güç tutu urluk i lemleri azalmı tır. Bunun yanında, birçok alanda güç tutu ur tekstil ürünlerinin kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır. tfaiyeci, i çi ve cankurtaran giysilerinde, iç dö emeliklerinde ve perdelik kuma larda, halka açık binaların yer kaplamalarında, askeri ve uçak sanayisinde, ta it araçlarında ve sinema, tiyatro, müze, gazino, hastane, huzur evi gibi toplumsal alanlarda güç tutu ur tekstillere ihtiyaç duyulmaktadır (Çoban, 1999; Weil and Levchik, 2008; Günsal, 2007). Günümüzde ise sadece tiyatrolarda kullanılan perdeler ya da giysiler de il, neredeyse her ürün için güç tutu urluk özelli inin kazandırılması gerekti i ve bu yönde yo un Ar-Ge çalı malarının yapılmakta oldu u görülmektedir (Günsal, 2007; Çelebi, 2009).

Evde veya kapalı mekânlarda kullanılan yer dö emeleri, perde, nevresim, yatak, yorgan ve benzeri birçok tekstil ürünü ev yangınlarında, yangının büyümesinde önemli rol oynamaktadır. Ev yangınları arasında en yüksek orana sahip sigara kaynaklı yangınların önlenmesi amacıyla, dö emelik kuma lara güç tutu urluk özelli i kazandırılarak tutu manın ba laması geciktirilebilir, can güvenli inin sa lanması için zaman kazandırılır (Kalın, 2008). Güç tutu urluk

malzemelerinin ev için kullanılması konusundaki gelişmeler, tüketicilerin güvenlik konusunda bilinçlenmesine ve çevresel yayınlara bağlıdır. Ayrıca yeni yanmazlık sistemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır (Çelebi, 2009).

Endüstriyel alanda, yanma ilemini yavaşlatmak, ısıyı düşürmek ve zehirli gaz çıkışını önlemek için tekstillere farklı güç tuturluk özellikleri artan sayı ve kalitede uygulanmakta ve güç tuturma sağlayıcı lifler ve kimyasallar alanında yeni gelişmeler olmaktadır. Yanabilir malzemeleri alevlenmeye karşı korumanın en etkili yöntemlerinden biri güç tuturluk maddeleri kullanmaktır (Kabasakal, 2011). Yanmazlık ve güç tuturluk özelliğinin gerekli olduğu en önemli üç büyük pazar; inaat, elektrik/elektronik ve nakliye endüstrileridir (Çelebi, 2009). Bunun yanında, doğal ve sentetik polimerik materyallerin yanabilirliğini, duman veya zehirli gaz üretimini azaltmak için kullanılan güç tuturluk maddeleri; birçok endüstriyel alanda yeni materyallerin gelişimini ve üretimine olanak sağlamaktadır (Altay, 2010).

Güç tuturluk uygulamalarında, yanmayı önleyici/geciktirici etkisinin kuvvetli, ürün üzerinde kalıcılık süresinin uzun; tekrarlı yıkama, kurutma ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Bunun yanında, ürünün günlük hayatta kullanılabilmesi için konforlu, hareketi kısıtlamayacak şekilde, hafif ve çevre dostu olması, toksik özelliğinin bulunmaması ve maliyetinin yüksek olmaması da beklenmektedir (Horrocks and Anand, 2000; Horrocks and Price, 2001; Schindler and Hauser, 2004; Chivas, 2009; Horrocks, 2010). Bu amaçla yapılan çalımlar, uçak, gemi, otomobil gibi taşıt araçlarında kullanılan tekstil ürünleri askeri personel, itfaiyeci, pilot gibi meslek çalışanları için üretilen iş elbiseleri, çocuk pijamaları, çadır ve branda bezleri ve dekorasyon malzemelerine yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, çatı ve duvar kaplama malzemeleri ve boyalar, halı, perde, döşemelik kumaşlar, aklar ve kabloların (uzay sistemleri, genel amaçlı ve iletişim kabloları) üretiminde de önemli bir yer tutmaktadır (Demirel, 2007).

Pamuklu, poliester ve pamuk/poliester kumaşta, emdirme yöntemine göre; fosfor ve azot bazlı güç tuturluk sağlayan maddelerin ve kil yapısında montmorilonit bazlı bentonitin güç tuturluk etkileri ile çeşitli yardımcı kimyasalların yıkama dayanımları üzerine etkileri bu çalışmada araştırılmıştır.

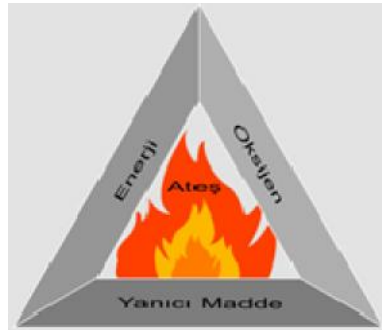
2. GENEL B LG LER

2.1. Yangın

Yanma; yanıcı maddenin tutu ma sıcaklı ına ısıtıldı ında oksijenle verdi i zincirleme ekzotermik reaksiyondur. Yanma olayı yüksek ölçüde ısı, bo ucu ve zehirleyici duman ve artıkları ile kendi kendini besleyerek hızla ilerler. Kontrol altına alınmadı ında, yanma kendi kendini katalizler ve oksijen, yakıt ya da a ırı ısı tükenene kadar devam etmektedir. Yanma esnasında üretilen yüksek ısı, biti ikteki maddeleri tutu ma sıcaklı ına ula tırarak yanmaya ba lamalarını sa lamakta ve yangının büyümesine yardımcı olmaktadır (Schindler and Hauser, 2004).

Yanma, ısı ve ı ık üreten hızlı oksidasyondur. deal yanmanın genel formülü; “ $C_XH_Y + (X+Y/4)O_2 + ISI \rightarrow X CO_2 + Y/2 H_2O + ISI$ ” eklindedir (Kalın, 2008).

Yanma reaksiyonunun gerçekleşmesi için gereken 3 bile en (yanıcı-oksijen-ısıl enerji) “yanma üçgeni” olarak adlandırılmaktadır (ekil 2.1).



ekil 2.1. Yanıcı madde, oksijen ve enerjiden olu an yanma üçgeninin tematik gösterimi.

(<http://www.flameretardants-online.com/>)

Genellikle, materyalin daha yanıcı özellikte olması ya da ısı akı ı ve oksijen artı ı, yangının büyümesine neden olmaktadır. Ancak, fazla havalandırma ısıyı alevden uzakla tırabilir veya daha fazla ısı yangının azalmasına neden olan erime ya da kömürle meyle sonuçlanabilir. Bu nedenle yangın senaryosu, sonuç olarak belirli ko ullar içerisindeki bazı materyaller tarafından olu turulmaktadır. Bu da yangınla mücadelenin zorlu unu olu turmaktadır. Küçük ve büyük çaplı yangınlarda materyallerin yanıcılık

özelliklerine ilişkin çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Bu yüzden, materyallerin yanmazlık performanslarının değerlendirilmesi yangın koşullarına da bağlıdır (Hull and Stec, 2009).

Herhangi bir organik malzemede yanma olayı 3 basamakta meydana gelmektedir. Bu basamaklar tekstil ürünleri için de geçerlidir. Bu adımlar (Kalın, 2008; Günsal, 2007) :

1. Ürünün ısınması,
2. Makro moleküllerin termik olarak parçalanması (piroliz),
3. Tutulma ve yanmanın başlamasıdır.

2.1.1. Yangın ve bileşenleri

Yangının dört unsuru vardır:

1. Yanıcı madde
2. Oksijen
3. Yanıcı maddeyi tutulma sıcaklığına kadar ısıtacak ısı kaynağı
4. Başta üç unsur bir araya gelip oksidasyon başladıktan sonra devreye giren zincirleme reaksiyon

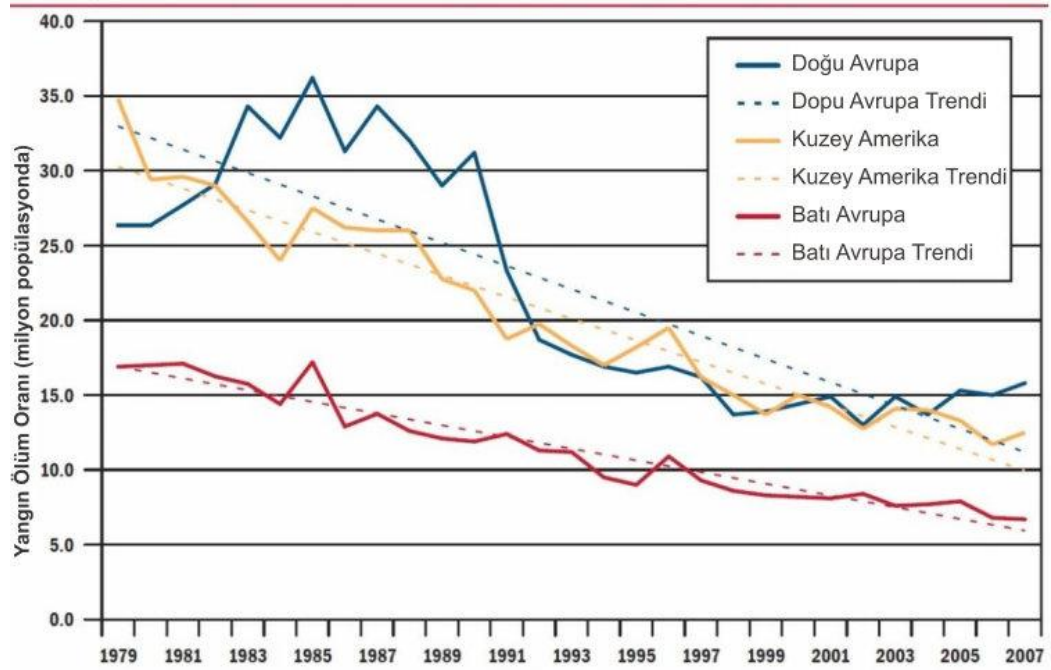
2.1.2. Yangın ürünleri

Yanma işlemi sırasında, kimyasal reaksiyondan önce var olan maddelere “yanma reaksiyonuna girenler” ve yanma reaksiyonundan sonra oluşan maddelere “yanma işleminden çıkanlar” veya “yanma ürünleri” denilmektedir. Bir yangında ki temel yangın ürünleri; ısı, ışık (alev), duman ve diğer gazlardır. (Kalın, 2008)

2.1.3. Yangın istatistikleri

Yangınlar her yıl binlerce insanın ölümüne, on binlercesinin yaralanmasına ve milyonlarca liralık maddi kayba sebep olmaktadır. Ancak dünya genelinde 1979-2007 yılları arasında, bölgelere göre yangın kaynaklı ölüm oranlarının gelişen bilinç ve teknolojik olanaklar sayesinde azaldığı ekil 2.2’de gösterilmektedir.

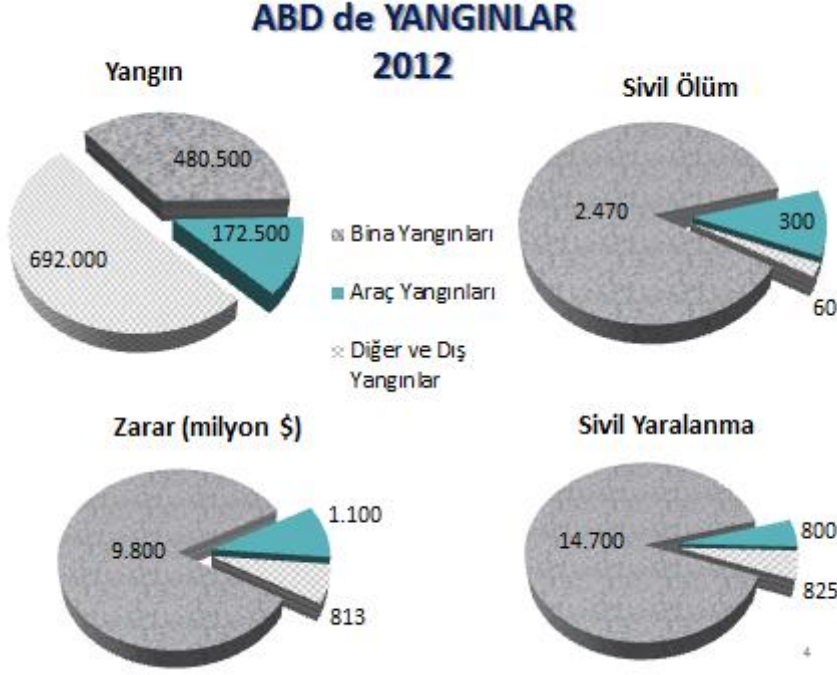
Bölgelere göre Yangın Ölüm Oranı (milyon popülasyonda) 1979-2007



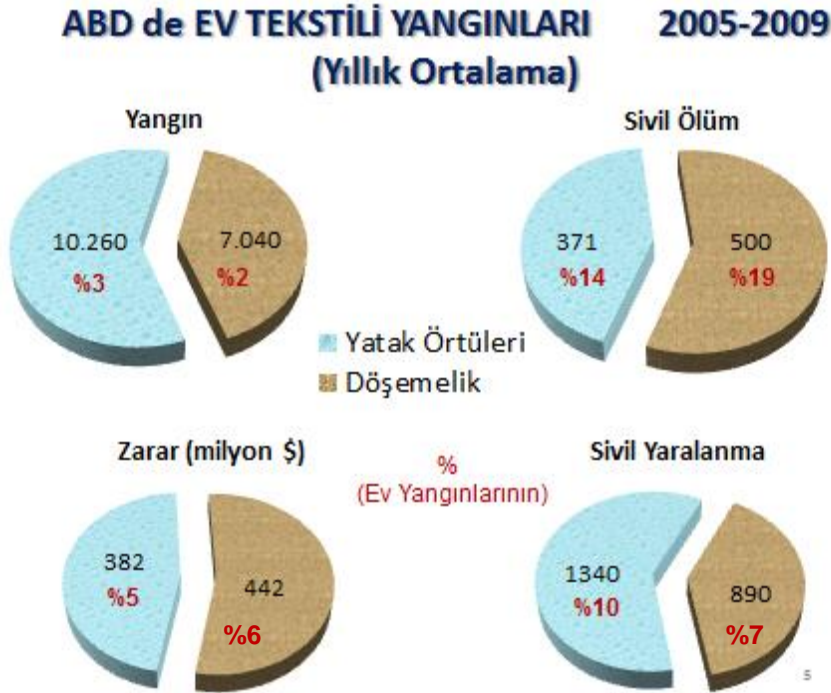
World Fire Statistics Bulletin www.genevaassociation.org

ekil 2.2. Dünya genelinde, bölgelere göre yangın kaynaklı ölüm oranları (World Fire Statistics Bulletin, <http://www.genevaassociation.org>)

ABD’de yangın kaynaklı can ve mal kayıplarına ilişkin yapılan istatistiksel çalışmalara göre, bina yangınları, tüm yangın alanları içinde 1/3’lük bir orana sahipken, sivil ölümleri, yaralanmaları ve maddi zararların tamamına yakını bina yangınlarından kaynaklanmaktadır (ekil 2.3). 2005-2009 yılları arasında ev tekstili yangınlarına ilişkin verilere göre, ev yangınlarının %5’i yatak örtüleri ve döşemelik kumaşlardan kaynaklanmaktayken, bu tip yangınlardaki toplam sivil ölüm, yaralanma ve maddi zararların oranı sırasıyla %33, 17 ve 11 olarak verilmektedir (ekil 2.4).



ekil 2.3. ABD'de yangın kaynaklı can ve mal kayıplarına ilişkin veriler
(<http://www.nfpa.org/research/reports-and-statistics/fires-in-the-us>)



ekil 2.4. 2005-2009 yılları arasında ABD'de ev tekstili yangınlarına ilişkin veriler
(<http://www.nfpa.org/research/reports-and-statistics/fire-causes/household-products/upholstered-furniture>)

2.2. Tekstil Maddelerinin Yanma Sistemi

Ço u organik yapıda olan tekstil maddeleri, insanlar için ihtiyaç bakımından yiyeceklerden sonra gelmektedir ve iyi yanma özelli ine sahiptirler. Bu maddeler iyi yanma özelli indedir. nce bir yüzey olu turdukları zaman aradaki hava bo lukları kolay yanmalarına sebep olmaktadır. Bir yangın anında bu ürünlerin gösterdikleri yanma davranı ları, yanma sırasında aç ı a çıkan gazların yapısı, insan ya amını yakından ilgilendiren hususlardır. Tekstilleri lifler olu turdu u için öncelikle liflerin yanma mekanizması tekstillerin yanma mekanizmasının temelini olu turmaktadır (Çoban, 1999; Çelebi, 2009).

2.2.1. Liflerin ısı özellikleri

Tekstil lifleri ısıya kar ı verdikleri tepkiye göre, termoplastik ve non-termoplastik olarak ikiye ayrılmaktadır. Termoplastik liflerde sıcaklık yükseldikçe lifler ekil de i tirmektedir. Önce yumu ama, daha yüksek sıcaklıklarda erime ve belli bir sıcaklı a eri ildi inde ise bozunma ve yanma gözlenmektedir. Non-termoplastik liflerde ise sıcaklık yükselmesi sırasında yanma noktasına kadar herhangi bir biçim de i ikli i görülmemekte; yumu ama ve erime olmamaktadır. Non-termoplastik liflere örnek olarak do al lifler ve rejenere lifler gösterilebilmektedir (Altay, 2010).

Tekstilde kullanılan liflerin ısı özellikleri ile ilgili a ağıdaki tanımlar öncelikle bilinmelidir.

Camla ma Sıcaklı ı (T_g) : Termoplastik liflerin yumu amaya ba ladı ı en dü ük sıcaklık derecesidir. Isınma sonucunda, moleküllerin enerjisi artar ve moleküller hareketlenmeye ba lamaktadır. Sıcaklı ın artması ile bu hareket hızlanır, molekül zincirleri arasındaki ba kuvvetleri zayıflar ve zincirler birbirlerine göre daha ba ımsız hale gelmektedir. Sıcaklı ın azalması ile ünitelerin dönme hareketi yava lar ve belli bir sıcaklıkta durmaktadır. Bu sıcaklı a camla ma sıcaklı ı denmektedir. Katı haldeki maddenin özgül hacmi artmaktadır. Camla ma sıcaklı ı esasında her zaman kesin bir sıcaklık olmayıp de i ken aralıkta bir sıcaklık bölgesi de olabilmektedir. Ortalama polimerizasyon derecesi arttıkça, camla ma noktası da bir miktar yükselmektedir. (Ba er , 1992; Nielsen et al., 1994; Seventekin, 2004; Altay,2010).

Erime sıcaklığı (T_m) : Isıtılmaya devam edildi inde moleküllerin hızı artarak birbirinden ba ımsız hale gelmeye ba lamaktadır. Sıvı ekinde hareket etmektedir. Bu dereceye erime sıcaklığı denilmektedir. Kuvvetli makromoleküller arası çekim kuvvetleri ve büyük molekül a ırlılığı, yüksek erime sıcaklığını göstermektedir (Nielsen et al., 1994; Seventekin, 2004).

Piroliz sıcaklığı (T_p) : Maddenin makromoleküler yapısının parçalanmaya ba ladığı sıcaklıktır.

Yanma sıcaklığı (T_c) : Piroliz ile meydana gelen yanıcı gazların oksijen ile birle erek yanmanın ba ladığı sıcaklıktır.

Kritik piroliz sıcaklığı (T_{pc}) : Piroliz hızının artması ile meydana gelen yanıcı gaz konsantrasyonunun, bir kıvılcım ile tutuşma sıcaklığıdır.

Kendili inden tutuşma sıcaklığı (T_{si}) : Isıtılma sonucunda piroliz ile olu an yanıcı gaz konsantrasyonunun, bir kıvılcıma ihtiyaç olmadan, oksijen ile yanmaya ba ladığı sıcaklıktır (Özcan, 2002; Altay, 2010).

Yanma entalpisi (H) : Aynı sıcaklık ve basınçta, yanma maddenin entalpisi ile reaktanların entalpisi arasındaki farktır. Yanma ile açığa çıkan ısı olarak belirtilebilmektedir (Özcan, 2002).

Sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) : Bir maddenin yanmaya devam etmesi için gereken minimum oksijen yüzdesidir. Oksijenin/azot oranı arttıkça, normal havada sönen maddeler yanmaya, oran azalıp azot arttıkça normal havada yanan maddeler sönmeye ba lamaktadır. Normal ko ullarda, atmosferde % 21 oksijen bulunmaktadır. Yanma testlerindeki sınıflandırmalar için bu durum önemli bir göstergedir. Farklı polimerlerin yanma davranışlarını belirlemek için LOI de eri gelitirilmidir. LOI testi, maddelerin yanmasını devam ettirece i minimum oksijen miktarını belirlemektedir. LOI de eri 25-28'den küçük olanlar çok kolay yanmakta iken, 25-28'den büyük olan maddeler havada genellikle kendili inden sönmektedirler (Lu and Hamerton, 2002).

$$LOI = 100 \times O_2 / (O_2 + N_2) \text{ (Schindler and Hauser, 2004).}$$

Bilinen bazı liflerin ısı özellikleri Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı liflerin ısı özellikleri (Horrocks and Anand, 2000; Gül en, 2009).

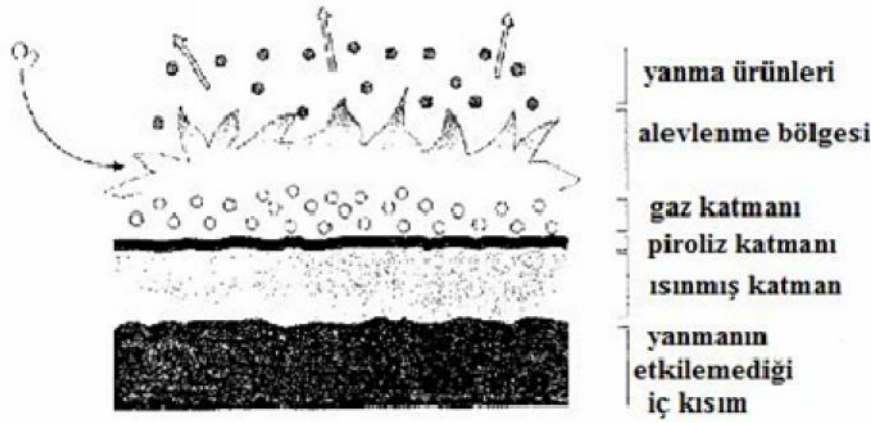
| Elyaf | Termo plastiklik | Camla ma sıcaklı 1 Tg (°C) | Erime sıcaklı 1 Tm (°C) | Piroliz sıcaklı 1 Tp (°C) | Yanma sıcaklı 1 Tc (°C) | Yanma entalpisi H (kJ/g) | Sınır.oks. İndeksi LOI (%) |
|--------------|------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Yün | Hayır | – | – | 245 | 600 | 27 | 25 |
| Pamuk | Hayır | – | – | 350 | 400 | 19 | 18.4 |
| Viskon | Hayır | – | – | 350 | 420 | 19 | 18.9 |
| Triasetat | Evet | 172 | 290 | 305 | 540 | – | 18.4 |
| Naylon 6 | Evet | 50 | 215 | 431 | 450 | 39 | 20 – 21.5 |
| Naylon 6.6 | Evet | 50 | 265 | 403 | 530 | 32 | 20 – 21.5 |
| Poliester | Evet | 80 – 90 | 255 | 420 – 477 | 480 | 24 | 20 – 21.5 |
| Akrilik | Evet | 100 | >220 | 290 | >250 | 32 | 18.2 |
| Polipropilen | Evet | -20 | 165 | 469 | 550 | 44 | 18.6 |
| Modakrilik | Evet | <80 | >240 | 273 | 690 | – | 29 – 30 |
| PVC | Evet | <80 | >180 | >180 | 450 | 21 | 37 – 39 |
| PVDC | Evet | -17 | 180 – 210 | >220 | 532 | 11 | 60 |
| PFTE | Evet | 126 | >327 | 400 | 560 | 4 | 95 |
| Nomeks | Evet | 275 | 375 | 310 | 500 | 30 | 28.5 – 30 |
| Kevlar | Evet | 340 | 560 | 590 | >550 | – | 29 |
| PBI | Evet | >400 | | >500 | >500 | – | 40 – 42 |

Hiladoya göre bir tekstil mamulünün yanması olayı 4 adımda incelenmektedir (Bayramo lu, 2003):

1. Mamülün ısınması
2. Makro moleküllerin termik parçalanması (piroliz)
3. Tutu ma
4. Yanma ve yanmanın ilerlemesi.

Yanmanın meydana gelmesinde piroliz olayı, yani o maddenin ısı enerjisi ile parçalanması sırasında aç ı a çıkan parçalanma ürünlerinin cinsi büyük önem ta ımaktadır(Çoban, 1999).

Yanmanın farklı katmanlar üzerindeki etkisi ekil 2.5' de incelenmiştir.



ekil 2.5. Alevli yanmanın ilerlediği bölgenin farklı katmanlarınınematik görünümü (Saçak,2002).

Tekstil ürünlerinin yüzey sıcaklığı arttıkça; birim zamanda verilen ısıya ve bazı termik değerlere bağlı olarak, bu değerler ağırlıkta verilmektedir.

- Erime sıcaklığı
- Isı iletkenliği
- Özgül ısı

(Kalın, 2008)

Yanma süreci; maddenin bulunduğu ortam ve maddenin kendisi ile ilgili olarak 6 bölgede analiz edilebilmektedir:

Yanmadan etkilenmeyen bölge

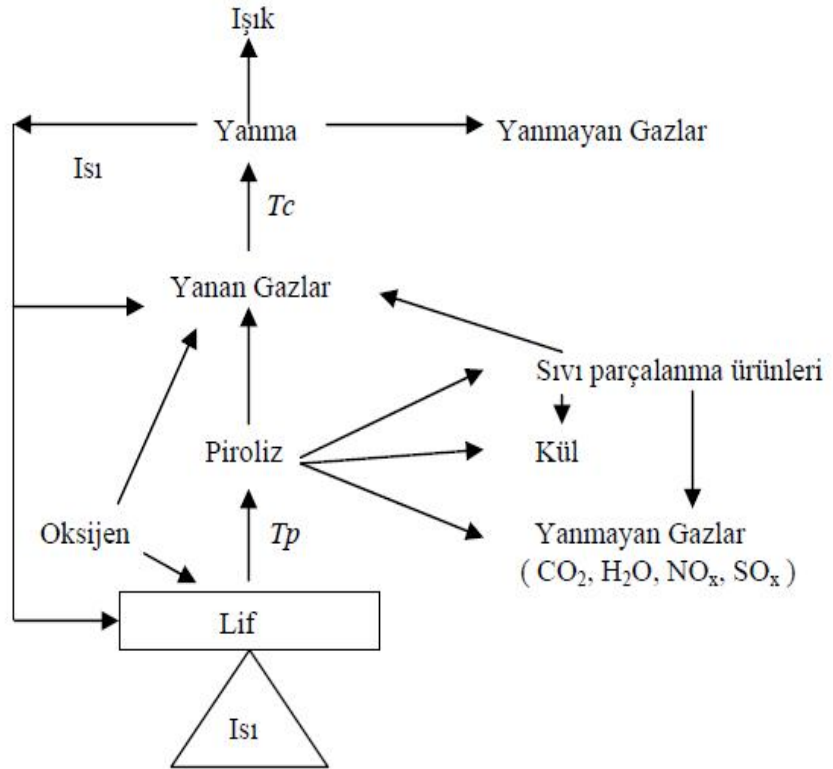
Alev etkisinin görülmediği bölgedir. Alev kaynağının verdiği enerji miktarına, tutulma süresine ve maddenin ısı iletkenliğine, bağlı olarak boyutları değişmektedir. Maddenin ısı ile karışması sonucunda bu bölgede maddenin sıcaklığı artmaktadır.

Isınım bölgesi

Maddenin moleküllerinin sıcaklığı, ısı enerjisi absorblanarak artar ve bazen T_g veya T_m üzerine çıkmasına bile sebep olabilmektedir. Bu bölgede

polimerik olmayan maddeler dehidrasyona uğrayabilirken, polimerik olanlarda serbest radikal oluşumuna neden olan bozunmalar gerçekleşmektedir. Ayrıca ısınma sırasında kömürleşen (char) tabaka içine yoğunlaşan, belli oranda aromatik grup içeren polimerler; daha az yanıcı gazların çıkmasına neden olabilmektedir (Yavuz, 2007).

Piroliz bölgesi



ekil 2.6. Tekstil Lifleri için Yanma Diyagramı (Schindler ve Hauser, 2004).

ekil 2.6.'da da gösterildiği gibi lifin sıcaklığı, ısı etkisiyle piroliz sıcaklığına (TP) ulaşmaya kadar artmaktadır. Önce ağırlık kaybı olmadan, birincil bağlar ve lifleri oluşturan makromoleküller kopmaya başlamakta, diğer bir deyişle polimerizasyon derecesi düşmektedir. Başlangıçtaki düşük hızlı piroliz safhasında, lifte kimyasal değişiklikler meydana gelmekte ve yanmayan gazlar (karbondioksit, su buharı, azot ve kükürt oksit gibi), kömürleşme artıkları, sıvı parçalanma ürünleri oluşurken, yanıcı gazlar oluşması için kıvılcım olsa bile tutuşma gerçekleşmemektedir. Piroliz hızı arttıkça yanıcı gazlar (karbon monoksit, hidrojen ve okside olabilen organik moleküller) oluşmaya

ba lamaktadır. Sıcaklık artmaya devam ettikçe sıvı parçalanma ürünleri de daha fazla yanmayan gaz, kül ve yanan gaz üreterek pirolize u ramaktadır.

Yanma sıcaklığına (TC) ula ıldı ında, gaz fazında bir dizi serbest radikal reaksiyondan olu an ve konsantrasyonu artan yanan gazların oksijenle birleşmesi ve bir kıvılcım ile yanma dedi imiz olay gerçekleşmektedir Sıcaklık daha da artırıldı ında, medyana gelen yanıcı gaz karışımı kendili inden tutu maktadır. Bu reaksiyonlar yüksek derecede ekzotermiktir ve çok büyük miktarda ısı ve ısı üretmektedir. Piroliz sonucu ortamda yeterli miktarda yanıcı gaz olu tu unda, yanma ba lamakta ve yanma sonucu açığa çıkan enerji, maddenin pirolizi için gerekli enerjiden büyük ise, yanma devam etmektedir (Schindler and Hauser, 2004; Çim it, 1999).

Maddeyi çevreleyen ortam ile ilgili kısımda ise açıklamalar u ekilde öngörümü tür.

Ön alev bölgesi (gaz katmanı)

O₂ ile gazlar ve sıvılar karışımı halde bulunmaktadır. Bu bölgede maddenin kendisi de il degradasyon bölgesindeki yanabilen gazlar, yeterli miktarda oksijen ve tutu turucu kayna ın varlı ında yanmaya devam etmektedir.

Alevlenme bölgesi

Madde yüzeyinde veya bu kısma yakın bölgede yeterli miktarda O₂, bu sıvı ve gazlarla karışır ve ortamda da alevlenmeyi destekleyecek kadar enerji bulunuyorsa, madde yanmaya ba lamaktadır. Olu an enerjinin büyük bir bölümü maddeden geçmekte; geri kalanı maddede kalır ve ısınma ile degradasyon bölgesindeki endotermik a amaları beslemektedir. Yani lifin piroliz olmaya devam etmesi için gereken ek ısı enerjisi ve dolayısıyla yanma i lemi için daha fazla miktarda yanan gazların ortaya çıkması; yanma i lemi tarafından üretilen ısı ile sa lanmaktadır (Schindler and Hauser, 2004; Çim it, 1999; Yavuz, 2007).

Yanma ürünleri bölgesi

Maddeye ba lı olarak de i ebilmekte olup genel olarak olu an ürünler so umaya ba lar, maddenin kömürleşmesiyle duman ve zehirli gaz çıkışı görülmektedir. Yanma ürünlerini öyle sıralayabiliriz:

1. Yanıcı gazlar; tutu maya neden olmaktadır.
2. Yanmayan gazlar (N_2 , CO_2); ate in so umasına ve özellikle a ır yanma gazları yanan yüzeyin etrafını sararak hava oksijeni ile temasın azalmasına yardımcı olmaktadır.
3. Yanmayan sıvı parçalanma ürünleri (H_2O); bu ürünler buharla ırken sıcaklı ın dü mesine yardımcı olmaktadır.
4. Katı kömürle me artıkları; yanıcı gazların dı arıya difüzyonunu azaltır ve ısı izolasyonu sa layarak termik parçalanmayı yava latmaktadır (Çoban, 1999).

2.2.2. Tekstillerin yanması ile ilgili parametreler

Tekstil mamullerinin yanma karakterlerinin etkilendi i birçok farklı özellik bulunmektedir. Kuma ların yanıcılı ı hem kuma hem de lif özelliklerinden etkilenmektedir. Yanmanın meydana gelmesinde piroliz olayı, yani o maddenin ısı enerjisi ile parçalanması sırasında aç ı a çıkan parçalanma ürünlerinin cinsi büyük önem ta ımaktadır. Bir tekstil ürününe dı arıdan ısı verildi inde, parçalanma (piroliz) belli adımlar üzerinden olmaktadır. Her lifin kendi moleköl yapısına göre ısı enerjisi ile parçalanması ve piroliz basamakları farklı olmaktadır.

2.2.2.1. Lif tipi

Lifin kimyasal yapısı, yanıcılı ı etkileyen önemli bir lif karakteristi idir. Lifler farklı kimyasal yapıya sahiptir ve kimyasal yapılarındaki farklılıklar sebebiyle ısı ya da açık aleve maruz kaldıklarında farklı davran ı göstermektedir. Buna göre yanma özellikleri bakımından konvansiyonel tekstil lifleri dört gruba ayrılmaktadır:

1. Normal yanıcı lifler: Do al ve rejenere selüloz lifleri (pamuk, viskon, asetat, triasetat,) bu gruptadır. Liflerin yapısı temel olarak, karbon (C), yanma e ilimli hidrojen (H) ve yanıcı oksijenden (O) olu maktadır. Yanıcı ve yakıcı içeri i bu liflerin yanmasını kolayla tırmaktadır.

2. Az Yanma E ilimli Lifler: Azot (N) içeren protein lifleri (yün, ipek) bu gruptadır. Azot yanmayı desteklemedi i gibi, yanmamaktadır. Bu sayede lifler çok zor yanmaktadır. Karbon (C) ve Azot (N) içeren yapı alev önleyici etki göstermektedir. Eriyerek yanan liflerden olan, poliester, poliamid ve modakrilik gibi sentetik lifler bu gruptadır. Dü ük erime ve yumu ama sıcaklı ına sahip bu lifler,

yanıcı olmalarına rağmen erimeleri sebebiyle damlayarak sönebildikleri için bu grupta yer almaktadır.

3. yice Az Yanma E ilimli Lifler: Aromatik poliamid, Poliamidimid, PTFE, PVC gibi özel sentetik lifler bu gruptadır. çeriklerindeki halojenler güç tutu ur özellik göstermektedir.

4. Yanmayan lifler: Borkarbid, cam lifleri, karbon lifleri ve metal lifleri yapıları itibariyle yanmaz özellik gösterdikleri için bu gruptadır (Kutlu, 2002; Atak, 2006).

Bazı liflerin yanma özellikleri çizelge 2.2. ve çizelge 2.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Bazı liflerin yanma özellikleri (Gülen, 2009).

| Lif | Tutu ma kolaylı 1 | Yanma hızı | Kendi kendini söndürme | Erime | Duman yoğunluğu | Yanma sırasında ortaya çıkan zehirli ürünler | | |
|--------------|-------------------|------------|------------------------|----------|-----------------|--|-----|-----------------|
| | | | | | | CO | HCN | Di er |
| Pamuk | Kolay | Hızlı | Hayır | Hayır | Hafif | X | - | - |
| Yün | Geç | Yavaş | Genellikle | Hayır | Orta | X | X | - |
| Rayon | Kolay | Hızlı | Hayır | Hayır | Hafif | X | - | - |
| Naylon | Kolay | Yavaş | Hayır | Evet | Hafif | X | X | NO ₂ |
| Poliester | Kolay | Yavaş | Hayır | Evet | Orta | X | - | - |
| Polipropilen | Kolay | Hızlı | Evet | Evet | Hafif | - | - | - |
| Akrilik | Kolay | Orta | Hayır | Yumu ama | A ır | X | X | - |
| Aramid | Zor | Çok yavaş | Evet | Yumu ama | Hafif | X | - | - |
| Poliamid | Zor | Çok yavaş | Evet | Evet | Hafif | - | - | - |
| PBI | Zor | Çok yavaş | Evet | Hayır | Hafif | - | - | - |

Çizelge 2.3. Ba lıca tekstil liflerinin yanma sonrası durumlarının kar ıla tırılması (Kadolph and Langford, 2002).

| Lifler | Aleve yakla tırılırsa | Aleve temas ederse | Alevden uzakla tırılırsa | Kül | Koku |
|--|---------------------------------|---------------------------|--|------------------------------------|---------------|
| Selüloz Pamuk Keten Lyocell Rayon | Erimez ya da çekmezler | Gri duman çıkararak yanar | Alev aldıktan sonra yanmaya devam eder | Gri, tüylü, yumu ak kenarlı | Yanmı Kâ it |
| Protein pek Yün | Kıvrılarak alevden uzakla ırlar | Yava yava yanar | Alevi kendili inden söndürebilir. | Ezilebilir siyah kül | Yanmı saç |
| Asetat | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Yanmaya ve erimeye devam eder. | Sert ve kırılabilir, siyah taneler | Buruk |
| Akrilik | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Yanıp erimeye devam eder. | Sert ve kırılabilir, siyah taneler | Kimyasal koku |
| Cam | Reaksiyon vermez | Yanmaz | Reaksiyon vermez. | Lif kalıntıları | Hiçbir ey |
| Modakrilik | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Beyaz dumanla alevi söndürür | Sert ve kırılabilir, | Kimyasal koku |
| Naylon | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Alev kendili inden sönebilir. | Koyu gri veya kahverengi taneler | Kereviz gibi |
| Olefin | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Alev kendili inden sönebilir. | Koyu kahverengi | Kimyasal koku |
| Poliester | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Alev kendili inden sönebilir. | Koyu yanık Kahverengi taneler | eker kokusu |
| Saran | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Alevi söndürür | Koyu yanık Kahverengi taneler | Kimyasal koku |
| Spandex | Erir ve alevden ayrılır | Erir yanar | Yanıp erimeye devam eder | Yumu ak siyah kül | Kimyasal koku |

Tekstilde a ırlıklı olarak kullanılan lifler genelde normal yanıcı olan yani 1. grup lifler ve yanma e ilimi nispeten az olan 2. grup liflerdir. Bu liflerden yapılmı tekstil ürünleri ise bir yangında en büyük risk faktörünü olu turmaktadırlar (Çoban, 1999).

2.2.2.2. Kuma konstrüksiyonu

Tekstil ürünleri örme, dokuma, nonwoven gibi çe itli konstrüksiyonlarda bulunmaktadır. Kuma içinde gerçekleştirilen ısı transferinin büyüklü ü, ısı kayna ından olan ısı akımının sıcaklı ına ve kuma ın kalınlı ı ve gramajı ile dengelenen kuma ın ısı iletkenli ine ve radyasyon transferine ba lıdır. Termal direnç, kuma kalınlı ı ile yakla ık olarak direkt orantılıdır (Özcan, 2002). Dü ük gramajlı ve büyük yüzeyli konstrüksiyonlarda yanma hızlı olurken, gramajlı ve kompakt yapıya sahip iç hacimleri küçük tekstillerde yanma daha yava olmaktadır (Ömero ulları, 1996).

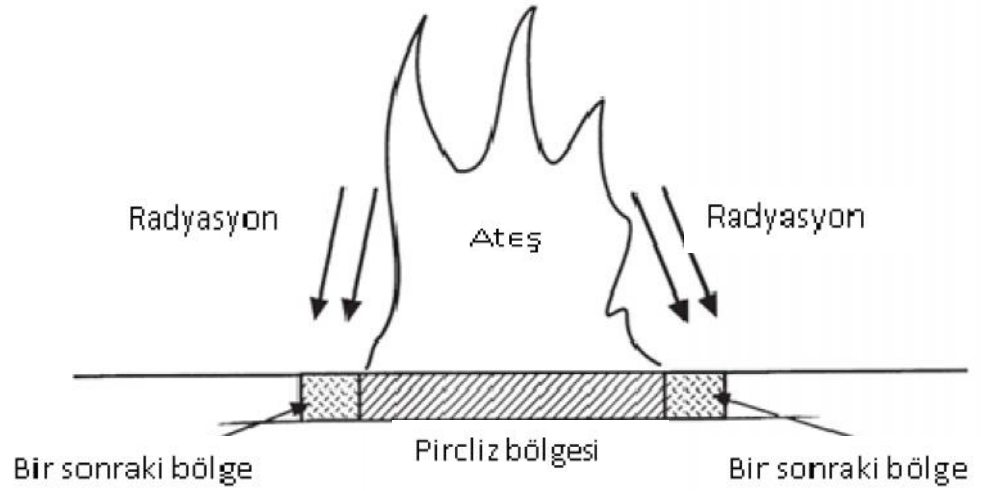
2.2.2.3. Oksijen konsantrasyonu

Tüm maddelerin yanabilirli i oksijen konsantrasyonunun artı ı ile önemli miktarda artmaktadır. Ancak malzemelerin oksijene kar ı hassasiyeti tahmin edilememektedir. Ço u durumda oksijen konsantrasyonundaki artı , alev yayılma hızında da benzer artı a sebep olmaktadır. Bu sebeple kuma yanıcılı ı birçok ara tırmacı tarafından sadece sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) metodu kullanılarak ara tırılmı tır (Özcan, 2002).

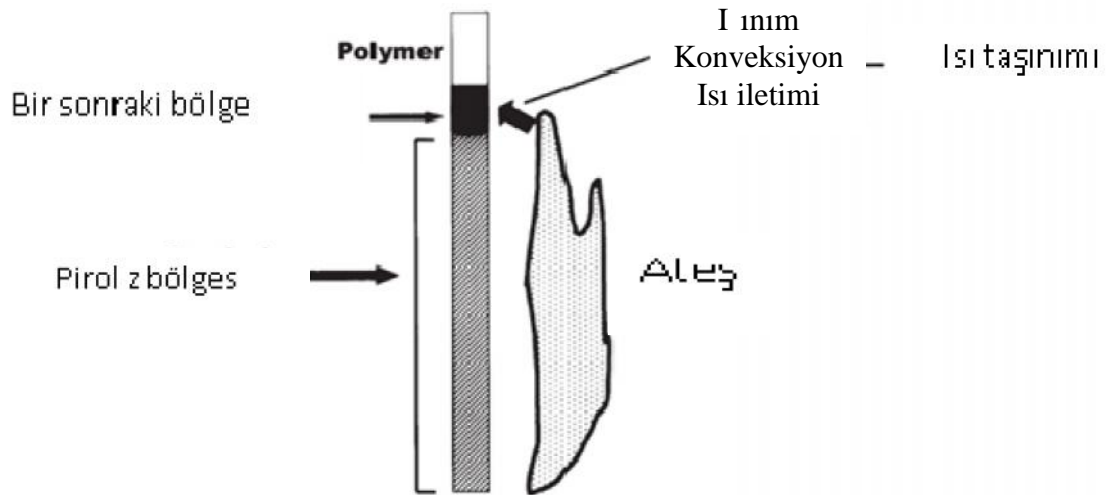
Azot-oksijen karı ımı içinde elyafın kontrollü olarak tamamen yakılması için gerekli olan minimum oksijen oranı LOI de eridir. Test yapılacak olan lifler yukardan a a ıya do ru dik olarak yakılmaktadır. Yanma sonunda gerekli olan oksijen miktarı lifin yanma karakterini belirlemektedir. Dü ük LOI de erleri test yapılacak liflerin çok kolay yanıcı oldu unu belirtmektedir. Di er bir ifadeyle; yanma için gerekli oksijen miktarı azaldıkça, liflerin tutu ma özellikleri artmaktadır (Ömero ulları, 1996).

2.2.2.4. Kuma konumu

Yatay alev yayılımı nispeten yavaştır. Çünkü alevin yanındaki materyal yalnızca a a 1 yönde 1 nımsal iletim ile desteklenen gaz fazında ısı iletimi ile ısıtılmaktadır. Erken büyüme fazı boyunca, yanma ilk tuttu an nesne ile sınırlıdır. (ekil 2.7.) Alev 1-2 m'den fazla yükseldi inde, yakındaki nesnelere metrelerce uzaklıkta olsa da 1 nımsal ısı transferi önemli hale gelmektedir (ekil 2.7) (Hull and Stec, 2009).



Yukarı do ru alev yayılması (ekil 2.8.) daha hızlıdır çünkü 1 nımsal, ısı iletimi ve konveksiyon ekinde ısı transferi gerçekleşmektedir.



ekil 2.8. Dikey alev yayılması (hızlı) (Hull and Stec, 2009).

Alev yakınındaki nesnelere, ısı transferi sonucunda çoklukla bozunmakta, pirolize uğramakta ve daha sonra kendiliğinden tutulmaktadır. Alev tavana ulaştığında tavan boyunca yayılmakta ve ısı akımı odadaki diğer nesnelere doğru önemli ölçüde arttırmaktadır. Sonra, bu nesnelere odayı tutturucu veya patlayıcı özellikte bir yakıt-hava karışımı ile doldurarak pirolize uğramaktadır. Bu olay gerçekleştiğinde ise patlamayla sonuçlanmaktadır. Bu noktada alevin yayılma hızı, balama hızından fazladır ve bundan sonra yangın kontrol edilemez duruma gelmektedir. Yanma, yakıt tükenene kadar devam etmektedir (Hull and Stec, 2009).

2.2.2.5. Diğer parametreler

Yanma davranışları lif tipi ve lif karışımlarının yanı sıra, tuturma kaynağının yapısı ve kumaşa çarpma süresi, kumaş oryantasyonu, tuturma noktası (kumaşın kenarı, yüzü, altı veya üstü), çevre sıcaklığı, balama nem ve havanın akma hızı gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Ayrıca iplik yapısının ve geometrisinin yanma davranışına etkisi konusunda yapılan çalışmalarda, farklı iplik büküm yöntemlerinin ipliklerde farklı yanma direncinin oluşmasına sebep olduğu belirtilmektedir (Horrocks ve Price, 2001).

Karışımlar için ise, karışımı oluşturan lif cinslerine ve oranlarına göre kumaşın yanıcılığı etkilenmektedir. Özellikle pamuk-sentetik lif karışımlarında, sentetik lifin eriyip damlama özelliği, kumaşın yanması esnasında iskelet etkisi göstererek yanmanın devamlılığını ve hızını arttırmaktadır. Bununla birlikte, kumaşın dokusu (dokuma, örme, nonwoven gibi), gramajı, yüzey düzgünlüğü, geçirdiği kimyasal terbiye işlemleri de kumaşın yanıcılığını etkileyen faktörlerdendir (Kalin, 2008).

2.3. Güç Tuturluk

İngilizce'de Flame Retardancy veya Flame Resistance yani alev geciktirici, alev dirençli olarak tanımlanan güç tuturluk, kısaca FR olarak sembolize edilmektedir. Güç tuturluk, alevden korumasız lama kabiliyetidir. Tekstil maddesi, alev kaynağına maruz bırakıldığında tutulmuyor ya da tutulsa bile alev kaynağı uzaklaştırıldığında fiziksel ve kimyasal dehidrikler olmasına rağmen sönüyor ise güç tuturluk olarak tanımlanmaktadır (Horrocks and Anand, 2000; Calamari and Harper, 1994).

Güç tutu ur tekstil endüstrisi; üretim teknolojisi, çevre dostu, toksik olmayan ve tekstillerin konfor özelli ini tamamlayıcı güç tutu urluk sistemlerinin üretilmesi ekinde olmaktadır (Günsal, 2007).

2.3.1. Tarihsel geli im

Zaman zaman güç tutu urluk terimi, yanmazlık terimi ile karı tırılmaktadır. Güç tutu urluk yakma kayna ı uzakla tırıldıktan sonra yanma i leminin devam etmemesi ancak maddenin fiziksel ve kimyasal yönden de i mesi olarak tanımlanmaktadır. Bir tekstil ürününün güç tutu ur olarak adlandırılabilmesi için; yandı nda mümkün oldu unca az enerji aç ı a çıkarması, tutu turulması için de olabildi ince fazla enerjiye ihtiyaç duyulması gerekmektedir. Literatürde Flame (fire) proof olarak geçen yanmazlık ise; maddenin yanmaya kar ı tamamıyla direnç göstermesi , ekstrem sıcaklıklara ısıtıldı nda bile maddede önemli de i iklikler olmaması anlamına gelmektedir. Asbest ve nomeks buna iyi birer örnektir (Çoban, 1999; Calamari and Harper, 1994).

Güç tutu ur tekstil mamulleri ihtiyacı ve bunlar ile ilgili çalı malar yüzyıllar öncesine dayansa da, mamullerin kullanım alanlarındaki artı 20.yy'ın ikinci yarısından itibaren gerçeikle mi tir.

Aeneas'ın oduna yanma dayanımı vermek için sirke ile muamele edilmesini tavsiye etti i, selülozik maddeler ile ilgili düzenlemeler 4. yy.dan daha öncelere dayanmaktadır.

Claudius yıllıkları kayıtlarına göre M.Ö 83 yılında, ap çözeltisiyle, Piraeus ku atmasında kullanılan ah ap kuleler yangına kar ı korunmu tur.

Tekstillerin güç tutu urlu u ile ilgili ilk referans makale 1638'de Sabattini'nindir ve renklendirmede kullanılan kil ve alçı pigmentlerinin yanmayı önlemede kullanılmasını önermi tir.

1735'te Obadiah Wyld ap, demir sülfat ve boraks maddelerini karı tırıp selüloza kar ı güç tutu urluk maddesi olarak kullanımı ve ngiltere'de patentini almı tir. İlk sistematik çalı ma, 1821 yılında Fransa'da Gay-Lussac'ın, keten ve jüt kuma na amonyum fosfat, amonyum klorür ve boraks maddelerini karı tırarak olu turdu u güç tutu urluk apresini uygulamasıdır.

Kuma lar için ilk ba arılı yıkama dayanımlı apre, Perkin tarafından kalay oksidin kuma a uygulanmasıyla gerçekle tirilmi tir. Bu kuma için için yanma e iliminde olmakla birlikte kuma ı tamamıyla tüketmeye kar ı dirençliydi.

kinici dünya sava ı sıralarında, askeri laboratuvarlarda e itli inorganik maddelerle ve i lem prosesleriyle çalı malar gerçekle tirilmi tir. Sava sonrasında tekstil maddelerinin geç yanmasına olan önem ve dikkat büyük bir oranda artmı tir. 1966'da "Yanma ve Güç Tutur Kuma " konferansıyla önemi bir kez daha vurgulanmı tir. 1967'de ise birçok alanda oldu u gibi tekstil alanında da "Tutabilir Kuma lar Yasası" de i tirilerek bu konudaki arnameler düzenlenmi tir. Yanma standartları ticaret departmanı tarafından kabul edilmi ve federal ticaret güvenlik komisyonu tarafından uygulanmı tir (Weil and Levchik, 2008; Calamari and Harper, 1994).

kinici dünya sava ı yıllarında insanların güvenli i için, günümüzden daha fazla önem atfedilen güç tutur malzemelerin geli tirilmesi sebebiyle; 1950 -1980 yılları arası güç tutururluk ara tırmalarının en verimli dönemi olarak kabul edilmektedir. 1950 yılında pamuklu giysiler için organofosfor esaslı dayanıklı güç tutururluk maddelerinin ilk patentleri alınmı ve bunlar da günümüzdeki çapraz ba lı tetrakishidroksimetil fosfonyum tuzu ve N-alkil fosfonopropiyonamid türevleri esaslı güç tutururluk maddelerinin ortaya çıkmasına öncülük etmi tir.

1980-1990 yılları arasında, güç tutururluk sa layan yeni kimyasallar ile ilgili çok az yeni ara tırma yapılmı tir. Bu dönemde, bazı güç tutururluk ürünlerinin bazı çevresel problemlere yol açtı ı fark edilmi tir. ngiltere'de dö emelik kuma ların sigara tuturmasına kar ı gösterdi i direnç ile ilgili olarak 1980-1983 yılında düzenlemeler hazırlanmı tir. 1988'de yeni düzenlemeler getirilmesi ile her kuma a uygulanabilen kaplama teknolojisinde (back-coating), halojen içerikli bile iklerin kullanımı ön plana çıkmı tir ve özellikle dekabromodifenileter (decaBDE) gibi brom bile iklerin yarattı ı ekolojik etkiler ortaya çıkmı tir (Horrocks, 2010).

ABD'nin ocuk pijamaları ile ilgili düzenlemesi ve güç tutururlu i i kıyafetleri ihtiyacı sebebiyle 20. yüzyıl ortalarında Albright & Wilson (UK), Hooker Chemical Co., Ciba gibi firmalarda özellikle pamuklu kuma larda yıkamaya dayanıklı güç tutururluk üzerine önemli çalı malar yapılmı tir (Weil and Levchik, 2008).

Güç tutururluk ülkeden ülkeye farklı öneme sahiptir. Amerika için çok önemli olup hayat kurtaran ürünler olarak kabul edilmektedir. ngiltere de ev

tekstili için zorunluluk var iken, Avrupa ülkeleri çevre ve sa lık etkileri sebebiyle bu konuya daha dikkatle yakla maktadır. (Çelebi, 2009).

2.3.2. Güç tutu urluk stratejileri

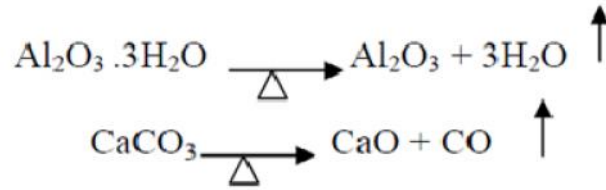
Ate i fiziksel olarak bloke edenler ve alternatif kimyasal reaksiyonlar ile malzemenin yanmasını durduran yöntemler genel olarak 3'e ayrılmaktadır:

2.3.2.1. Fiziksel etki

Fiziksel etki ile parçalanma prosesini geciktirmek için çe itli yollar bulunmaktadır:

- **So utma**

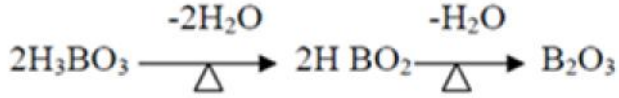
Güçlü endotermik reaksiyonlar sonucu termal olarak ayrı abilen maddelerin lif içerisinde kullanılması bu yöntemin temelini olu turmaktadır. Bu reaksiyonlar sayesinde yeterli ısı absorplanabilirse, lifin piroliz sıcaklığı na ula ılması engellenmi olacak ve yanma gerçekleşmeyecektir. Alüminyum hidroksit, alüminyum trihidrat ve kalsiyum karbonat bu maddelere örnek olarak verilebilir. ekil 2.9.'da Alüminyum trihidrat ve kalsiyum karbonatın endotermik olarak parçalanması gösterilmektedir.



ekil 2.9. Endotermik yıkım reaksiyonları (Schindler ve Hauser, 2004).

- **zolasyon tabakası olu turma**

Piroliz sıcaklığı nın altındaki sıcaklıklarda lifi çevreleyen yalıtım katmanı olu turulabilmektedir. Borik asit ve hidratlanmı tuzlar bu yakla ıma örnektir (ekil2.10). Bu bile ikler ısıtıldı ı zaman, dı arıya su buharı vermektedirler. Bu ekilde lif yüzeyini camsı hale getirip, lifin hava ile temasını azaltarak güç tutu ur etki kazandırılmaktadır.

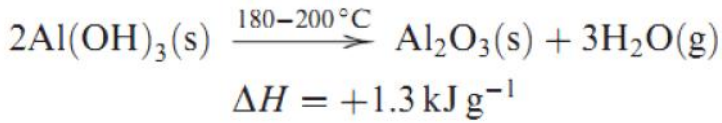


ekil 2.10. Camsı yüzey (Schindler ve Hauser, 2004).

- **Seyreltme**

Su buharı veya karbondioksit (CO₂) salınımı sayesinde, yanma bölgesindeki radikaller, yanıcı gazlar ya da oksijen seyreltilerek güç tutu urluk etkisi sa lanabilmektedir.

Ençok kullanılan güç tutu ur maddelerinden biri olan Alüminyum hidroksit (Al(OH)₃) endotermik reaksiyonu (ekil 2.11.) sayesinde ortamdan ısı uzakla ır, su buharı ile radikaller, oksijen ve yanıcı gaz konsantrasyonu azalırken olu an alüminyum oksit (Al₂O₃) koruyucu bir izolasyon tabakası olu turmaktadır. Bu maddenin efektif olması için yüksek miktarlarda (%70'e kadar) kullanılması gerekebilmektedir.



ekil 2.11. Alüminyum hidroksitin fiziksel etkisi (Hull and Stec, 2009).

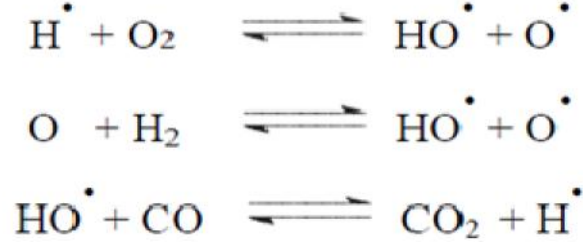
2.3.2.2. Kimyasal etki

- **Gaz fazında reaksiyon**

Yanmanın devamı için gerekli ısı serbest radikal reaksiyonları tarafından sa lanmaktadır (ekil 2.12.). Halojen, fosfor, antimon içeren bile ikler, piroliz sırasında olu an OH radikallerini yakalayarak bunların hızlı oksitlenmesini engellemekte ve yanma için gerekli olan ısıyı azaltmaktadır.

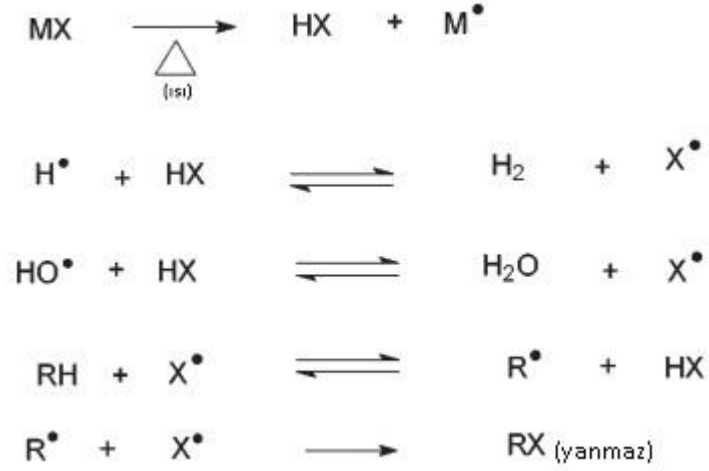
Yüksek sıcaklıkta güç tutu ur maddelerden ortaya çıkan brom (Br) veya klor (Cl), polimerlerin parçalanması ile meydana gelen OH ve H radikalleri ile reaksiyona girerek HBr veya HCl olu turmaktadır. Bu bile ikler de H ve OH radikalleri ile reaksiyona girerek su olu turur ve gaz fazında sistemin so umasını

sa lamaktadır (Schindler and Hauser, 2004). Fakat bu durumda CO gibi kısmen yanmı ve yanmı gazlardaki toksisiteyi arttıran, toksik, tahri edici, dü ük termal kararlılıkta, metaller için a ındırıcı yan ürünler olu abilmektedir (Hull and Stec, 2009).



ekil 2.12. Serbest radikal yanma reaksiyonu (Schindler and Hauser, 2004).

ekil 2.13.'te görüldü ü gibi yüksek sıcaklıkta güç tutu ur maddelerden ortaya çıkan HBr veya HCl, H ve OH radikalleri ile reaksiyona girerek su olu turmakta ve gaz fazında sistemin so umasını sa lamaktadır (Schindler ve Hauser, 2004).



ekil 2.13. Holojen (X) içeren madde (M) ile serbest radikaller arasındaki reaksiyonlar. R organik kalıntıdır (Schindler ve Hauser, 2004).

- **Katı fazında reaksiyon**

Daha az yanan uçucu madde eldesi ve daha çok kül olu turmak için piroliz mekanizması fosfor içeren güç tutu urluk sa layıcı maddelerle de i tirilebilmektedir. Termal bozunma sırasında olu an fosforik asidin, hidroksil

grupları içeren polimerlerle çapraz bağ yapması sonucu, dı arıya daha az miktarda yanıcı ürün bırakılmaktadır (Schindler and Hauser, 2004).

Bazı güç tutu ur maddeler ise polimer zincirinin kırılmasına ve sıvı ekleinde eriyerek yanan bölgeden uzakla masını sa lamaktadır. Bazı durumlar damlamanın oldu u yerde yanma meydana gelebilmektedir.

- **Kömürle me (Char)** Fosfor bazlı ve di er bazı güç tutu urluk maddeleri, polimerin kenar zincirlerini uzakla tırarak polimerde çift ba lar ve dolayısıyla aromatik halkalar olu turması sayesinde malzemenin yüzeyinde karbon bazlı kömürle me tabakası olu turur ve yanıcı gazların aleve ula masını aynı zamanda ısı ve havanın polimerin yüzeyine ula masını engellemektedir. Bu kömürle me (char) tabakası eksik yanma ürünleri ve duman olu umunu da azaltmaktadır.

- **ntumesans (Intumescence)** Ate e maruz kaldıklarında, uçucu olan güç tutu urluk maddelerinin birle imi yüzeyin hemen arkasında, koruyucu tabakanın altında ısı, oksijen ve piroliz ürünlerine kar ı iyi izolasyon sa layan, i mi bir karbonlu bir köpük olu turmaktadır. Bu teknoloji metal ve a aç yapıların korunması için de kullanılmaktadır (Hull and Stec, 2009). ntumesans malzemeler formülasyonunda, genelde bir kömür olu turucu aracı, kömür olu umu için bir katalizör ve köpüren bir aracı bulunmaktadır. Bazen birden fazla bile en içeren bu mekanizmaların birle imi boyunca kar ılıklı etkili olan yöntemlerin kullanımı istenmektedir. Buna çok iyi bir örnek melamin fosfatlardır, bu madde aynı zamanda kömür, katalizör ve köpüren madde olarak üç görevde yer almaktadır (Lu and Hamerton, 2002).

2.3.2.3. Polimer nanokompozitler

Boyutları birkaç on nanometre olan dolgu malzemeleri (filler) içeren polimerik materyaller, güç tutu urluk ara tırmalarında çok geni çapta çalı ma alanı yaratmı lardır. Dolgu malzeleri unları sa lamaktadır:

- Bariyer tabakası olarak organik kömürle meyi desteklemekte,
- Kömürle me reaksiyonları için katalitik bir yüzey sa lamakta,
- Polimerin yapısal rijitli ini kuvvetlendirmekte,
- Polimerin tutu ma sıcaklı ındaki erime özelliklerini de i tirmekte,
- Polimer ile güç tutu ur madde arasında yakın bir temas sa lamaktadır.

Polimer-kil nanokompozitler üzerine ara tırmalar bulunmaktadır. Son zamanlarda ise potansiyel güç tutu urluk özelliklerine sahip, tek veya çoklu duvar yapısına sahip karbon nanotüpler ve di er nano yapıdaki dolgu maddeleri üzerine ara tırmalar yapılmaktadır. (Hull and Stec, 2009).

Çizelge 2.4.'te katı faz ve gaz fazın mekanizmalarının karşılaştırılması görülmektedir. (Schindler and Hauser, 2004; Kutlu, 2008)

Çizelge 2.4. ki önemli güç tutu urluk mekanizmasının kar ıla tırılması (Schindler and Hauser, 2004; Kutlu, 2008).

| Mekanizmanın türü | Katı faz | Gaz fazı |
|-------------------------------|---|--|
| çerdi i kimya türü | Piroliz kimyası | Alev kimyası |
| Sinerjizm türü | P\N | Sb\Br yada Sb\CI |
| Etkili oldu u lif türü | Asıl olarak selüloz, ayrıca yün kömür olu turmak için dehidratasyonu katalizler | Tüm lif türleri, çünkü tümünün alev kimyası aynıdır(radikal transfer reaksiyonları) |
| Özellikleri | Çok etkilidir, çünkü dehidratasyon ve karbonizasyon, yanıcı uçucu maddelerin olu umunu azaltır. | Binder kullanılarak uygulanması tutum ve dökümlülük gibi tekstil özelliklerini de i tirir, ancak dö emelik ya da halılar gibi arka tarafı kaplanan ürünler için tercih edilir. |
| Uygulama süreci | Dayanıklı güç tutu urluk için çok adımlı i lemler gerektirir. | Standart kaplama i lemleri uygulanır, ancak viskozite kontrolü önemlidir. |
| Çevre, zehirlilik | Dayanıklı güç tutu urlukta, kondenzasyon boyunca ve sonrasında formaldehit emisyonu, atık suda fosfor bile ikleri | Antimonoksit ve organik halojen içeren maddeler (DBDPO ve HCBC) sorunlu maddelerdir. (Örne in polihalojenlenmi dioksin ve furan olu tururlar) |

2.3.3. Güç tutu ur tekstil mamullerinin eldesi

Güç tutu ur tekstil ürünleri 4 farklı yöntem ile elde edilebilmektedir. Bu yöntemler tek ba ına kullanılabildikleri gibi daha iyi etkiler elde etmek için birbirleriyle de kombine edilebilmektedir (Kalın, 2008; Tarakçio lu, 1986; Horrocks et al., 1992):

2.3.3.1. Organik ve inorganik ısıya dayanıklı lif kullanımı

Parçalanması için yüksek enerji gereken, yüksek ba enerjisine sahip moleküllerin olu turdu u organik ve inorganik lifler kullanıldı nda çok yüksek sıcaklıklarda bile bu lifler bozulmadan kalabilmektedir. Yapısında aromatik

halkaların bulunması durumunda liflerin ısıya karşı dayanımları artmaktadır (Kalın, 2008). Bu lifler oldukça pahalıdır. Bunun yanı sıra cam liflerinin tekstil özellikleri yeterince gelişmiş değildir (Çoban, 1999).

Yüksek basınç enerjisine sahip, yapısı itibariyle güç tutucu olan bu lifler şunlardır:

- Asbest lifleri
- Cam lifleri
- Karbon lifleri
- Semi-karbon lifleri
- Polibenzimidazol (PBI) lifleri
- Teflon – Politetrafloretilen (PTFE) lifleri
- Polivinilklorid (PVC) lifleri
- Aramid lifleri
- Poliamid-imid lifleri
- Fenolik lifler
- Kyrol lifler
- Polifenilensülfid (PPS) lifleri
- Poliakrilat Lifleri

(Cireli, 2000).

2.3.3.2. Sentetik liflerde kimyasal modifikasyon ve kopolimerizasyon

Lifleri güç tutucu hale getirmek için kimyasallarla reaksiyona sokarak kimyasal yapılarını değiştirmesi, kimyasal modifikasyon; biri güç tutucu olan monomerlerin polimerleştirilmesi ise kopolimerizasyon olarak tanımlanmaktadır. Polimer zincirine dahil olan güç tutucu elementleri sayesinde polimer, yapısı itibariyle güç tutucu özellik göstermektedir (Özcan vd., 2004).

Bu yöntemle elde edilen güç tutucu liflere örnek olarak;

- Akriklik / Modakriklik Lifleri
- FR Viskoz Lifleri
- FR PET Lifleri

- FR Nylon Lifleri
- FR Yün Lifleri
- Güç Tutu ur Selülozik Lifler
- Durvil
- Karvin

(Cireli, 2000).

2.3.3.3. Lif çekimi sırasında güç tutu urluk maddesi ekleme

Fosfor, antimon oksit, halojen, alüminyum hidrat, magnezyum hidroksit, borik asit gibi güç tutu urluk maddeleri, düzeden lif çekilmeden önce eriyik içine karı tırılmaktadır. Güç tutu urluk maddesinin reaksiyon sıcaklı ı lifin piroliz sıcaklı na yakın olursa etkili bir güç tutu urluk sa lanmı olmaktadır (Özcan vd., 2004).

Bu liflerin üretiminde, renkli liflerin olu ması, bazı terbiye özelliklerinin de i mesi ve liflerin zarar görmesi gibi olumsuzluklar meydana gelebilmektedir (Çoban, 1999).

Bu yöntemle elde edilen güç tutu ur lifler ve kullanılan güç tutu urluk maddeleri unlardır:

- Poliamid lifleri → hegzakloro siklopentadien, klorlu difenil ya da klorlu difenil
- Akrilik lifleri → tris(2,3-dibromo-propil)fosfat, trialkil fosfat ve Sb406 ve halojen karı ımları
- Poliester lifleri → dimetilfosfit ve tris (2,3- dibromopropil) fosfat

(Tatlı, 2007).

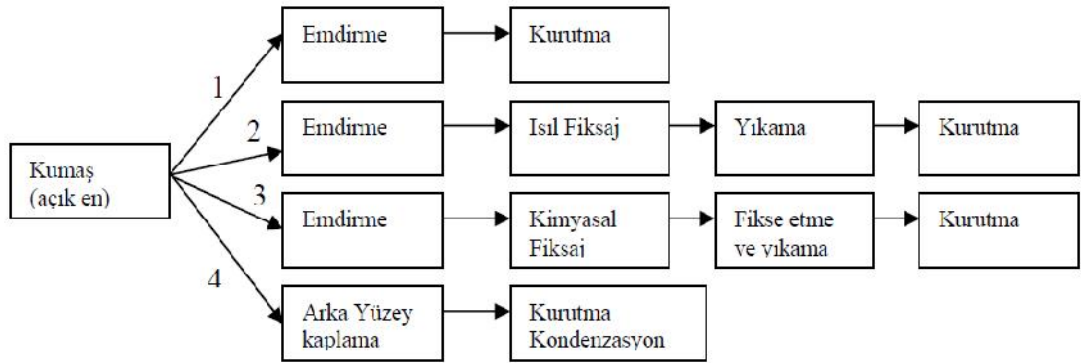
2.3.3.4. Kuma ın güç tutu urluk sa layan kimyasallar ile i lem görmesi

Tekstil terbiyesinde kullanılan güç tutu urluk maddeleri; kimyasal yapılarına göre ya da kuma ile aralarında olu an ba lara göre reaktif olmayan ve reaktif olan eklinde genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Genelde tuz bazlı olan organik ve inorganik güç tutu urluk maddeleri reaktif olmayan gruba dahildir.

Ucuz olan bu güç tuturluk maddeleri yıkama banyosunda çözünüp çözünmediğine göre yıkamaya dayanıksız ya da yarı dayanıklı olarak sınıflandırılmaktadır. Kumaşlar ile kimyasal bağ yapan reaktif güç tuturluk maddeleri kumaşa muamele edildiğinde standart ev tipi yıkamaya dayanıklı güç tuturluğa etkisi elde edilmektedir (Özcan vd., 2004).

Kaplama, fulard, köpük veya sprey yöntemleri ile aplikasyonu yapılan güç tuturluk maddeleri; uygulandığı materyalin cinsine, lif yapısına, ağırlığına, dokuma yapısına, elyaf kombinasyonlarına, yıkamaya veya kuru temizlemeye dayanıklılıklarına göre farklılık göstermektedir. Uygulama yöntemleri, kullanım yerine veya tekstil materyaline göre değişmektedir. Kaplama yapılmıktansa fulardda emdirme yöntemi ile aplik edilen güç tuturlu malzemelerinin verimlilikleri; kimyasal madde, en iyi performansını kumaş içine penetre olduğu anda ortaya koyacağı için, artmaktadır (Çelebi, 2009).

Bağırlı bir güç tuturluk bitim işleminin açık en kumaşlara uygulanmasında dört farklı işlem adımı bulunmaktadır. Bunlar Şekil 2.14'te gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Güç Tuturluk Bitim İşlemlerinin Açık En Kumaşlara Uygulama Aşamaları (Horrocks ve Price, 2001).

2.3.4. Tekstil materyallerine güç tuturluk özelliği kazandırılması

Bir sistemin yanma reaksiyonuna girmeyen meta stabil durumdan, ilerleyen yanma durumuna geçişini tuturluğu olarak tanımlanmaktadır. Oksijen ve yanıcı gazlar, belli bir sıcaklıkta yanmayı başlatmaktadırlar. Yanmanın devam etmesi, yüzeyin ısınması için gerekli olan mevcut enerji miktarına bağlıdır. Var olan enerji ilk tutulduğu an Piroлиз ürünlerinin çevresindeki lifleri parçalamaya ve bu

parçalanmalar sonucu meydana gelecek olan yanma ürünlerini tutturmaya devam etti i takdirde yanma devam etmektedir (Bayramo lu, 2003; Çim it, 1999).

Çizelge 2.5.'te bir tekstil materyalinin yanması esnasındaki enerji verileri bulunmaktadır (Kalın, 2008).

Çizelge 2.5. Tekstil malzemesinin yanması esnasındaki enerji verileri (Kalın, 2008).

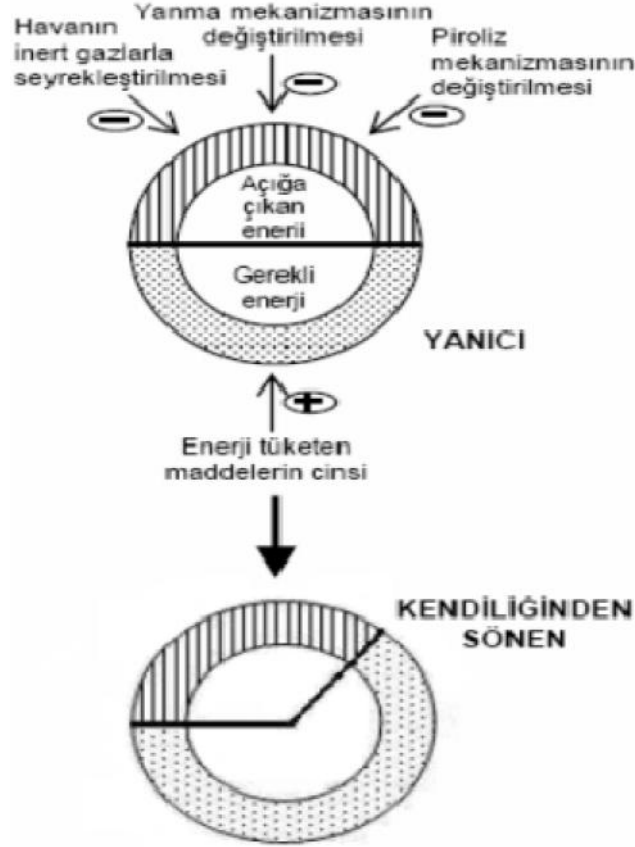
| Sıra | Durum | ~Enerji (Cal/g) |
|------|--|-----------------|
| 1 | Erime sıcaklı ına (T _m) kadar ısıtma | 70 |
| 2 | Erime ısısı | 30 |
| 3 | Parçalanma sıcaklı ına (T _p) kadar ısıtma | 50 |
| 4 | Piroliz | 600 |
| 5 | Piroliz ürünlerinin gaz haline gelmesi | 150 |
| 6 | Gazların tutu ma sıcaklı ına (T _{si}) kadar ısıtılması | 20 |
| 7 | Çevreye yayılan enerji kaybı | 1000-3000 |
| 8 | Yanma sırasında aç ı a çıkan enerji | 2000-4000 |

Buna göre 1.'den 7.'ye kadar olan basamakların toplamı olan harcanan enerji arttırılarak ve/veya 8. Adımdaki belirtilen yanma sırasında aç ı a çıkan enerji miktarı azaltılarak bir tekstil ürününü güç tutu ur hale getirilebilmektedir (Kalın, 2008).

8. sıradaki aç ı a çıkan enerji 1-7 arasındaki harcanan enerji olursa yanma meydana gelmektedir.

8. sıradaki aç ı a çıkan enerji 1-7 arasındaki harcanan enerji olursa yanma meydana gelmemektedir.

ekil 2.15.'te ise güç tuturluk kimyasallarının, yanma olayının enerji da ılımı üzerine etkileri belirtilmektedir.



ekil 2.15. Güç tuturluk sağlayan maddelerin, yanma olayının enerji bilançosunu etkileme olanakları (Kalm, 2008).

2.3.4.1. Harcanan enerjinin artırılması

Tekstil materyaline yüksek parçalanma ve buharlaşma enerjisine olan maddelerin eklenmesi sayesinde tutulma için gereken enerjinin artırılabilir. Endotermik parçalanma ve buharlaşma için gereken enerji, tutulma kaynağından alındığı için de, mamulün tutulması için gerekli toplam enerji artacak ve mamulün tutulması için yanmaya başlaması gecikecektir. Sentetik lifli kumaşlarda bu yöntemi kullanabilmek için; etki gösteren alüminyumoksit-hidrat, magnezyum silikat gibi ürünlerle kaplama ekleme uygulaması yapılmalıdır. (Kalm, 2008).

2.3.4.2. Açı a çıkan enerjinin azaltılması

- **Piroliz mekanizmasının de i tirilmesi**

Sıvı parçalanma ürünlerinin, yanmayan gazların açı a çıkması ve kömürle me miktarlarında önemli artı lar piroliz mekanizması de i tirilerek sa lanabilmektedir. Yanma sonucunda açı a çıkan ısı kömürle me kalıntıları içerisine absorblanırken, buharla an sıvı parçalanma ürünleri de ortamdaki enerjiyi dü ürmektedir. Böylece yanma soncunda ortama daha az enerji yayılmaktadır. lem görmemi bir pamukta; yanıcı olmayan ürünler, piroliz ürünlerinin sadece % 20'si iken, güç tutu urluk maddeleri ile i lem görmü pamuk liflerinde bu oran % 60-75 seviyelerine yükselmektedir (Çizelge 2.6.). Böylece kuma tutu sa bile, kendili inden sönmekte ve yangın ilerlememektedir (Çoban, 1999).

Çizelge 2.6. Pamuklu kuma ta, yanıcı olmayan ürünlerin, piroliz mekanizması de i imi ile artması (Kalın, 2008).

| Yapılan lem | Yanmayan ürünlerin %'leri | | | Toplam yanmayan ürünler (%) |
|--------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|
| | Kömürle me Kalıntısı | H ₂ O | CO ₂ | |
| lem görmemi Pamuk | 10,50 | 7,50 | 2,60 | 20,10 |
| Akaustan A (DAP) | 37,90 | 15,30 | 5,00 | 58,30 |
| Pyrovateks CP | 45,80 | 16,00 | 2,80 | 64,60 |
| AlCl ₃ | 50,10 | 18,70 | 3,91 | 72,71 |
| deal dehidratasyon | 44,40 | 55,60 | 0 | 100,00 |

Selüloz liflerinin pirolizi $(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow 6nC + 5nH_2O$ formülünde belirtildi i gibi tam bir dehidratasyon ekinde olu sa idi yanıcı gazlar meydana gelmeden yalnızca su buharı olu aca ından ve geriye karbon kalaca ından, yanma imkansız olacaktı. Ama pratik olarak böyle bir durum meydana gelmemektedir. Selülozun pirolizi ile furfural, etanol, metanol, asetaldehit gibi yanıcı maddeler de açı a çıkmaktadır (Çoban, 1999). Güç tutu urluk sayesinde, tam dehidratasyonu sa lanamayan selülozun, piroliz mekanizması bu yöne kaydırılmaktadır. Güç tutu urluk ürünlerinin ısınmaları ile olu an asitler tarafından dehidratasyon gerçekleştirilmektedir. (Kalın, 2008).

- **Yanmayı durdurucu ürünlerin kullanılması**

Sentetik liflerin pirolizleri sırasında, gaz fazında reaksiyona girme olasılıkları çok yüksek olan ve oksijen ile çok hızlı reaksiyona girebilen, (C) ve (OH) radikalleri meydana gelmektedir. Bu liflerin güç tutu urluk bitim i lemlerinde özellikle brom içeren halojen ve antiomon bile ikleri, bu (C) ve özellikle (OH) radikallerini yakalar ve oksijen ile reaksiyona girmelerini engelleyerek aç ı a çıkan enerjinin azalmasına sebep olmaktadır (Ömero ulları ve Kut, 2012).

2.3.5. Güç tutu urluk kimyasalları

Yanmayı, dumanı ve yangın sonucu ölümleri engelleyen veya azaltan güç tutu ur maddeler hayat kurtarıcı ürünlerdir. Özellikleri ve çalı ma ekilleri farklı çok çe itli güç tutu urluk maddeleri bulunmaktadır ve bu maddeler ile i lem yapılırken elyaf cinsi, elyaf kompozisyonu ve oranları, kuma a ırlı ı, kuma yapısı, tekstil materyalinin kullanım alanları ve tekstil materyaline uygulanacak test metotları ve uygulama metotları önem kazanmaktadır (Kutlu, 2008).

Çizelge 2.7.'de bazı güç tutu urluk maddeleri ve kullanıldıkları lifler verilmektedir.

Çizelge 2.7. Bazı Güç Tutu urluk Maddeleri ve Kullanıldıkları Lifler (Kutlu, 2002).

| Güç Tutuşurluk Maddeleri | Kullanıldıkları Lifler |
|--|------------------------|
| Tetrakis(hidroksimetil) fosfonyum hidroksit Tris hidroksimetil fosfor Tris(hidroksi metil fosfor oksit Tetrakis (hidroksimetil) fosfonyum amonyum hidroksit | Pamuk |
| Amonyum sülfamat | Keten |
| Organik borat fosfaz Fosfonyum tuzu Organik fosfat | Viskoz |
| Antimon-brom bileşikleri Antimon pentaoksit (O ₅ Sb ₃) İnorganik tuzlar Organik halojen Organik fosfor bileşikleri | PES/Pamuk |
| Antimon Klorlanmış bileşikler Organik halojen Organik fosfat Fosfonat | Poliester |

2.3.5.1. Yapılarına göre güç tutu urluk maddeleri

➤ Halojen içeren güç tutu urluk kimyasalları

Halojenli güç tutu urluk maddelerinin etkinlikleri, içerdiği halojene göre; $F < Cl < Br < I$ şeklinde sıralanmaktadır. C-F bağı çok kuvvetli olduğu için, C-I bağı da çok zayıf olduğu için, flor ve iyot içeren güç tutu urluk maddeleri fazla kullanım alanı bulamamaktadır (Demirel, 2007; Weil and Levchik, 2008). Isı etkisiyle hidrojen bromürün açığa çıkmasıyla, liflerinin piroliz sıcaklığına yakın olduğu için brom içeren güç tutu urluk maddeleri en etkin sonuçta kullanılmaktadır (Tarakçioğlu, 1986). Bu yüzden hemen hemen tüm polimerlerde kullanılmaktadır. Sinerjik etki yaratması amacıyla birçoğuna antimonoksit ilave yapılmaktadır (Weil and Levchik, 2008).

➤ Fosfor içeren güç tutu urluk kimyasalları

Organik yada inorganik yapıda olan; fosfinler, fosfin oksitler, fosfonyum birleşimleri, fosfonatlar, elementel kırmızı fosfor, fosfitler ve fosfatlardır. Genel olarak; basit reaktif fosfat monomerleri, lineer polifosfazenler ve aromatik devresel fosfazenler olarak 3'e ayrılırlar ve homopolimerizasyon, kopolimerizasyon, yüzey modifikasyonu ya da karışım yoluyla polimer zincirine yerleştirilmektedir.

Yapı tırcılar, kaplamalar, havacılık ve elektronik kompozitlerde yaygın kullanılan epoksi reçinelerinin güç tutu urluğunu geliştirmek için genelde yapısında azot veya oksijen bulunan polimer zincire fosfor içeren maddeler yerleştirmek en sık kullanılan yöntemlerden biridir (Kracklauer,1978).

Yanma esnasında fosforlu güç tutu urluk maddesi, piroliz ürünlerinden yoğunlaşma fazında su çekilmesiyle, fosforik asite dönüşür. Oksijen içeren polimerlerde esterle en fosforik asit kömürleşmeyi sağlamaktadır (Demirel, 2007). Bazı fosfor bileşikleri ise sentetik liflerde eriyik viskozitesini düşürerek damlamayı kolaylaştırıcı etkileri bulunmaktadır (Tarakçioğlu, 1986).

➤ Azot içeren güç tutu urluk kimyasalları

Geri dönüşüme uygun, toksik etkileri düşük olan azot içeren güç tutu urluk maddelerinin en bilineni melamin ve türevleridir. Bu güç tutu urluk sağlayan bu

maddeler; vinil ve epoksi kaplamaları, klorlu kauçuk gibi de i ik melamin fosforik asit tuzlarının olu turdu u kaplamalarda, katı PU köpü ü ya da naylon sistemlerde uygulama alanı bulmaktadırlar (Lewin, 1997).

- **Silikon içeren güç tutu urluk kimyasalları**

Az miktarda silikon bile ikleri eklenenen çe itli polimerlerde, hem izolasyon tabakası olu umu hem de radikallerin tutulması yoluyla güç tutu urluk etkileri gözlenmi tir. Çevresel etkileri fazla olmayan kil ve kaolin gibi silikon malzemelerden elde edilen organik-inorganik nano-kompozitler, ara tırma konusu olmaya ba lamı tır Bu polimerlerin ana iskeleti reaktif lineer silanlar/siloksanlar ve silseskioksanlardır (Lewin, 1997; Lu and Hamerton, 2002).

- **Bor içeren güç tutu urluk kimyasalları**

Bu grupta yer alan boratlar ve borik asitler, halojen polimer sistemleriyle iyi güç tutu urluk sa layan maddelerdir. Piroliz a amasınca CO ya da CO₂ yerine karbon olu umu ve izolasyon sa layan kömürle me tabakası olu umu sa layan bor bile ikleri, antimon oksit gibi kimyasallara göre daha az toksik ve daha ucuzdurlar.

- **Karı ık Elementler**

norganik ve Organometalik metal bile ikleri güç tutu urlukta yaygın olarak kullanılmı lardır. Pb, Sb, Ca, Si, ve Ti gibi metaller inhibitör etkisi gösterirken Mg, Cr, Mn, Sn, Ba ve U' gibi metaller, hidrojen atomlarını engelleyerek etki göstermektedir. Lif özelliklerini bozmadan ve daha az güç tutu urluk maddesi ile daha fazla güç tutu urluk etkisi sa lamak için metal elementini polimer yapısına eklemek zor bir i lemdir (Kracklauer, 1978).

2.3.5.2. Yıkama dayanıklılıklarına göre güç tutu urluk maddeleri

Güç tutu urluk etkisi sa layan maddeler, elde edilen etkilerin yıkamaya dayanıklılı ı bakımından üç grup altında incelenmektedir:

➤ **Yıkamaya dayanıksız güç tutu urluk etkisi sa layan ürünler**

- Diamonyum fosfat
- Amonyum Sülfat
- Amonyumbromür
- Aminosülfonikasinin amonyum tuzları

gibi ucuz inorganik bile ikler bu grupta yer almaktadır.

Yıkama dayanımları olmadığı için bu ürünler, az yıkanan perde dö emelik gibi ev tekstillerinde kullanılabilir. Yapıları genellikle tuz ekinde oldu u için kuma yüzeyinde kristal oluşurabilir.

➤ **Yıkamaya kısmen dayanıklı güç tutu urluk etkisi sa layan ürünler**

- **Halojen içeren bile ikler** (klorparafin, polivinilklorür gibi)

Kuma a ırlı mın %40'ı kadar uygulama gerekti i için sert tutumlu kullanılabilen çadır, branda gibi kuma lar da kullanılabilir.

- **Fosfor-Azot bile ikleri** (fosforik asit veya diamonyumfosfat ile üre, siyanamid gibi)

Sert suya dayanıksızdırlar

Bu bile ikler 40-50°C'lik birkaç yıkamaya dayanıklıdır.

➤ **Yıkamaya dayanıklı güç tutu urluk etkisi sa layan ürünler**

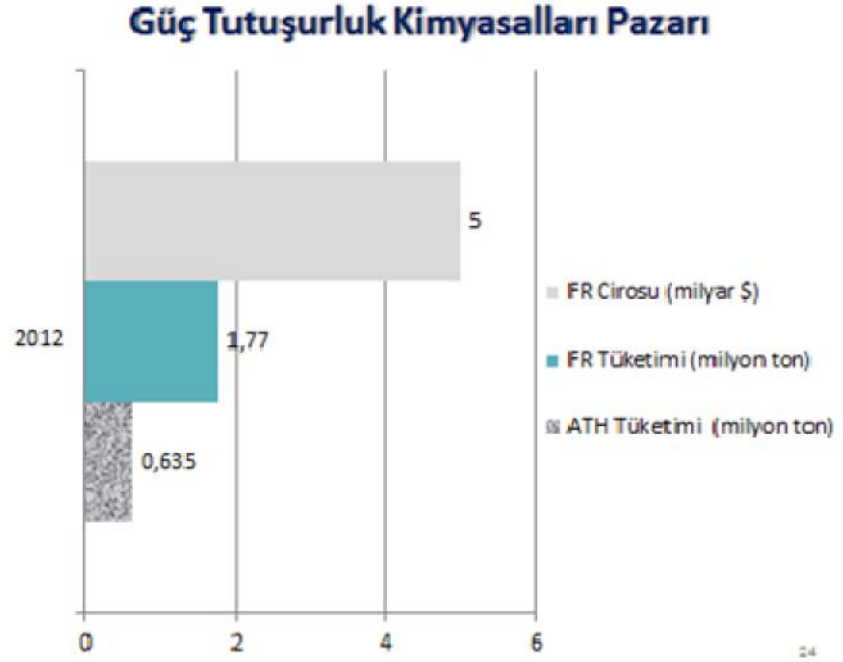
- Tetrakis-hidroksimetil-fosfonyumklorür (THPC)
- Fosfonasidi alkil türevleri
- Vinil sülfonat oligomerleri

Bu grupta yer almaktadır (Çoban, 1999).

2.3.5.3. Güç tutu urluk kimyasalları pazarı

2012 yılı istatistiklerine göre toplam 1.77 milyon ton olan güç tutu urluk maddeleri tüketiminde en büyük tüketim kalemini 635 bin ton ile alüminyum trihidrat oluş turmaktadır. Güç tutu urluk maddelerinin toplam pazar büyüklü ü ise

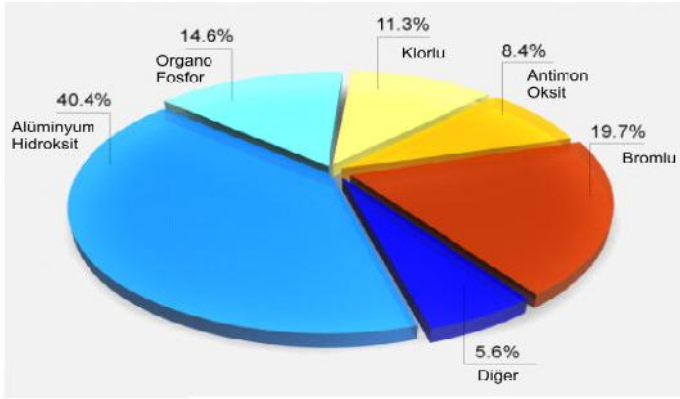
5 milyar \$'ı bulmaktadır (ekil 2.16.). Gelecek 5 yıllık büyüme beklentisi ise %5'tir (Reportlinker, 2013).



ekil 2.16. Güç tutu urluk kimyasalları pazar büyüklü ü.

Son yıllarda en fazla büyüyen güç tutu urluk madde grubu %9,5 ile fosfor bazlı bile iklerdir. Halojen bazlı güç tutu urluk maddeleri tüketimi ise Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da azalırken, di er bölgelerde artmaktadır. Tüketilen güç tutu urluk maddelerinin tüketiminde %41 ile Asya-Pasifik bölgesi birinci sırada yer almaktadır. Tüketim sektörüne bakıldı ında ise en büyük tüketim %30 ile bina sektöründe olurken, bunu elektronik ve kablo sektörleri takip etmektedir (Additives for polymers, 2011).

ekil 2.17.'de yapılarına göre güç tutu urluk maddelerinin tüketim oranları gösterilmektedir.



ekil 2.17. Güç tutu urluk kimyasallarının pazardaki kullanım oranları.
[http://www.flameretardants-\(online.com/web/en/106/7ae3d32234954e28e661e506e284da7f.htm\)](http://www.flameretardants-(online.com/web/en/106/7ae3d32234954e28e661e506e284da7f.htm))

En büyük güç tutu ur madde üreticileri sırasıyla unlardır:

1. AkzoNobel N.V. Nv
2. Albemarle Corp.
3. Almatis Gmbh
4. Amcol International Corp.
5. Ampacet Corp.
6. Amspec Chemical Corp.
7. Arkema Sa
8. Barricade International Inc.
9. Basf Se
10. Bayer Ag

(Red Orbit, 2013)

2.3.6. Güç tutu urluk elde etmek için kullanılan yeni yöntemler

Tekstil ürünlerine güç tutu urluk kazandırmak için kullanılan yeni yöntemler; nanoteknoloji, mikro kapsül uygulamaları ve plazma i lemi ile yüzey modifikasyonudur.

2.3.6.1. Nanoteknoloji

Bazı nano boyutlu malzemeler güç tuturluk sağlamak amacıyla kullanılabilir. Örneğin, inorganik-organik hibrit (IOH) nano parçacıklar, ateşlendiğinde kendini söndürebilme yeteneğine sahip, alev oluşumunu sınırlayan, düşük duman ve toksik gaz emisyonları sağlayan güç tutur polimerlerin gelişmesine olanak sağlamıştır.

Nano killer güç tuturluk özelliğini geliştirmektedir. Aktif kil, titanyum dioksit, antimon oksit ve boroksosiloksan gibi birçok nano bileşik, polimerlerin, özellikle polipropilenin güç tuturluk özelliğini geliştirmede kullanılabilir. Bunlar arasında en çok kullanılan nano bileşik, düşük maliyetli sodyum katyon de i imli aktiftir.

2.3.6.2. Mikrokapsülasyon

Mikro kapsül, sıvı etken maddenin polimerik bir duvar içerisinde hapsedilmesiyle elde edilmektedir. Mikro kapsül yapımında, ilk basamak, çekirdek maddenin polimer içerisinde mikron boyutunda da ımasını sağlayabilmek için karımayan iki sıvıdan emülsiyon yapımıdır. Kapsül içerisine güç tuturluk maddesi hapsederek ve bu oluşan kapsülü tekstil materyaline aplik ederek güç tutur tekstil ürünleri elde etmek mümkündür. Örneğin poliüretan ve fosfat kombinasyonu iyi bir güç tutur etki sağlamaktadır. Ancak fosfatın suda çözünmesi ve migrasyonu nedeniyle fosfatla yapılan güç tuturluk bitim i lemi kalıcı olmamaktadır. Bu sorunu a mak için, diamonyum hidrojen fosfat (DAHP) poliüretan (PUR) içerisine kapsüllenmiştir. Poliüretan ile mikro kapsüllenmiş fosfatın iyi derecede güç tuturluk etkisi gösterdiği belirlenmiştir.

2.3.6.3. Plazma teknolojisi

Plazma teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen yüzey modifikasyonları, tekstil materyallerine de i ik fonksiyonlar kazandırmak amacıyla uygulanmakta ve konvansiyonel yöntemlere göre pek çok avantaj sağlamaktadır. Plazma teknolojisinin diğer ya i lemlere kıyasla sağladığı avantajlar; 1. İlemin gaz fazında gerçekleştirilmesi, 2. Kuru bir proses olması (su gereksiniminin olmaması), 3. Kullanılan kimyasal madde miktarının çok az olması, 4. Kısa işlem süresi, 5. Endüstriyel ve toksik atı a sebep olmaması, 6. Tekstil materyalinin mekanik özelliklerine zarar vermemesi, 7. İlemin sadece lif yüzeyinde etkili olması ve 8.

Enerji tasarrufu sa laması olarak sıralanabilmektedir. Bu teknolojide, kimyasallar çe itli gazlar kullanarak tekstil materyaline uygulanmaktadır. Örnek olarak, oksijen ile poliester kuma a aplikasyon ya da heksametilendisiloksan ve heksametildisilanın plazma polimerizasyonu ile pamuk ve poliamid kuma lara aplike edilmesi verilebilmektedir. Ön i lem olarak plazma teknolojisinin kullanılması durumunda, bir sonraki proseste gerekli olan kimyasal miktarı ve kirlilik konsantrasyonu azalmaktadır. Plazma i lemi, materyalin güç tutu urluk özelli ini etkilemeden, güç tutu ur kimyasal kullanım oranını azalttı ndan, çevresel hassasiyetler nedeniyle kullanımı istenmeyen halojenli güç tutu ur maddelerin ya da pahalı olması sebebiyle organik fosfonat türevleri içeren güç tutu ur maddelerin kullanımında avantaj sa lamaktadır (Ömero ulları ve Kut, 2012)

2.3.7. Güç tutu urluk maddelerinden beklenen özellikler

Yanma davranı nı etkileyen önemli faktör tekstil ürününün kullanım anındaki duru eklidir. Yatay, e ik veya dikey konumda bulunması, yanmaya kar ı direncini de i tirmektedir. Ancak, kuma ın hacimli ve kabarık yapıda olması yanma özelli ini artırmaktadır. Bunun yanında, kuma ın m^2 a ırlı ı 100-150 g/m^2 sınırına kadar azaldıkça alev yayılma hızı yava , onun altında ise hızlı bir artı göstermektedir. Bu nedenle; uygulanan güç tutu urluk testleri de farklı konumlarda yapılmaktadır. Dikey konumda, örnek alt veya üst kenardan tutu turulabilmektedir. E ik konumda ise alt kenardan, alt kenarın biraz üzerinden ön veya arka yüzünden tutu turulabilmektedir (Çoban, 1999).

Tekstil ürünlerinin yanma özelli ini de i tiren di er etkenler ise, farklı yapıdaki boyar maddeler, baskı patları, bitim i lemleri ve de i ik amaçlı kaplamalardır. Bu nedenle, güç tutu urluk testlerine her tür ürün için ihtiyaç duyulmaktadır (Holme, 2008).

Ev yıkamalarında güç tutu urluk özelli inin dayanıklı olması için, yıkama esnasında bozunmasının veya kullanım esnasında sürtünmeden dolayı olu an kayıpların azaltılması ve sonuç olarak güç tutu urluk performansının korunması için, ba langıçta ilave edilen güç tutu urluk maddesinin yeterli miktarda olması gerekmektedir. Tekstil materyallerinde güç tutu urluk sa layan bile ikler, toksik ve mutajenik olmamalıdır (Holme, 2008).

Güç tutu urluk maddeleri, kullarındaki boyarmaddelerin renk ve renk haslıklarını etkilememelidir. Bazıları, renk de i imlerine neden oldu undan, gerekli boya kombinasyonlarının kullanımını sa layacak inceleme testleri yapılmalıdır. Depolama ve i lem esnasında stabil olmalı, di er bitim i lemi maddeleriyle ve yardımcı ürünlerle uyumlu olmalıdır. Uygulama sonrasında lif dayanımındaki kayıp minimum olmalı, a ırı kimyasal kullanımı ile kaplama sonrasında kuma hava geçirgenli indeki azalmaya dikkat edilmelidir. Non-iyonik karakterde olmayan güç tutu urluk maddeleri, çok-yönlü bitim i lemleri ile uyu mazlık gösterebilmektedir. Evde yapılan yıkamalarda kalsiyum veya magnezyum iyonları gibi metal iyonları içeren sert su kullanımında, iyon-de i im reaksiyonları meydana gelebilmekte ve metal iyonlarının absorpsiyonu güç tutu urluk performansında azalmaya yol açabilmektedir. Ayrıca, güç tutu urluk maddelerinin kullanımı, tekstil materyalinin tutumunu ve görünü ünü etkiledi inden kullanım miktarına dikkat edilmelidir. Bunun yanında, tekstil materyalinin kullanım esnasında ıslanması, güç tutu urluk maddesinin migrasyonuna neden olabilmekte, bunu engelleme amaçlı kullanılan anti-migrasyon maddeleri ise güç tutu urluk özelli ini olumsuz etkileyebilmektedir (Holme, 2008).

Güç tutu urluk maddelerinin kombine kullanımında, sinerjetik etki ile güç tutu urluk özelli indeki iyile me beklendi i halde, bazı kombinasyonlarda uygulamada antagonistik etki ortaya çıkmaktadır. Sinerjetik etkile im ile daha az madde miktarında madde kullanımı ile aynı derecede güç tutu urluk etkisi sa lanabildi inden, güç tutu urluk mekanizması için oldukça önemli bir özelliktir (Holme, 2008).

2.3.8. Güç tutu urluk ürünlerinin seçimi ve aplikasyonları

Güç tutu ur malzemeler, uygulandı ı materyalin lif yapısına, türüne, a ırlıklarına, dokuma yapılarına, elyaf kombinasyonlarına, yıkama veya kuru temizleme dayanıklılıklarına göre seçilmelidir (Balcı, 2006; Günsal, 2007). Uygulanması istenen tekstil materyali için uygun güç tutu urluk maddelerinin seçimi için dikkate alınması gereken faktörler:

1. Güç tutu urluk maddesinin yıkamaya dayanıklılı ı
2. Maddenin uygulanaca ı kuma ı olu turan lif türü (PET, pamuk, PA, WO vs.)
3. Test normları (Ömero ulları, 1996).

Öncelikle, uygulanacak güç tuturluk maddesinin yıkamaya dayanıklılığının gerekli olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin bir araba döşemeli için güç tuturluk özelliği aranıyor ise; çamaşır makinesinde yıkanmayacağı dikkate alınarak, yıkamaya dayanıklı olmayan ekonomik bir madde seçimi uygun olacaktır. Ancak, bir çocuk ya da itfaiye eri giysisi için seçilecek güç tuturluk maddesinde 40°C'den 90°C'ye kadar yıkama haslı veya kuru temizleme haslı aranmalıdır (Ömeroğulları, 1996). Bunun yanında, bütün liflerin fiziksel veya kimyasal özellikleri farklı olduğundan her lif için uygun özellikte bir ürün seçimi gereklidir, karışımlarda karışım oranlarının da bilinmesi önemlidir. Son olarak, çeşitli ülkelerde farklı test metodları uygulanabildiğinden, kumaşın hangi ülkede ve hangi metotla tuturluk testine tabi tutulacağı dikkate alınmalıdır.

Güç tuturluk etkisi sağlayıcı kimyasal maddelerin sahip olması beklenen özellikler:

- Lifler piroliz sıcaklığına uygun bir termik dayanıklılığa sahip olmalı
- Yıkamaya ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı olmalı
- Renksiz olmalı, mamulün rengini deşirmemeli
- Boyamaların ıstık haslı gibi haslık özelliklerini olumsuz olarak etkilememeli
- Yangın anında alevli zehirli ve koroziv gazlar oluşturmamalı
- Kolaylıkla temin edilebilmeli ve ucuz olmalı
- Kumaşın tutumunu ve fiziksel-teknolojik özelliklerini bozmamalı
- Tekstil ürünlerine, normal terbiye yöntem ve cihazlarıyla aplikasyon edilebilmelidir (Tarakçioğlu, 1986).

Bu özelliklerin tamamını gösteren ve yüksek etkili bir güç tuturluk sağlayıcı madde bulunamadığından, ürünün kullanım alanı ve özelliği açısından önemli olan noktalar (yıkamaya dayanıklı olma, tutumun sertleşmemesi, boyamaların haslıklarının bozulmaması.. gibi) dikkate alınmalıdır. Örnek olarak; çok sık yıkanmayan bir perdede, sağlanan güç tuturluk etkisinin en azıyla 50 kere yıkamaya dayanıklı olmasına gerek yok iken, tutumun biraz sertleşmesi özellikle istenmektedir. Ancak, perdelerde kullanılan boyarmaddelerin ıstık haslıklarının olumsuz etkilenmemesi gerekmektedir. Buna karşın, bir çocuk pijamasında ıstık haslılığının bir miktar düşmesi önemli olmazken, ürünün yumuşak olması ve sağlanan güç tuturluk etkisinin 50 kere yıkamaya dayanıklı olması birinci derecede önem taşımaktadır (Tarakçioğlu, 1986).

Güç tuturluk malzemeleri uygulama metotları kullanılacak tekstil materyaline veya kullanım alanlarına göre de iklilik göstermektedir. Bu amaçla, fulard & sprey, kaplama, köpükle kaplama ve termoplastik toz uygulama yöntemleri kullanılabilir (Balcı, 2006; Günsal, 2007). Güç tutu ur malzemelerin kaplama yerine fular olarak kullanılması verimliliklerini artırır, çünkü kimyasal kuma ın içine nüfuz etti i zaman en iyi performansı göstermektedir. Ancak, kaplama olarak kullanılan güç tutu ur malzemelerdeki suda çözülmeyen bile ikliler güç tutu ur kimyasalların kuma ın içine nüfuz etmesini engellemektedir. Bu durumda kalın kuma larda verim dü ü ü gözlenmektedir (Balcı, 2006).

Güncel kullarımdaki güç tutu urluk maddelerinin ço unun substantif özelli i bulunmamaktadır. Bu nedenle genel olarak uygulamaları fulardda yapılmaktadır. letmelerin ço unda bir ramöz ve bir yıkama makinesinin bulundu u varsayılırsa, ekstra bir yatırım gerekmeksizin bu tip bir madde uygulaması yapılabilir. Uygulama, diskontinü veya kontinü olarak da yapılabilir. Emdirme yöntemine göre yapılan uygulamalarda, kuma fulard içinde banyo ile uzun süre temasta kalması yararlıdır. Bu durumda penetrasyonu artırmak için non-iyonik bir ıslatıcı kullanımı faydalı olmaktadır. Çektirme ve emdirme yöntemleri ile uygulama, tekstil terbiyesinde son derece önemli bir yere sahip ise de, günümüzde ki çevreci yakla ımlar nedeniyle, özellikle daha az su tüketimi açısından di er yöntemler de giderek önem kazanmaktadır (Ömero ulları, 1996; Günsal, 2007). Halı, kadife, pelu gibi ürünlerde, fulard aplikasyonu yüzeydeki havların bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, güç tutu urluk maddeleri, bir binder sistemi kullanılarak materyallerin sırt kısmına sıvama veya kaplama yöntemleriyle aplike edilebilir. Püskürtme yöntemi de genellikle non-woven tekstil materyalleri için uygundur (Ömero ulları, 1996).

Genellikle güç tutu urluk maddelerinin 250-450 g/l civarında olan uygulama miktarları yüksektir. Bu nedenle kurutma basama nda çok yüksek ıslardan kaçınılmalıdır. Çünkü yüksek ısılar kuma üzerinde maddenin migrasyonuna neden olarak kuma ın de i ik kısımlarında farklı efektlere neden olabilmektedir. En uygun kurutma ısısı 120-130 °C'dir.

Güç tutu ur apreler; yanmayı, dumanı ve yangın sonucu ölümleri engelleyen veya azaltan hayat kurtarıcı ürünlerdir (Çelebi, 2009).

Polimerik malzemeye uygun güç tutu urluk maddelerinin seçimi, polimerin bozunma karakteristikleri, tipi ve güç tutu urluk maddesinin kimyasal ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Güç tutu urluk maddesinin uygulanacağı polimerde boya, UV stabilizörleri, antistatik maddeler gibi çeşitli katkı maddeleri bulunabilmektedir.

Seçilecek güç tutu urluk maddesinin de polimer üzerindeki katkı maddeleriyle uyumlu ve özelliğini de i tirmeyecek nitelikte olması beklenmektedir (Kabasakal, 2012).

2.3.9. Güç tutu urluk sa layıcı kimyasalların kullanımı ile ilgili sınırlayıcı faktörler

2.3.9.1. Güç tutu urluk uygulamalarının maliyeti

Güç tutu urluk maddeleri ilave kimyasal ve i lem maliyetinin yanında, test, sertifikasyon, etiketleme, reklam maliyetleri ve ürün sorumluluk sigortası maliyeti de olu turmaktadır.

Dö emelik alanında kullanılan ve kalıcı güç tutu urluk sa layan apreler, malzeme maliyetini yaklaşık % 10-20 artırmaktadır. Özel güç tutu urluk lifler ise di er sıradan liflere göre 3-5 kat fazla maliyete sahiptir.

Güç tutu urluk uygulaması yapılan pamuklu ve yünlü kuma ın maliyeti, %20-50 artmaktadır.

2.3.9.2. İnsan sa lı ı ve çevre açısından sınırlamalar

Güç tutu urluk i lemlerinde halojen ve a ır metallerin kullanılması durumunda, bu bile iklerinin ve yanıcı gazların toksik etkileri dikkate alınmalıdır. Bu toksik etkiler;

1. Aromatik yapıdaki halojenli bile iklerden, i lem esnasında polihalojenlenli dioksinlerin ve furanların olu umu,
2. Antimon oksit içeren tozların bulunması,
3. Atık su içerisinde antimon, zirkonyum ve fosfor bulunması,
4. Halojenli organik güç tutu urluk maddelerinin atık suya karı ması,

5. Selülozun kalıcı güç tuturluk i lemi uygulamasında kondensasyon basama ında formaldehit aç ı a çıkması,
6. Bitim i lemi uygulanm ı kuma ta serbest formaldehitin bulunmasıdır (Horrocks, 2011).

Halojenli maddelerin güç tuturluk etkileri oldukça yüksek olmasına kar ın, insan sa l ına ve çevreye verdi i zarar nedeniyle birçok ülkede kullanımları sınırlandırılm ı ve/ veya yasaklanm ı tır. Biyolojik ve çevresel zararlarına ili kin yapılan birçok çalı mada, kalıcı bir kirletici oldu u, yanma esnasında zehirli gaz olu turdu u, hormon bozuklukları ve çe itli kanser türleriyle ili kili oldu u belirlenmi tir.

Güç tuturluk maddelerinin okyanuslardaki do al hayatı olumsuz etkiledikleri, polibromin difenil eter (PBDE) ve polibrom bifenil (PBB) bile iklerinin okyanus sularında bulundu u ve balinaların vücudunda yüksek oranda tespit edilmi tir (Boer, J. ve ark. 1998). Ayrıca, PBDE'in hormon fonksiyonlarının bozulmasına lenfoma ve di er bazı kanser türleriyle ili kili oldu u saptanm ı tır (Goralczyk, K. ve ark. 2002). Di er bir çalı mada ise, insan ve hayvan sütü, serum ve ya dokularında birikimi belirlenmi tir. PBB toksik etkilerinden dolayı 1970'den beri yasaktır (Birnbaum, L.S. ve ark. 2004). Tetraklordifenil dioksinler ve ilgili bile iklerin geni spektrumlu etkileri nedeniyle hayvanlarda toksik etki gösterdikleri saptanm ı tır. Bu etkilerden bazıları, çok dü ük miktarlarda dahi, insan sa l ı ı açısından tehlike olu turabilmektedir (Kabasakal, 2012).

Bu tip toksik kimyasallara maruziyet cilt, solunum, a ız yoluyla veya dolaylı (hava ve suya kar ı ma) yoldan gerçekte ebilmektedir. Toksik etkiyi belirleyen parametreler, apre kimyasalının türü, deri tarafından emilme özelli i, tekstil malzemesinin üzerindeki apre konsantrasyonu, deri ile temas alanı, apre kimyasalının yıkama ile uzakla abilmesi ve vücut a ırlı ıdır. Polihalojenik dibenzofuran ve dibenzo p-dioksinin yanma/piroliz sırasında aç ı a çıkardıkları ürünler insan sa l ı ı ve çevre açısından zararlıdır (Tatlı, 2007).

norganik ve kompleks organik moleküllere yapıda birçok bile ik güç tutu ur apre uygulamasında kullanılmaktadır. Bu malzemelerin küresel bazda yıllık 600.000 ton civarında üretildikleri öngörülmektedir. Son on yılda bromla tırlm ı organik ürün tüketiminde önemli bir artı oldu unu görülmektedir. Ancak bu malzemelere maruz kalma ve bunların parçalanma ürünleri hakkındaki bilgiler sınırlıdır.

Birçok ülkede, bazı güç tutu ur malzemelerin üretimi, kullanımı ve yok edilmesi konusunda çe itli düzenlemeler getirilmi tir. Örne in Almanya poliklorinli-2 benzo-para-dioksinler ve dibenzo furan' ların ürünlerdeki kullanım oranlarını sınırlayıcı düzenlemeler yapmı tir. Aynı zamanda, halojen içermeyen güç tutu ur madde kullanılmaya ba lanmı , penta- ve oktabromdifenil eterin kullanımı yasaklanmı tir (Tatlı, 2007).

Kullanımdaki birçok güç tutu urluk kimyasalının ekotoksolojik riskleri tam olarak bilinmemektedir. Bazılarının kanserojen etki gösterdi i belirlenmi tir. Örne in; tris-(2,3-dibromo-propil)fosfat, 1977 yılında Consumer Product Safety Commission (CPSC) tarafından yasaklanmı tir (Özcan vd., 2004).

2.3.9.3. Güç tutu urluk kazandırma tekniklerinin dezavantajları

Liften kuma a kadar geni uygulama alanlarında kullanılan birçok tekni in bazı dezavantajları bulunmaktadır.

- Kuma ın tutumunu etkileyebilir ve sertlik verebilirler. Bazı apreler yıkama ve kuru temizleme sonrası etkinliklerini kaybetmektedir.
- **Güç tutu urluk sa layacak kimyasalların, polimere lif çekimi esnasında eklenmesinin dezavantajları:**
 - Aynı özellikteki standart liften daha pahalıdırlar.
 - plik haline getirilmesi ve dokunması daha zordur.
 - Daha sert bir tutum verirler.
 - Özel terbiye ve boya tekni ine gerek duyarlar.
 - I ık ve renk haslıkları dü ük olabilir.

Özel üretilmi güç tutu an liflerin dezavantajları:

- Genellikle modifiye liflerden daha pahalıdır.
- Terbiye ve boyanma teknikleri sınırlıdır
- Kullanılacak diki ipli i de ürünün yapısına göre seçilmelidir (Özcan vd., 2004).

2.4. Güç Tutu urluk için Kullanılan Test Yöntemleri

2.4.1. Güç tutu urluk standartları

Üretilen tekstil mamulü, güç tutu urluk i leminin ardından yanma testleri kullanılarak kontrol edilmelidir. Bunun için, ürünün kullanım ekline uygun bir güç tutu urluk testi kullanılmalıdır (Çoban, 1995; Demirel, 2007).

Materyal geli tirilmesi ve testinde, yangın etkilerinin olu turulması için, test ko ulları uygun yangın senaryosu ile ili kili olmalıdır. Kendili inden tutu ma durumunda tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek oldukça zordur. stenmeyen yangınlar belli bir ekilde sonuçlansa bile, tutu turma denemeleri genellikle alevlenmenin ba langıcını de erlendirmek amacıyla kurgulanan bir senaryodur. Bu senaryo, tutu ma kayna ına (alev, sigara, kablo ısınması), örnek büyüklü üne (1–10 cm) ve çevresel sıcaklı a ba lıdır. Yangının büyümesi esnasında yanmanın devamı, daha büyük örnek boyutu (10 cm'den 1 m'ye) ve tutu ma sıcaklı ının (400-600°C) üzerindeki çevresel sıcaklı ı gerektiren 20-60 kWm² civarındaki dı kaynaklı ısı akımını barındırmaktadır. Yangın büyümesinin en önemli basama ı, yüksek dı kaynaklı ısı akımı (450 kWm²), büyük örnek boyutu (1-5 m), tutu ma sıcaklı ının (4600°C) üzerindeki çevresel sıcaklık ve dü ük havalandırma parametrelerinden olu maktadır. Bu ko ulların küçük boyutlu bir yangın denemesinde kopya edilmesi oldukça zordur. Geni leyen yangınlarda iyi güç tutu urluk göstermesi beklenen materyallerin sıradı ı ko ullarda test edilmeleri gerekmektedir. Ayrıca, küçük denemede ve büyük boyutlu senaryoda farklı sonuçlar gösterebilmektedir (Hull and Stec, 2009).

Türkiye de güç tutu urluk ile ilgili herhangi bir yasa olmamasına kar ın, Avrupa, ngiltere ve ABD'ne yapılan ihracatta, yangın güvenli i düzenlemeleri, güç tutu urluk test metodları ve standartlarının dikkate alınması gerekmektedir. Bazı ürünlerde güç tutu urluk uygulamaları zorunlu tutulmaktadır. Güç tutu urluk testlerinin uygulanmasında, tekstil mamullerinin yanması için gerekli olan en dü ük oksijen ihtiyacının (limiting oxygen index/LOI) ölçüm yönteminin de ürünlere göre farklı oldu u kabul edilmektedir. Bu mamullerin güç tutu urluk testleri birbirinden farklı standartlara göre de i ik yöntemlerde yapılmaktadır (Çoban, 1995; Demirel, 2007). Farklı ülkelerde uygulanan güç tutu urluk test standartları çizelge 2.8.'de verilmektedir (Balcı, 2006).

Çizelge 2.8. Güç tutu urluk test standartları (Balcı, 2006).

| Kullanım Alanı | UK | Fransa | Almanya | Avrupa | Türkiye |
|----------------|-----------------|------------|------------------------|----------------------|---|
| Döşemelik | BS 5852 P1/2 | NEP 92-503 | DIN 66084 DIN 54342 | EN 102/1 EN 102/2 | 95/28/AT (EC) ISO 6925 BS 6307 BS 4790 EN ISO 6941 TS 5569 |
| Yataklık | BS 6807 | NEP 92-503 | CFR 16/1632 | ENS 97/1 ENS 97/2 | 95/28/AT (EC) |
| Duvar Kağıdı | BS 476 | NEP 92-503 | DIN 4102 | | |
| İş Kıyaftları | BS 6249 | | DIN 661083 | EN 367 EN 532 | 95/28/AT (EC) ASTM D-1230 |

Tekstil ürünlerine güç tutu urluk testleri uygulanırken yanma davranı larının de erlendirilmesinde de erlendirilen parametreler unlardır (Balcı, 2006; Çoban, 1999):

Minimum yanma süresi: Tekstil ürününün belirli ko ullardaki tutu ma süresidir. Di er bir ifadeyle, alev çekildi inde kuma ın yanmayı sürdürebilece i minimum süredir.

Yanma süresi/Sonradan yanma süresi: Ürün tutu turulduktan ve tutu turma kayna ı çekildikten sonra yanmanın kendili inden devam edebildi i süredir.

Alev yayılma hızı: Örnek tutu turulduktan sonra birim zamanda alevin katetti i mesafedir.

çten yanma süresi: Tutu turma kayna ı çekildikten sonra devam eden, alevsiz yanma süresidir.

Deney yapılırken, örnekte yanma sonucu ortaya çıkan zarar görmü , kömürle mi bölgenin boy veya alan olarak belirlenmesi.

Örnekte yanma sonucu büzü me damlama durumunun belirlenmesi ve damla yerinde yanmaya devam edip etmedi inin belirlenmesi.

Yüzeyi havlı veya tüylü kuma larda temel dokunun zarar görmeden yüzeydeki havın yanması durumunun ayırt edilmesi.

2.4.2. Güç tutu urluk test yöntemleri

45°C e ik yakma test yöntemi (DIN 54335): Test örne i 45°C açıyla yerle tirilerek belirli bir süre alt kenarından standart bek alevi etkisinde tutulur. De erlendirme, bek çekildikten sonra alevli yanma süresi, için için yanma süresi, belirli bir uzunlu a kadar yanması için geçen süre belirlenerek yapılmaktadır. Her tür dokuma, örme ve dokusuz yüzey kuma lara uygulanabilen bir test yöntemidir (Balcı, 2006, Çoban, 1999).

Yatay yakma testi (DIN 54333): Test örne i yatay (yere paralel) tutularak, serbest uçlarının bir tutu ma alevine tabi tutulması ile alev yayılma hızının bulunması için kullanılmaktadır. Dokuma veya oto dö emeliklerine uygulanmaktadır (Akyüz, 1988, Çoban, 1999).

Dikey yakma test yöntemi (DIN 54336, 53906): Sıklıkla kullanılan bu yöntem test örne inin yeterlili i açısından, e ik ve yatay yakma testlerine göre daha zorludur. Örnek dik konumda, belirli bir süre bek alevine tabi tutulmakta, yanma boyu, alevli yanma süresi, için için yanma süresi ölçülmektedir (Balcı, 2006; Akyüz, 1988).

DIN 54336, DIN 53906'nın yeniden düzenlenmi eklidir. DIN 53906'da örnek boyutları 75x150 mm ve alevde tutma süresi deney örne inin m² a ırlı ına göre 4-14 saniye arasında de i irken, DIN 54336'da örnek boyutları 120x450 mm ve alevde tutma süresi 3-15 saniyedir. DIN 54336 dikey yakma testi de i ik tutu turma süreleri nedeniyle daha çok sivil alanda; i elbiseliklerine, dekorasyon kuma lara ve teknik tekstil kuma lara uygulanmaktadır (Çoban, 1999).

Yarım daire testi (DIN 54331): Test örne i, yarım daire ekinde kıvrımlı bir metal levhanın üzerine konularak ölçüm yapılmaktadır (Akyüz, 1988).

Sınırlayıcı Oksijen ndeksi (Limiting Oxygen Index:LOI): Yapay maddelerin güç tutu urluk özelliklerinin belirlenmesi için geli tirilen bu test yöntemi tekstil ürünleri için de kullanılmaktadır. Test örne i için yanmayı devam ettirmede gerekli olan en az oksijen miktarı belirlenmektedir (Balcı, 2006). Test, örnek dikey yerle tirilerek, oksijen-azot atmosferinde hidrojen aleviyle en üst kenarından tutu turarak yapılmaktadır. Kuma lar üstten alta do ru yanmakta, oksijen ve azot akımları, örnek yava ve kararlı bir ekilde tamamıyla yanana kadar ayarlanmaktadır. Tutarlı sonuçlar alınana kadar test tekrarlanmaktadır.

Havadaki oksijen oranı yaklaşık %21 olduğu için %21'den küçük LOI değerine sahip materyaller kolaylıkla yanmaktayken, %21'den büyük olanların yanmak için ek oksijene ihtiyaçları olmaktadır (Kutlu, 2002).

Sigara test yöntemi: Mobilya ve döşemelik kumaşlara uygulanmaktadır. Pratik kullanıma en uygun koşullar sağlanmaya çalışılmaktadır. Bunun için, küçük bir koltuk modeli veya deney bankı üzerine belli yükseklikte sünger altlıklar konulup üzerine deney örneği normal gerginlikte yerleştirilmektedir. Tutucu kaynağı olarak filtresiz sigara kullanılmaktadır. Yakılan sigara, deney düzeneğinin yatay-dikey kesim çizgisi boyunca yerleştirilmektedir. Deney kumaşı altında bulunan sünger altlığının deney süresince için için yanmaması, koyu duman çıkarmaması gerekmektedir. Ortalama deney süresi normal koşullar altında bir sigaranın yanması için gerekli olan 20 dakikadır. 1 saatlik bir süre sonunda alevli veya içten yanma olmaması deney başarıları olarak değerlendirilmektedir (Çoban, 1999).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. DeneYlerde kullanılan kuma lar

Batı Basma Sanayi A. .'den sa lanan, %100 pamuk, %50 pamuk - %50 poliester ve %100 poliester kuma lar kullanılmı tır. Kullanılan pamuk/poliester kuma ın ipli i harmandan karı ımı eklindedir. Pamuklu ve pamuk/poliester kuma a, yakma ve pad batch yöntemi ile enzimatik ha ıl sökme i leminden sonra 25 gr/lt kostik, 50 gr/lt peroksit, 1 gr/lt ıslatıcı, 7 gr/lt stabilizatör, 1 gr/lt iyon tutucu içeren flotte ile emdirilerek 30 dakika buharlayıcıda kalacak ekilde kontinü kasar i lemi uygulanmı tır. Poliester kuma ise 2 gr/lt sabun çözteltisi ile 60°C'de 30 dakika yıkanmı tır.

Çizelge 3.1.'de deneYlerde kullanılan pamuk, pamuk/poliester ve poliester kuma ın fiziksel özellikleri verilmi tir.

Çizelge 3.1. Kullanılan kuma ların özellikleri

| Lif Cinsi | % 100 Pamuk | %50 Pamuk - %50 Poliester | % 100 Poliester |
|-----------------------------|-------------|------------------------------|-----------------|
| Doku Tipi | Bez Aya 1 | Bez Aya 1 | Saten |
| Karı ım ekli | - | Harman | - |
| Gramaj (gr/m ²) | 125 | 125 | 128 |
| ÇöZgü Sıklı ı (tel/cm) | 32 | 30 | 44 |
| Atkı Sıklı ı (tel/cm) | 24 | 26 | 24 |
| ÇöZgü plik Numarası (Ne) | 30(Ne) | 30(Ne) | 20 (d) |
| ÇöZgü plik Numarası (Ne) | 30(Ne) | 30(Ne) | 20 (d) |

3.1.2. Deneylerde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler

3.1.2.1. Kimyasallar

- **Orgafinone HF-CO**

Görünü : Berrak sıvı

Kimyasal yapı : Halojen içermeyen, su bazlı fosfat ve azot içeren bileşik

pH : 6.0-7.0

Çözünürlük : Suda her oranda

Hedef : Pamuk, poliester ve karışımlar

- **Ignisal® L 54**

Görünü : Sarımsı, hafif bulanık sıvı

Kimyasal yapı : Halojen ve antimon içermeyen, organik fosfor bileşiği

pH : 6.0-8.0

Çözünürlük : Suda her oranda

Hedef : Poliester

- **Ignisal® L 55**

Görünü : Berrak sıvı

Kimyasal yapı : Halojen ve antimon içermeyen, organik ve inorganik

nitrojen tuzu

pH : 6.0-7.0

Çözünürlük : Suda her oranda

Hedef : Pamuk, poliester ve karışımlar

- **Ignisal®LP 58**

Görünü : Berrak, koloidal sıvı

Kimyasal yapı : Çiklik fosfat

pH : 6.0-7.0

Çözünürlük : Suda her oranda

Hedef : Pamuk, poliester ve karışımlar

3.1.2.2. Yardımcı maddeler

- **Bentonit**

Görünü : Açık kahverengi pudramsı katı toz

Kimyasal yapı : %90 Sodyum montmorilonit (%62 SiO₂ - %18 Al₂O₃)

pH : 6.0-7.0

Çözünürlük : 100 gr/lt'den itibaren jelle meyi önlemek için NaCl

ilavesi gerekli.

- **Binder**

Görünü : Açık beyaz akı kan sıvı

Kimyasal yapı : Akrilat esaslı

pH : 7-9

- **Siligen CSP**

Görünü : Beyaz opak dispersiyon

Kimyasal yapı : Poliakrilat ve polieter bazlı silikon çözeltisi

pH : 4,5-5,5

- **Fixapret F-ECO**

Görünü : Berrak sulu sıvı

Kimyasal yapı : Modifiye dimetiloldihidroksietilenüre

pH : 4-5,5

- **NaOH Çözeltisi**

Deri im : 200 gr/lt

Organofinon HF-CO kimyasalı Organik firmasından; Ignisal® L 54, Ignisal® L 55, Ignisal® LP 58 kimyasalları Bozzetto firmasından; binder, Siligen CSP, Fixapret F-ECO kimyasalları Basf firmasından; bentonit Karakaya firmasından temin edilmi tir.

3.1.3. Deneylerde kullanılan cihaz ve makineler

- Rapid Model PA-1 marka laboratuvar tipi fulard cihazı (ekil 3.1.).



ekil 3.1. Rapid Model PA-1 fulard cihazı

- Ataç GK 40 marka laboratuvar tipi gergefli kurutucu (ekil 3.2.).



ekil 3.2. Rapid Model PA-1 fulard cihazı.

- Arçelik 5800E marka ev tipi çama ır yıkama makinesi
- Arçelik 45KTE marka kurutma makinesi
- Datacolor Spectraflash SF 600 Plus marka spektrofotometre
- SDL ATLAS Firması'nın M233B model güç tutu urluk test cihazı
- Sartorius marka terazi

3.2. Metot

3.2.1. Emdirme

Aplikasyon metodu olarak emdirme yöntemi kullanılmı tır. Yapılan tüm aplikasyonlar Rapid P-A1 (2004) marka dikey fulardda gerçekte tirilmi tir. Ardından ATAÇ GK4 marka laboratuvar tipi ramözde kurutulmu tur.

Çizelge 3.2.'de yapılan i lemlerde uygulanan reçeteler, flotte pH'ları, sıkma basınçları, alınan flotte oranları ve fikse artları ile tanımlar verilmektedir.

Çizelge 3.2. Aplikasyonlarda kullanılan reçeteler ve tanımlar.

| Güç tutu urluk bitim i lemlerinde kullanılan maddeler | | | | |
|--|--|-------------------------------------|-----|-----|
| Organofinon HF-CO (A) (Fosfat- Azot) | Simge | I | II | III |
| | Konsantrasyonlar (g/l) | 150 | 250 | 350 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) | | |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 | | |
| | pH | 5,5-6,5 | | |
| | A.F. (%) | % 80 | | |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 120°C 4' | | |
| Ignisal L54 (B) (Organik fosfor) | Simge | I | II | III |
| | Konsantrasyonlar (g/l) | 150 | 250 | 350 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) | | |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 | | |
| | pH | 5,5-6,5 | | |
| | A.F. (%) | % 80 | | |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 150°C 4' | | |
| Ignisal L55 (C) (Org., inorg. Azot tuzu) | Simge | I | II | III |
| | Konsantrasyonlar (g/l) | 150 | 250 | 350 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) | | |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 | | |
| | pH | 5,5-6,5 | | |
| | A.F. (%) | % 80 | | |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 120°C 4' | | |
| Ignisal LP58 (D) (Çiklik fosfat) | Simge | I | II | III |
| | Konsantrasyonlar (g/l) | 150 | 250 | 350 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) | | |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 | | |
| | pH | 5,5-6,5 | | |
| | A.F. (%) | % 80 | | |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk-sn) | 150°C 4' - 200°C 45'' | | |

| | | |
|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Bentonit (Montmorillonit) | Simge | |
| | Konsantrasyonlar (g/l) | 100 - 150 - 200 - 250 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 |
| | pH | 5,5-6,5 |
| | A.F. (%) | % 80 |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 120°C 4' |
| Binder (b) (Akrilat esaslı) | Konsantrasyonlar (g/l) | 150 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 |
| | pH | 5,5-6,5 |
| | A.F. (%) | % 80 |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 150°C 4' |
| Fixapret F- ECO (F) (DMDHEU) | Konsantrasyonlar (g/l) | 100 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 |
| | pH | 5,5-6,5 |
| | A.F. (%) | % 80 |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 150°C 4' |
| Siligen CSP (S-P) (Silikon) | Konsantrasyonlar (g/l) | 100 |
| | Silindir Basıncı (kg/cm ²) | 1,4 (Co-PET) / 3,5 (Co) / 0,8 (PET) |
| | Silindir Hızı (rpm) | 7,5 |
| | pH | 5,5-6,5 |
| | A.F. (%) | % 80 |
| | Fikse Sıcaklı 1 (°C) Süresi (dk) | 150°C 4' |

A,B,C ve D kimyasalları ile 3 çe it kuma a, 3 çe it konsantrasyonda i lem yapılmı tır. B, C ve D kimyasallarının pH'ları NaOH çözeltisi ile ayarlanmı tır. Emdirilen kuma lar 80°C'de kurutulduktan sonra belirtilen sıcaklık ve sürelerde

fikse yapılmı tır. b, F, S-P yardımcı kimyasalları; D kimyasalı ile i lem görmü kuma lara, yıkama dayanımı etkilerini incelemek üzere uygulanmı tır.

Bentonit tek ba ına kullanılmasının yanında A ve B kimyasalları ile kombine yapılan ön denemelerde kullanılmı tır. Yapılan denemelerde bentonit 100 gr/lt'ye kadar katkısız kullanılabilirken, 100 gr/lt'den itibaren viskoziteyi çok arttırıp jelle meye neden olmu tur. Viskoziteyi dü ürmek için 20 gr/lt NaCl ilave edilerek fulard aplikasyonları yapılabilmi tir.

Aplikasyonlardan sonra kuma lar teste gitmeden önce üç gruba ayrılmı tır. Bunlar; i lem görmü (0), i lem görmü ve 1 kez yıkanmı kuma (1), i lem görmü ve 5 kez yıkanmı (5) kuma lardır. Yıkama i lemleri, Arçelik 5800E marka ev tipi çama ır yıkama makinesinde, standart referans deterjan kullanılarak 1,5 saat süreyle 40°C'de yapılmı tır. Kurutma i lemi ise Arçelik 45KTE marka ev tipi kurutma makinesinde 40 dk yapılmı tır.

3.3. Yapılan Testler

3.3.1.1. Güç tutu urluk testi

Aplikasyonu yapılan tüm kuma örneklerinin güç tutu urluk testleri, BS 5438-1989 standardına göre SDL ATLAS Firması'nın M233B model cihazında yapılmı tır. Örnek boyutları 22x17 cm'dir. Çözgü yönünde üçer adet örnekler kesilmektedir. Cihaz açıldıktan sonra dijital olan dokunmatik ekrandan istenilen standart seçilmektedir. Teste ba larken öncelikle gaz vanası açılmakta ve ate leme yapılmaktadır. Daha sonra alevin yüksekli i ayarlanarak ba lat dü mesine basılmaktadır. Alev, örne in alt kenarına 45 derece açıyla yakla ıp 10 sn süreyle temas etmektedir. Alev yüksekli i ise 4 cm'dir. 10 sn sonra test tamamlanmı olmakta ve bu andan itibaren kuma ların yanma süreleri not edilmektedir. Yakma test cihazı ekil 3.3. te gösterilmı tır.



ekil 3.3. SDL ATLAS Firması'nın M233B model güç tutu ruluk test cihazı

3.3.1.2. Beyazlık testi

CIE yöntemine göre Datacolor SF 600 Plus spektralfotometre ile D65 1 1 1 altında 10° 'lik açı kullanılarak beyazlık ölçümleri yapılmı tır. Ölçümlerde kuma lar 4 kat olarak ve çözgü yönü dikkate alınarak yerle tirilmi tir.

Datacolor SF 600 Plus spektralfotometre ekil 3.4. te gösterilmi tir.



ekil 3.4. Datacolor SF 600 Plus spektralfotometre

4. BULGULAR

4.1. Yakma Sonuçları

Emdirme yöntemi kullanılarak, dört farklı güç tutu urluk maddesinin, üç ayrı konsantrasyonu ile yapılan güç tutu urluk bitim i lemleri sonrasında kuma ların BS 5438-1989 metoduna göre yakma testleri yapılmı tır. 3 kez tekrarlanan deneylerin ortalamaları çizelgelere yerle tirilmi tir. Atkı ve çözgü yönünde yapılan ön denemelerde belirgin bir fark olmaması sebebiyle çözgü yönünde yapılan yakma testi sonuçları belirtilmi tir.

Yardımcı kimyasal olarak kullanılan binder (b) 150 gr/lt, Siligen CSP (CSP) 100 gr/lt, Fixapret F-ECO 100 gr/lt konsantrasyonlarında kullanılmı tır. Di er kullanılan güç tutu urluk kimyasallarının konsantrasyonları çizelgelerde belirtilmi itr.

Bentonit ile 100 gr/lt, 150 gr/lt, 200 gr/lt ve 250 gr/lt konsantrasyonlarda yapılan ön denemelerde; pamuk/poliester, pamuklu ve poliester kuma ların tamamı yanmı tır. Bu denemelerde 150 gr/lt ve daha yüksek konsantrasyonlarda 20 gr/lt NaCl ilavesi ile viskozite dü ürülmü tür. Bentonitin artan konsantrasyonları yanma süresi üzerinde belirgin bir etki göstermedi i görülmü tür.

Bentonitin A ve B kimyasalları ile kombine kullanıldı ı ön denemelerde; bütün kuma tiplerinde, tek ba ına A ve B kimyasalı kullanılan denemelere göre bentonitin yanma süresini ve yanan kuma miktarını arttırdı ı gözlemlenmi tir.

4.1.1. Pamuk / poliester kuma için yakma sonuçları

Pamuk poliester kuma larda alev söndükten sonraki yanma süreleri çizelgede belirtilmi tir. Bu durumda kuma ların yanma oranları da % olarak belirtilmi tir. lev yaAnarken ya da alev söndü ü durumlarda kuma lar yanmıyor ise bu durumda kömürle me miktarı uzunluk olarak belirtilmi tir.

Pamuk / poliester kuma a ait yıkanmamı ve yıkanmı deneylerin yakma test sonuçları çizelge 4.1. ve çizelge 4.2.'de gösterilmi tir.

Çizelge 4.1. Yıkanmamı pamuk / poliester kuma ların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/lt) | Yanma Süresi (sn) | Kömürleme Miktarı (cm) | Kuma Yanma Oranı (%) |
|-------------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| A I X 0 | HF CO | | 150 | 50 | | % 95 |
| A II X 0 | HF CO | | 250 | 60 | | % 75 |
| A III X 0 | HF CO | | 350 | 70 | | % 50 |
| B I X 0 | L 54 | | 150 | 54 | | % 85 |
| B II X 0 | L 54 | | 250 | - | 16 | |
| B III X 0 | L 54 | | 350 | - | 13 | |
| C I X 0 | L 55 | | 150 | 54 | | % 25 |
| C II X 0 | L 55 | | 250 | 35 | | % 20 |
| C III X 0 | L 55 | | 350 | 0 | 7 | |
| D I X 0 | LP 58 | | 150 | 38-35 ¹ | | % 50 |
| D II X 0 | LP 58 | | 250 | - | 15,5-12 ¹ | |
| D III X 0 | LP 58 | | 350 | - | 13-8 ¹ | |
| D I X b 0 | LP 58 | Binder | 150 | 61 | | % 85 |
| D I X S-P 0 | LP 58 | CSP | 150 | 60 | | % 45 |
| D I X F 0 | LP 58 | F-ECO | 150 | 44 | | % 65 |
| D II X b 0 | LP 58 | Binder | 250 | 45 | | % 70 |
| D II X S-P | LP 58 | CSP | 250 | 41 | | % 40 |
| D II X F 0 | LP 58 | F-ECO | 250 | 30 | | % 50 |

Yıkanmamı pamuk / poliester kuma ta,

A kimyasalının etkilerini de erlendirildi inde; A kimyasalının yeterli güç tutu urluk etkisi sa layamadı ı için kuma ların yandı ı, konsantrasyon arttıça yanma süresinin 50 sn'den 70 sn'ye artmasına ra men, yanma hızının yava ladı ı ve yanan kuma miktarının %95'ten %50 ye dü tü ü gözlemlenmi tir.

B kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; B kimyasalı en dü ük konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve yüksek konsantrasyonda yanma gerçeikle mi tir. Konsantrasyon ortadan yüksek de ere arttı ında, kömürle me miktarının 16 cm'den 13 cm'ye dü tü ü gözlemlenmi tir.

C kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; C kimyasalı dü ük ve orta konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken, yüksek konsantrasyonda yanma gerçeikle mi ve en kısa (7 cm) kömürle me miktarı gözlenmi tir. Konsantrasyon dü ükten orta de ere arttı ında, yanma süresinin 54sn'den 35sn'ye azaldı ı ve yanan kuma miktarının %25'ten %20 ye dü tü ü gözlemlendi.

D kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; D kimyasalı, 150°C de 4 dk'da fikse oldu unda, dü ük konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve yüksek konsantrasyonda yanma gerçeikle mi tir. Konsantrasyon dü ükten orta de ere arttı ında, kömürle me miktarının 15,5 cm'den 13 cm'ye dü tü ü gözlenmi tir. Fikse sıcaklı ı 200 °C ve fikse süresi 45 sn oldu unda, dü ük fikse sıcaklı ında oldu u gibi dü ük konsantrasyonda yanma meydana gelir iken orta ve yüksek konsantrasyonda yanma gerçeikle mi tir. Orta ve yüksek konsantrasyonda kömürle me miktarı, dü ük fikse sıcaklına göre daha kısa olarak gözlenmi tir.

D kimyasalının, dü ük ve orta konsantrasyonda, yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı durumda; tüm yardımcı maddeler ile yanma gerçeikle mi tir. Konsantrasyon artı ı ile yanma süreleri ve yanan kuma miktarları azalmı tur. En az kuma yanma oranı Siligen CSP yardımcı maddesi kullanıldı ında gözlenmi tir. Orta konsantrasyonda kullanılan tüm yardımcı kimyasallar, yanmayan kuma ın yanmasına sebep olmu tur.

Çizelge 4.2. Bir kez yıkanmış pamuk / poliester kumaşların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/lt) | Yanma Süresi (sn) | Kömürleme Miktarı (cm) | Kuma Yanma Oranı (%) |
|-------------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| A I X 1 | HF CO | | 150 | 26 | - | % 100 |
| A II X 1 | HF CO | | 250 | 28 | - | % 100 |
| A III X 1 | HF CO | | 350 | 28 | - | % 100 |
| B I X 1 | L 54 | | 150 | 22 | - | % 100 |
| B II X 1 | L 54 | | 250 | 34 | - | % 100 |
| B III X 1 | L 54 | | 350 | 42 | - | % 92 |
| C I X 1 | L 55 | | 150 | 19 | - | % 100 |
| C II X 1 | L 55 | | 250 | 22 | - | % 100 |
| C III X 1 | L 55 | | 350 | 24 | - | % 100 |
| D I X 1 | LP 58 | | 150 | 30-28 ¹ | - | % 100 |
| D II X 1 | LP 58 | | 250 | 23-23 ¹ | - | % 100 |
| D III X 1 | LP 58 | | 350 | 24-25 ¹ | - | % 100 |
| D I X b 1 | LP 58 | Binder | 150 | 48 | - | % 100 |
| D I X S-P 1 | LP 58 | CSP | 150 | 36 | - | % 100 |
| D I X F 1 | LP 58 | F-ECO | 150 | 39 | - | % 100 |
| D II X b 1 | LP 58 | Binder | 250 | 35 | - | % 100 |
| D II X S-P | LP 58 | CSP | 250 | 38 | - | % 100 |
| D II X F 1 | LP 58 | F-ECO | 250 | 40 | - | % 100 |

Bir kez yıkanmış pamuk / poliester kumaşta,

B kimyasalının yüksek konsantrasyonunda %92 oranında yanan kumaşta, tüm kimyasalların tüm konsantrasyonlarında ve D kimyasalıyla kullanılan tüm yardımcı maddeler ile kumaşlar % 100 oranında yanmıştır. Bu yüzden 5 yıkamalı kumaşlar yanma testine sokulmamıştır.

A, B, C kimyasallarında konsantrasyon arttıkça yanma süresinin arttığı gözlenmiştir.

D kimyasalı, 150 °C de 4 dk'da ve 200 °C de 45 sn'de fikse yapıldı ı durumlarda, dü ük konsantrasyonda yanma süresi orta ve yüksek konsantrasyona göre daha uzun olarak gözlenmi tir. Kullanılan yardımcı maddeler yanma süresini arttırmı tir.

4.1.2. Pamuklu kuma için yakma sonuçları

Pamuklu kuma larda pilot alevi söndükten sonraki yanma süreleri çizelgede belirtilmi tir. Bu durumda kuma ların yanma oranları da % olarak belirtilmi tir. Pilot alev yanarken yada pilot alev söndü ü durumlarda kuma lar yanmıyor ise bu durumda kömürle me miktarı uzunluk olarak belirtilmi tir.

Pamuklu kuma a ait yıkanmamı ve yıkanmı deneylerin yakma test sonuçları çizelge 4.3. ve çizelge 4.4.'da gösterilmi tir.

Çizelge 4.3. Yıkanmamı pamuklu kuma ların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/lt) | Yanma Süresi (sn) | Kömürle me Miktarı (cm) | Kuma Yanma Oranı (%) |
|-------------|----------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| A I Y 0 | HF CO | | 150 | 30 | | % 80 |
| A II Y 0 | HF CO | | 250 | 0 | 17 | - |
| A III Y 0 | HF CO | | 350 | 0 | 8 | - |
| B I Y 0 | L 54 | | 150 | 0 | 19 | - |
| B II Y 0 | L 54 | | 250 | 0 | 9 | - |
| B III Y 0 | L 54 | | 350 | 0 | 7 | - |
| C I Y 0 | L 55 | | 150 | 0 | 13,5 | - |
| C II Y 0 | L 55 | | 250 | 0 | 9 | - |
| C III Y 0 | L 55 | | 350 | 0 | 8 | - |
| D I Y 0 | LP 58 | | 150 | 0 | 22 | - |
| D II Y 0 | LP 58 | | 250 | 0 | 16 | - |
| D III Y 0 | LP 58 | | 350 | 0 | 14 | - |
| D I Y b 0 | LP 58 | Binder | 150 | 0 | 18,5 | - |
| D I Y S-P 0 | LP 58 | CSP | 150 | 4 | 22 | - |
| D I Y F 0 | LP 58 | F-ECO | 150 | 2 | 22 | - |
| D II Y b 0 | LP 58 | Binder | 250 | 0 | 18 | - |
| D II Y S-P | LP 58 | CSP | 250 | 0 | 20 | - |
| D II Y F 0 | LP 58 | F-ECO | 250 | 0 | 19 | - |

Yıkanmamı pamuklu kuma ta,

A kimyasalının etkilerini de erlendirildi inde; A kimyasalı en dü ük konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve yüksek konsantrasyonda yanma gerçekte memi tir. Konsantrasyon ortadan yüksek de ere arttı nda, kömürle me miktarının 17 cm'den 8 cm'ye dü tü ü gözlenmi tir.

B kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; B kimyasalı tüm konsantrasyonlarda yanmayı engelleme tir. Konsantrasyon dü ükten yüksek de ere arttıkça, kömürle me miktarının 19 cm'den 7 cm'ye dü tü ü gözlenmi tir.

C kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; C kimyasalı tüm konsantrasyonlarda yanmayı engelleme tir. Konsantrasyon dü ükten yüksek de ere arttıkça, kömürle me miktarının 13,5 cm'den 8 cm'ye dü tü ü gözlenmi tir.

D kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; D kimyasalı kimyasalı tüm konsantrasyonlarda yanmayı engelleme tir. Konsantrasyon dü ükten yüksek de ere arttıkça, kömürle me miktarının 22 cm'den 14 cm'ye dü tü ü gözlenmi tir. Kuma poliester içermedi i için 200 °C'de termoselleme ile fikse i lemi yapılmamı tir.

D kimyasalının, dü ük ve orta konsantrasyonda, yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı durumda; dü ük konsantrasyonda Siligen CSP ve Fixapret F-ECO ile çok kısa süre yanma dı ında yardımcı maddeler ile yanma gerçektelemi tir. Orta konsantrasyonda kullanılan tüm yardımcı kimyasallar kömürle me miktarının artmasına sebep olmu tur.

Çizelge 4.4. Bir kez yıkanmış pamuklu kumaşların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/lt) | Yanma Süresi (sn) | Kömürleme Miktarı (cm) | Kumaş Yanma Oranı (%) |
|-------------|----------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| A I Y 1 | HF CO | | 150 | 14 | | % 100 |
| A II Y 1 | HF CO | | 250 | 9 | | % 100 |
| A III Y 1 | HF CO | | 350 | 10 | | % 100 |
| B I Y 1 | L 54 | | 150 | 26 | | % 100 |
| B II Y 1 | L 54 | | 250 | 23 | | % 100 |
| B III Y 1 | L 54 | | 350 | 30 | | % 96 |
| C I Y 1 | L 55 | | 150 | 10 | | % 100 |
| C II Y 1 | L 55 | | 250 | 11 | | % 100 |
| C III Y 1 | L 55 | | 350 | 14 | | % 100 |
| D I Y 1 | LP 58 | | 150 | 16 | | % 100 |
| D II Y 1 | LP 58 | | 250 | 16 | | % 100 |
| D III Y 1 | LP 58 | | 350 | 11 | | % 100 |
| D I Y b 1 | LP 58 | Binder | 150 | 18 | | % 100 |
| D I Y S-P 1 | LP 58 | CSP | 150 | 16 | | % 100 |
| D I Y F 1 | LP 58 | F-ECO | 150 | 10 | | % 100 |
| D II Y b 1 | LP 58 | Binder | 250 | 16 | | % 100 |
| D II Y S-P | LP 58 | CSP | 250 | 17 | | % 100 |
| D II Y F 1 | LP 58 | F-ECO | 250 | 10 | | % 100 |

Bir kez yıkanmış pamuklu kumaşta,

B kimyasalının yüksek konsantrasyonunda %96 oranında yanan kumaşta, tüm kimyasalların tüm konsantrasyonlarında ve D kimyasalıyla kullanılan tüm yardımcı maddeler ile kumaşlar % 100 oranında yanmıştır. Bu yüzden 5 yıkamalı kumaşlar yanma testine sokulmamıştır.

A, B, C kimyasallarında konsantrasyon arttıkça yanma süresinin de i kenlik gösterdi i gözlenmi tir. Yanma süreleri 1 kez yıkanmı pamuk/poliester kuma göre daha kısa oldu u belirlenmi tir.

D kimyasalında dü ük ve orta konsantrasyonda kullanılan yardımcı kimyasalların yanma süresine etkilerinin de i kenlik gösterdi i gözlenmi tir.

4.1.3. Poliester kuma için yakma sonuçları

Poliester kuma larda pilot alevi söndükten sonraki yanma süreleri çizelgede belirtilmi tir. Bu durumda kuma ların yanma oranları da % olarak belirtilmi tir. Pilot alev yanarken yada pilot alev söndü ü durumlarda kuma larda meydana gelen büzü meler büzü me miktarı olarak belirtilmi tir.

Pamuklu kuma a ait yıkanmamı ve yıkanmı deneylerin yakma test sonuçları çizelge 4.5., çizelge 4.6 ve çizelge 4.7'da gösterilmi tir.

Çizelge 4.5. Yıkanmamı poliester kuma ların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/l) | Yanma Süresi (sn) | Kuma Büzülme Miktarı (cm) | Kuma Yanma Oranı (%) |
|--------------|----------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|
| A I Z 0 | HF CO | | 150 | 8 | 6,5 | % 10 |
| A II Z 0 | HF CO | | 250 | 0 | 3,5 | |
| A III Z 0 | HF CO | | 350 | 0 | 5 | |
| B I Z 0 | L 54 | | 150 | 2 | 4,5 | % 5 |
| B II Z 0 | L 54 | | 250 | 0 | 5,5 | |
| B III Z 0 | L 54 | | 350 | 0 | 6,5 | |
| C I Z 0 | L 55 | | 150 | 0 | 6 | |
| C II Z 0 | L 55 | | 250 | 0 | 5 | |
| C III Z 0 | L 55 | | 350 | 0 | 4,5 | |
| D I Z 0 | LP 58 | | 150 | 0-0 ¹ | 7,5-6,5 ¹ | |
| D II Z 0 | LP 58 | | 250 | 0-0 ¹ | 7,5-5,5 ¹ | |
| D III Z 0 | LP 58 | | 350 | 0-0 ¹ | 5,5-6 ¹ | |
| D I Z b 0 | LP 58 | Binder | 150 | 0 | 6,5 | |
| D I Z S-P 0 | LP 58 | CSP | 150 | 0 | 4 | |
| D I Z F 0 | LP 58 | F-ECO | 150 | 0 | 5 | |
| D II Z b 0 | LP 58 | Binder | 250 | 0 | 7 | |
| D II Z S-P 0 | LP 58 | CSP | 250 | 0 | 6 | |
| D II Z F 0 | LP 58 | F-ECO | 250 | 0 | 7 | |

Yıkanmamı poliester kuma ta,

A kimyasalının etkilerini de erlendirildi inde; A kimyasalı en dü ük konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve yüksek konsantrasyonda yanma gerçekte memi tir. Konsantrasyon ortadan yüksek de ere arttı nda, büzülme miktarının 3,5 cm'den 5 cm'ye çıktı ı gözlenmi tir.

B kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; B kimyasalı en dü ük konsantrasyonda çok kısa süreli yanmayı engelleyemez iken orta ve yüksek

konsantrasyonda yanma gerçekle memi tir. Konsantrasyon ortadan yüksek de ere arttı ında, büzülme miktarının 5,5 cm'den 6,5 cm'ye çıktı ı gözlenmi tir.

C kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; C kimyasalı tüm konsantrasyonlarda yanmayı engelleme tir. Konsantrasyon d kten yüksek de ere arttı, büzülme miktarının 6 cm'den 4,5 cm'ye d t  gözlenmi tir.

D kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; D kimyasalı, her iki fikse artında ve tüm konsantrasyonlarda yanmayı engelleme tir. Fikse artlarının büzülme miktarı üzerine etkisinin de i ken oldu u gözlenmi tir.

D kimyasalının, d k ve orta konsantrasyonda, yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı durumda yanma gerçekle memi tir. Büzülme miktarları yardımcı madde kullanımı ile de i kenlik gösterirken, d k konsantrasyonda, orta konsantrasyona ve yardımcı madde kullanılmayan 150  C de fikse yapılan deneye göre daha kısa büzülme miktarı oldu u gözlenmi tir.

Çizelge 4.6. Bir kez yıkanmış poliestere kumaşların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/ltr) | Yanma Süresi (sn) | Kuma Büzülme Miktarı (cm) | Kuma Yanma Oranı (%) |
|--------------|----------|-------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|
| A I Z 1 | HF CO | | 150 | 0 | 5 | |
| A II Z 1 | HF CO | | 250 | 1,5 | 6 | |
| A III Z 1 | HF CO | | 350 | 28 | 14 | % 35 |
| B I Z 1 | L 54 | | 150 | 0 | 7 | |
| B II Z 1 | L 54 | | 250 | 0 | 7,5 | |
| B III Z 1 | L 54 | | 350 | 2 | 6 | % 15 |
| C I Z 1 | L 55 | | 150 | 3 | 7 | % 10 |
| C II Z 1 | L 55 | | 250 | 15 | 8 | % 15 |
| C III Z 1 | L 55 | | 350 | 21 | 8 | % 25 |
| D I Z 1 | LP 58 | | 150 | 0-0 ¹ | 7-6,5 ¹ | |
| D II Z 1 | LP 58 | | 250 | 0-0 ¹ | 6-6 ¹ | |
| D III Z 1 | LP 58 | | 350 | 0-0 ¹ | 6-6 ¹ | |
| D I Z b 1 | LP 58 | Binder | 150 | 37 | 22 | % 50 |
| D I Z S-P 1 | LP 58 | CSP | 150 | 22 | 15 | % 35 |
| D I Z F 1 | LP 58 | F-ECO | 150 | 0 | 4,5 | |
| D II Z b 1 | LP 58 | Binder | 250 | 27 | 20 | % 50 |
| D II Z S-P 1 | LP 58 | CSP | 250 | 25 | 14 | % 35 |
| D II Z F 1 | LP 58 | F-ECO | 250 | 0 | 5 | |

Bir kez yıkanmış poliestere kumaşta,

A kimyasalının etkilerini de erlendirildi inde; A kimyasalı yüksek konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve düşük konsantrasyonda yanma gerçekleşmemiştir. Orta ve düşük konsantrasyondaki büzülme miktarlarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir.

B kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; B kimyasalı yüksek konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve düşük konsantrasyonda

yanma gerçekle mi tir. Orta ve d k konsantrasyondaki büzülme miktarlarının birbirine yakın oldu u gözlenmi tir.

C kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; C kimyasalı ile tüm konsantrasyonlarda yanma gerçekle mi tir. Konsantrasyon arttıça kuma yanma oranı % 10'dan %25'e ykselmi tir.

D kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; D kimyasalı, her iki fikse artında ve tüm konsantrasyonlarda yanmayı engelle mi tir. Fikse artlarının büzülme miktarı üzerine etkisinin olmadı ı gözlenmi tir.

D kimyasalının, d k ve orta konsantrasyonda, yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı deneylerde, Fixapret F-ECO hariç di er kimyasallar ile yanma gerçekle mi tir. Kuma yanma oranları yardımcı madde kullanımı ile de i kenlik gösterdi i gözlenmi tir.

Çizelge 4.7. Be kez yıkanmış poliester kumaşların yakma test sonuçları.

| Tanım | Kimyasal | Yardımcı Kimyasal | Kimyasal Kons. (gr/lt) | Yanma Süresi (sn) | Kuma Büzülme Miktarı (cm) | Kuma Yanma Oranı (%) |
|--------------|----------|-------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|
| A I Z 5 | HF CO | | 150 | 29 | | % 75 |
| A II Z 5 | HF CO | | 250 | 0 | 7 | |
| A III Z 5 | HF CO | | 350 | 0 | 7 | |
| B I Z 5 | L 54 | | 150 | 0 | 6 | |
| B II Z 5 | L 54 | | 250 | 0 | 6 | |
| B III Z 5 | L 54 | | 350 | 0 | 4 | |
| C I Z 5 | L 55 | | 150 | 2 | 6 | |
| C II Z 5 | L 55 | | 250 | 0 | 5 | |
| C III Z 5 | L 55 | | 350 | 0 | 7 | |
| D I Z 5 | LP 58 | | 150 | 0-0 ¹ | 3-5 ¹ | |
| D II Z 5 | LP 58 | | 250 | 0-0 ¹ | 9-8 ¹ | |
| D III Z 5 | LP 58 | | 350 | 0-0 ¹ | 4-5 ¹ | |
| D I Z b 5 | LP 58 | Binder | 150 | 0 | 7 | |
| D I Z S-P 5 | LP 58 | CSP | 150 | 0 | 8 | |
| D I Z F 5 | LP 58 | F-ECO | 150 | 0 | 6 | |
| D II Z b 5 | LP 58 | Binder | 250 | 0 | 6 | |
| D II Z S-P 5 | LP 58 | CSP | 250 | 0 | 7 | |
| D II Z F 5 | LP 58 | F-ECO | 250 | 0 | 6 | |

Be kez yıkanmış poliester kumaşa,

A kimyasalının etkilerini de değerlendirildiğinde; A kimyasalı düşük konsantrasyonda yanmayı engelleyemez iken orta ve yüksek konsantrasyonda yanma gerçekleşmemiştir. Orta ve düşük konsantrasyondaki büzülme miktarlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

B kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; B kimyasalı ile hiçbir konsantrasyonda yanma gerçeikle memi tir. Orta ve dü ük konsantrasyondaki büzülme miktarlarının birbirine yakın oldu u gözlenmi tir.

C kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; C kimyasalı ile hiçbir konsantrasyonda yanma gerçeikle memi tir. Konsantrasyon artı ı ile büzülme miktarlarının de i kenlik gösterdi i gözlenmi tir.

D kimyasalının etkileri de erlendirildi inde; D kimyasalı ile hiçbir konsantrasyonda yanma gerçeikle memi tir. Konsantrasyon artı ı ile büzülme miktarlarının de i kenlik gösterdi i gözlenmi tir.

D kimyasalının, dü ük ve orta konsantrasyonda, yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı deneylerde yanma gerçeikle memi tir. Kuma büzülme miktarlarının yardımcı madde kullanımı ile de i kenlik gösterdi i gözlenmi tir.

4.2. Beyazlık Sonuçları

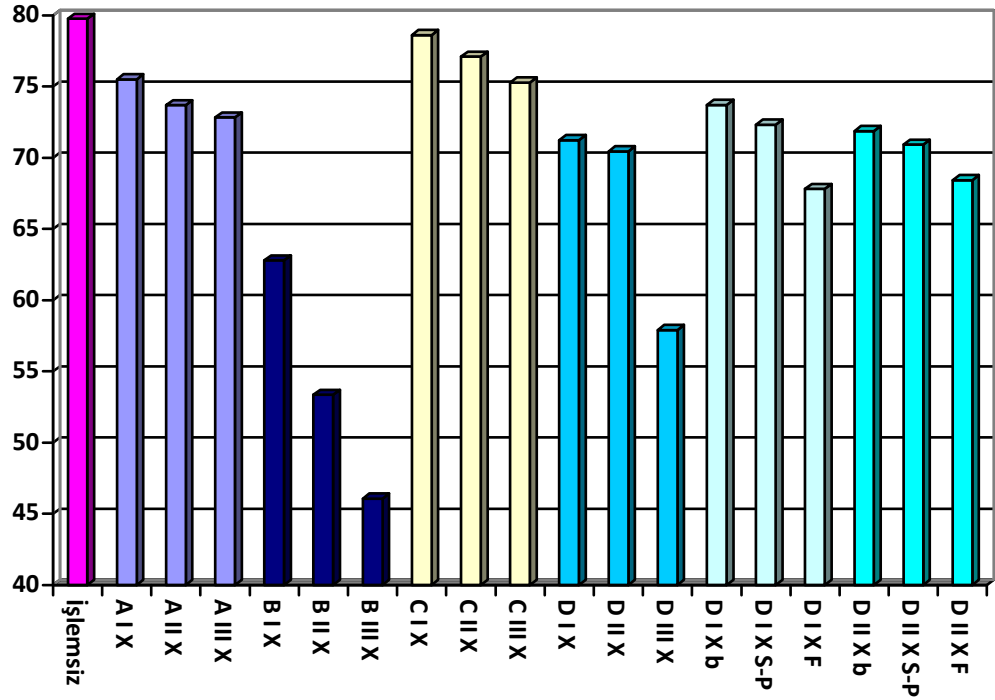
Spektrofotometreden çözgü yönüne dikkat edilerek 4 katlı olarak 3 kez okutulan deneylerin ortalama beyazlık de erleri dikkate alınarak grafik haline getirilmi tir.

4.2.1. Pamuk / poliester kuma ta beyazlık sonuçları

Pamuk/poliester kuma a ait beyazlık sonuçları ekil 4.1.'de gösterilmektedir.

Beyazlık
WCIE

Pamuk / Poliester Kuma Beyazlık Sonuçları



ekil 4.1. Pamuk poliester kuma için beyazlık ölçüm sonuçları

Beyazlık sonuçları incelendi inde;

A kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür.

B kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde, di er kimyasallara göre büyük miktarda dü ü ler görülmü tür. En dü ü k beyazlık derecelerinin, B kimyasalı kullanıldı ında ortaya çıktı ı gözlenmi tir.

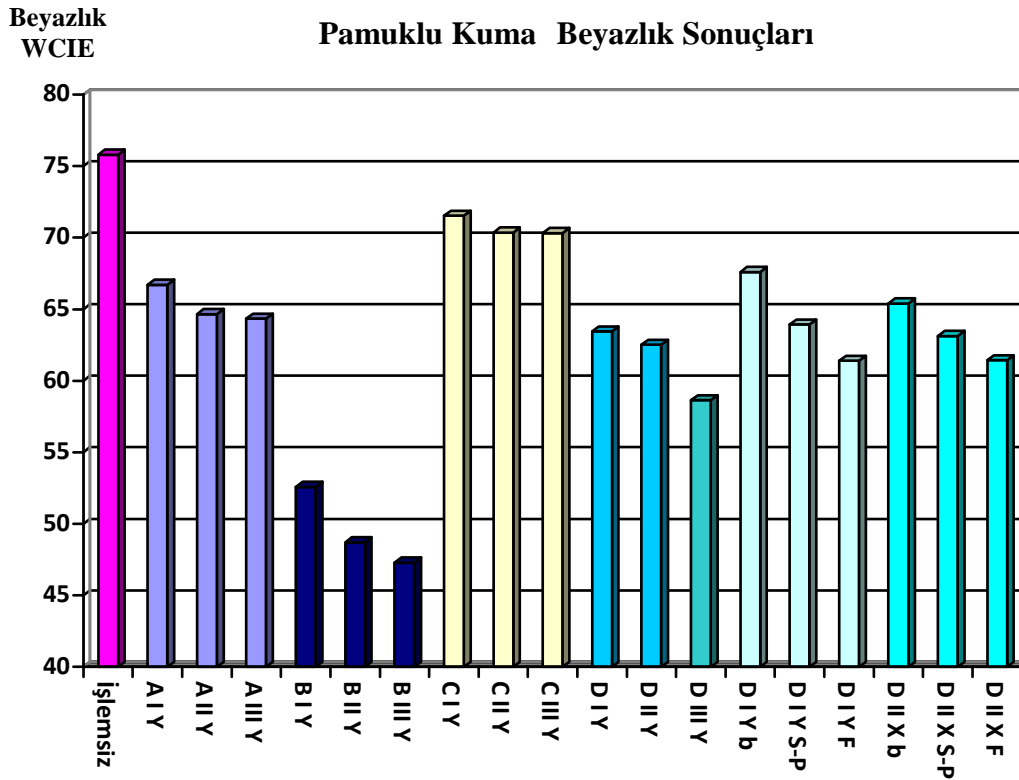
C kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür. En yüksek beyazlık derecelerinin, C kimyasalı kullanıldı ında ortaya çıktı ı gözlenmi tir.

D kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde dü ü ler görülmü tür. Yüksek konsantrasyonda daha fazla dü ü oldu u gözlenmi tir.

D kimyasallının, dü ük ve orta konsantrasyonda yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı deneylerde; dü ük konsantrasyonda beyazlık sonuçlarının orta konsantrasyona göre çok hafif yüksek oldu u gözlenmiştir. Yardımcı kimyasallara göre en yüksek beyazlık sonuçları binder kullanıldı ında, en dü ük beyazlık sonuçları ise Fixapret F-ECO kullanıldı ı durumda ölçülmü tür.

4.2.2. Pamuklu kuma ta beyazlık sonuçları

Pamuklu kuma a ait beyazlık sonuçları ekil 4.2.'de gösterilmektedir.



ekil 4.2. Pamuklu kuma için beyazlık ölçüm sonuçları

Beyazlık sonuçları incelendi inde;

A kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür.

B kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür. En dü ük beyazlık derecelerinin, B kimyasalı kullanıldı ında ortaya çıktı ı gözlenmiştir.

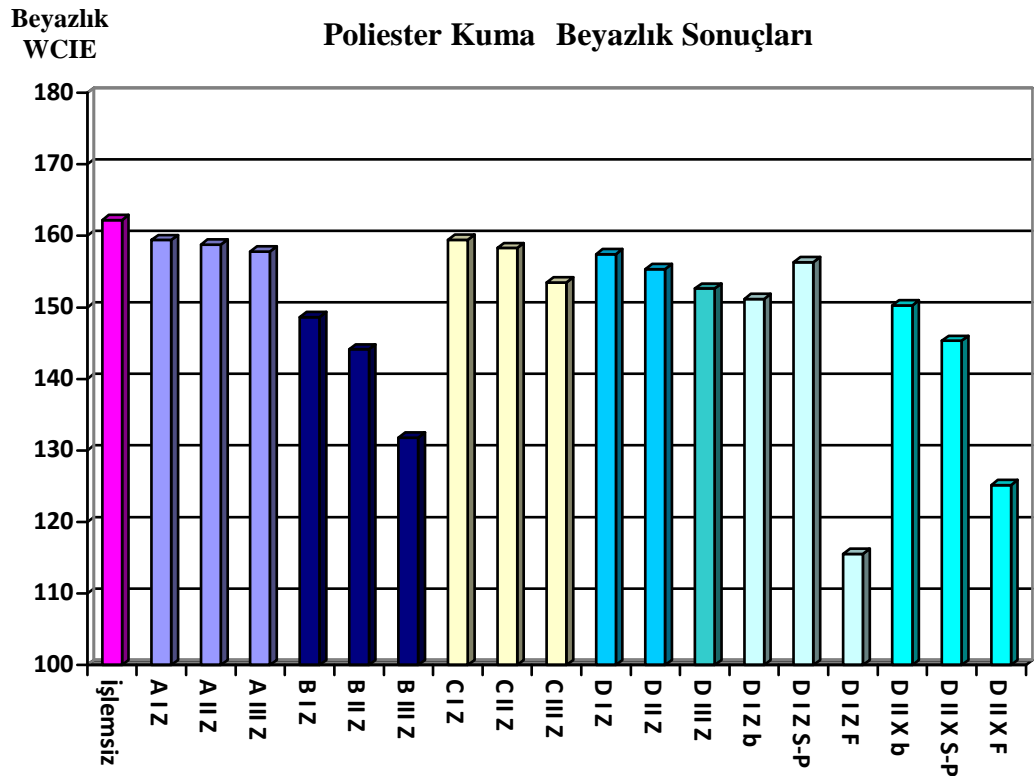
C kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür. En yüksek beyazlık derecelerinin, C kimyasalı kullanıldı ında ortaya çıktı ı gözlenmi tir.

D kimyasalı kullanıldı ında, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde dü ü ler görülmü tür. Yüksek konsantrasyonda daha fazla dü ü oldu u gözlenmi tir.

D kimyasallının, dü ü k ve orta konsantrasyonda yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı deneylerde; dü ü k konsantrasyonda beyazlık sonuçlarının orta konsantrasyona göre çok hafif yüksek oldu u gözlenmi tir. Yardımcı kimyasallara göre en yüksek beyazlık sonuçları binder kullanıldı ında, en dü ü k beyazlık sonuçları ise Fixapret F-ECO kullanıldı ı durumda ölçülmü tür.

4.2.3. Poliester kuma ta beyazlık sonuçları

Poliester kuma a ait beyazlık sonuçları ekil 4.3.'te gösterilmektedir.



ekil 4.3. Poliester kuma için beyazlık ölçüm sonuçları

Beyazlık sonuçları incelendi inde;

A kimyasalı kullanıldı nda, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür.

B kimyasalı kullanıldı nda, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür. En dü ü k beyazlık derecelerinin, B kimyasalı kullanıldı nda ortaya çıktı ı gözlenmi tir.

C kimyasalı kullanıldı nda, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde küçük dü ü ler görülmü tür.

D kimyasalı kullanıldı nda, konsantrasyon arttıkça beyazlık de erinde dü ü ler görülmü tür.

A,C ve D kimyasallarının beyazlık ölçüm sonuçlarının birbirine yakın oldu u gözlenmi tir.

D kimyasallının, dü ü k ve orta konsantrasyonda yardımcı maddeler ile kombine kullanıldı ı deneylerde; dü ü k konsantrasyonda beyazlık sonuçlarının orta konsantrasyona göre çok hafif yüksek oldu u gözlenmi tir. Yardımcı kimyasallara göre en yüksek beyazlık sonuçları, dü ü k konsantrasyonda Silgen CSP kullanıldı nda, orta konsantrasyonda ise binder kullanıldı nda, en dü ü k beyazlık sonuçları ise Fixapret F-ECO kullanıldı ı durumda ölçülmü tür.

5. SONUÇ ve ÖNER LER

Pamuk/poliester kuma larda, özellikle fosfat-azot bile i i esaslı A kimyasalı yanmayı engelleyememi iken, organik fosfor bile i i olan B kimyasalı ve çiklik fosfat esaslı D kimyasalı orta ve yüksek konsantrasyonda güç tutu ur etkiyi sa lamı tır. Bununla birlikte 1 yıkama sonunda, sadece B kimyasalının yüksek konsantrasyonunda %8 kadar yanmayan kuma kalmı , bunun dı ında tüm kimyasallar ile aplikasyon yapılan kuma ların tamamı yanmı tır.

Yıkama dayanımı etkilerini inceleme amaçlı kullanılan yardımcı kimyasallar; binder (b), poliakrilat bazlı silikon (CSP) ve DMDHEU (F-ECO) bazlı reçine, güç tutu urluk etkisini olumsuz yönde etkilemi lerdir. Bunun yanında 1 yıkama sonunda yıkama dayanımı üzerine olumlu etkileri olmamı ve yardımcı kimyasallar ile kombine edilen deneylerdeki tüm kuma ların tamamı yanmı tır.

Pamuklu kuma larda A kimyasalının dü ük konsantrasyonu dı ında tüm kimyasallar güç tutu urluk etkisi sa larken, 1 yıkama sonunda, B kimyasalının yüksek konsantrasyonunda %4 kadar yanmayan kuma kalmı bunun dı ında tüm kimyasallar ile aplikasyon yapılan kuma ların tamamı yanmı tır.

Yardımcı kimyasallar ile kombine edilen deneylerde güç tutu urluk etkisi olumsuz yönde etkilenirken, 1 yıkama sonunda yardımcı kimyasalların bulundu u tüm deneylerdeki kuma ların yanması ile bu yardımcı kimyasalların yıkama dayanımlarını pamuklu kuma larda arttırmadı ı gözlemlenmi tir.

Poliester kuma larda A kimyasalının dü ük konsantrasyonu dı ında yanma olmamı tır. 1 yıkama sonunda D kimyasalı ve B kimyasalı ile aplikasyon yapılmı kuma lar dı ındaki di er kimyasallarla yapılan aplikasyonların bazılarında yanmalar meydana gelmi tir. 5 yıkama sonunda ise A kimyasalının en dü ük konsantrasyonu dı ında hiçbir kuma yanmamı tır.

Bu deneylerde kullanılan yardımcı kimyasalların güç tutu urluk üzerine olumlu etkisi belirlenememi tir. 1 yıkama sonunda rastlantısal yanmalara ba lı olarak güç tutu uruk etkisi sa lanamamı görünürken 5 yıkama sonunda yanma gerçekte memi tir.

Tüm kuma lar gözönünde bulunduruldu unda, organik fosfor esaslı B kimyasalı tüm kuma tiplerinde iyi güç tutu urluk sonuçları sa lamı tır. Pamuk/poliester kuma larda iskelet etkisi kendini göstermekte ve kuma yanma oranları pamuklu kuma lara göre fazladır. 1 yıkama sonrasında hem pamuk/poliester hem pamuklu kuma larda, yardımcı kimyasallar ile kombine edilen aplikasyonlar da dahil tüm kuma ların yanması, bu çalı mada kullanılan ve halojen içermeyen fosfat ve azot bile iklerinin yıkama dayanımlarının olmadı nı, artan kimyasal konsantrasyonlarının ve yardımcı kimyasalların yıkama dayanımlarını geli tirmedini göstermektedir.

Poliester kuma ta ise yıkanmamı kuma ta yanma oranları dü ük iken 1 yıkama sonrasında özellikle yardımcı kimyasal içeren kombine aplikasyonlarda yanma oranları artmı tır. 5 yıkamada ise yanma oranları yine dü ük seviyededir. Bu durum poliester kuma ın büzülmesi ile alev kayna ından uzakla ması ve yanma gerçekleş e dahi yanmanın izledi i yolun rastgele olması ile yine rastgele damlama olması ve bu damlama ile yanan kısım uzakla ırsa kuma ın yanmasının durması sebebiyle güç tutu urluk etkisi çok kuvvetli olmayan kimyasallarda yanmanın rastlantısal olmasına ba lanabilir.

Lerdkajornsuk and Charuchında (2010) ve Lu et al. (2009) yaptıkları deneylerde bentonitin güç tutu urluk üzerine etkilerine ara tırımı ve damlama ile kömürle me üzerine olumlu etkilerini gözlemlerlerdir. Emdirme yöntemi ile etkilerini ara tırdı ımız bentonit ile yapılan ön denemelerde; bentonit tekba ına ve 2 kimyasal ile kombine kullanıldı ında, tek ba ına güç tutu ur etki göstermedi i gibi di er 2 kimyasalın güç tutu urluk etkilerini de geriye götürmü tür.

Beyazlık sonuçları incelendi inde genellikle tüm kuma tiplerinde konsantrasyon artı ının beyazlı ı olumsuz etkiledi i, güç tutu urluk testlerinde iyi sonuçlar sa layan B kimyasalının en dü ük beyazlık sonuçlarına sahip oldu unu, B kimyasalında konsantrasyon artı ının di er kimyasallara göre daha fazla beyazlık dü mesine sebep oldu u gözlemlenmi tir. Yardımcı kimyasallardan DMDHEU (F-ECO) reçinesi ile yapılan aplikasyonların en fazla beyazlık dü üüne sebep oldu u görülmektedir.

Öneriler:

- Emdirme yöntemi kullanılacak ise, bu çalı mada kullanılan ekolojik (halojensiz) güç tutu ur kimyasallara ilave olarak, yeni çalı malarda halojen içeren tüç tutu urluk kimyasalları gibi di er bile ikleri içeren kimyasalların güç tutu urluk etkileri ve yıkama dayanımları incelenebilir.
- Farklı tipte kuma lar üzerinde fosfat ve azot bile iklerinin etkileri ara tırılabilir. Yanmaz lifler ile desteklenmi yada karı m halinde kuma lar kullanılabilir.
- Özellikle %100 poliester kuma ın büzülme ve damlama etkisi ile yanmayı rastlantısal hale getiren özelliklerine kar ı, dikey yakma dı nda de i ik yakma standartlarında testler yapılabilir.
- Yıkama dayanımlarını geli tirmek için yanma özelli i dü ük olan ve polimerle ebilen farklı kimyasal maddeler ile çalı ma yapılabilir.
- Kil gibi maddeler ile güç tutu urluk sa lanmak isteniyor ise, emdirme yöntemi yerine selülozik do al lifli kuma larda kaplama, sentetik lifli kuma larda ise polimere dahil etme gibi yöntemler kullanılarak etkileri ara tırılabilir.

KAYNAKLAR D Z N

Additives for Polymers, 2011, Flame retardants market to reach US\$5.8 billion by 2018, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306374711701889> (Eri im tarihi: ubat 2014)

Altay, P., 2010, Polester Kuma ların Emdirme Ve Çektirme Yöntemlerine Göre Güç Tutu urluk Özelliklerinin ncelenmesi Üzerine Bir Ara tırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 132s.

Bayramo lu, E.Ç., 2003, Lyocell ve Lyocell/Pamuk Karı ımlarının Alev Etkeni Kar ısındaki Davranı ları, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, 98s.

Calamari, T.A. and Harper, R.J., 1994, Flame Retardants for Textiles, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 10, 4th ed., 420-425pp.

Cireli, A., 2000, Isıya ve aleve dayanıklı koruyucu giysiler, Tekstil & Teknik, Aralık, (191):181-187ss.

Çelebi, K., 2009, Poliester Öorme Kuma ın Güç Tutu urluk Davranı mın ncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uluda Üniversitesi, 83s.

Çim it, M., 1999, Makine Halılarının Alev Alma Özellikleri ve Yanmaya Kar ı Gösterdikleri Direnç, Yüksek Lisans Tezi, stanbul Teknik Üniversitesi, 160s.

Çoban, S., 1999, Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim lemleri, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Ara tırma-Uygulama Merkezi Yayını, yayın no:10, zmir, 314s.

Demirel, M., 2007, Cam Elyaf Takviyeli Poliester Kompozitlere Yanmazlık Özelli i Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 179s.

Du, B., Guo, Z., Song, P., Liu, H., Fang, Z. and Wu, Y., 2009, Flame retardant mechanism of organo-bentonite in polypropylene, Applied Clay Science, 45:178-184pp.

Gül en, G., 2009, Güç Tutu ur Kuma Üretiminde Bor Bile iklerinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmara Sütçü mam Üniversitesi, 90s.

Günsal, Ç., 2007, Tekstil Malzemelerine Yanmazlık Özelli inin Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 177s.

Horrocks, A. R. and Price, D., 2001, Fire Retardant Materials, Woodhead Publishing, Cambridge, 429p.

KAYNAKLAR D Z N (devam)

- Horrocks A.R.**, 2011, Flame retardant challenges for textiles and fibres: New chemistry versus innovatory solutions, *Polymer Degradation and Stability*, 96(3), 377-392pp.
- Horrocks, A.R. and Anand, S.C.**, 2000, *Handbook of Technical Textile*, Woodhead Publishing Series in Textiles, New York, 576p.
- Hull, T.R. and Stec, A.A.**, 2009, *Polymers and Fire, Fire Retardancy of Polymers New Strategies and Mechanism*, RSC Publishing, Cambridge, 433p.
- Kabasakal, F.M.**, 2011, Hammaddeleri Farklı Tekstil Malzemelerine Güç Tutu urluk Özelli inin Kazandırılmasında Yeni Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmara Sütçü mam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76s .
- Kadolph, S. J. and Langford, A. L.**, 2002, *Textiles (9th edition)*, New Jersey, Pearson Education. 496p.
- Kalın, M.B.**, 2008, Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Kar ı Dirençlerinin Artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmara Sütçü mam Üniversitesi, 86s.
- Kracklauer, J.**, 1978, Smoke and Tenability: A Perspective on the Materials Approach to the Fire Problem, 285-323, *Flame Retardant Polymeric Materials*, Lewin M. et al (Eds), Plenum Pres, New York, 333 p.
- Kutlu, B.**, 2002, Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 111s.
- Kutlu, B.**, 2008, Plazma Teknolojisi Kullanılarak Çe itli Do al ve Sentetik Liflerin Buru mazlık ve Güç Tutu urluk Özelliklerinin Geli tirilmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 112s.
- Lerdkajornsuk P. and Charuchında S.**, 2010, Study on flame retardancy and anti-dripping of polyester fabric treated with bentonite, diammonium hydrogen phosphate and aluminium hydroxide, *Journal of Metals*, 20(2):63-70pp.
- Lewin, M.** 1997, Flame retardancy of polymeric materials,. *Chem Oggi-ChemToday*. 6-7pp.
- Lu, S.Y. and Hamerton, I.**, 2002, Recent developments in the chemistry of halojen-free flame retardant polymers., *Progress In Polymer Science*, 27:1661-1712pp.
- Nielsen, L.E. and Landel, R.F.**, 1994, *Mechanical Properties of Polymers and Composites*, 2nd Edition, Marcel Dekker Inc., United States, 16-17, 580p.

KAYNAKLAR D Z N (devam)

- Ömero ulları, Z. ve Kut, D.**, 2012, Tekstilde güç tutu urluk, Uluda Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, (17) 1:27-41ss.
- Ömero ulları, M.**, 1996, Liflerin Yanma Farklılıkları ve Güç Tutu urluk Özelli i Kazandırılması, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Ara tırma-Uygulama Merkezi, VII. Uluslararası zmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, 591-599ss.
- Özcan, G.**, 2002, Örme Kuma Yapısının Güç Tutu ma Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, stanbul Teknik Üniversitesi, 143s.
- Özcan, G., Dayio lu, H. ve Candan, C.**, 2004, Tekstilde güç tutu ma teknikleri, Tekstil & Teknik, (233) Haziran, 318-329ss.
- Red Orbit**, 2013, Flame Retardant Chemicals: Technologies and Global Markets , <http://www.redorbit.com/news/science/1112942060/global-flame-retardant-chemicals-market-2018-technology-forecasts-and-trends/#fbxGjaowiTY5wTEz.99> (Eri im tarihi: ubat 2014)
- Report Linker**, 2013, Flame Retardant Chemicals: Technologies and Global Markets, http://www.reportlinker.com/p01622606/Flame-Retardant-Chemicals-Technologies-and-Global-markets.html#utm_source=prnewswire&utm_medium=pr&utm_campaign=Chemical (Eri im tarihi: ubat 2014)
- Saçak, M.**, 2002, Polimer Kimyası, Gazi Kitabevi, Ankara, 525s.
- Schindler, W.D. and Hauser, P. J.**, 2004, Flame-retardant finishes, Chemical Finishing of Textiles, 98-116pp.
- Seventekin, N.**, 2004, Tekstil Kimyası, E.Ü Tekstil ve Konfeksiyon Ara tırma-Uygulama Merkezi Yayınları, 68-70, 77, 87-88ss.
- Tarakçio lu, I.**, 1986, Tekstil Terbiyesi ve Makineleri: Poliester Liflerinin Üretimi ve Terbiyesi 3, zmir, 267-268, 526-538ss.
- Tatli, Ö. N.**, 2007, Üç plik Kuma Yapısının ve Geçirdi i Terbiye lemlerinin Yanma Davranı ı Üzerine Etkileri. stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, stanbul. 101s.
- Weil, E.D. and Levchik, S.V.**, 2008, Flame retardants in commercial use or development for textiles, Journal of Fire Sciences, 26: 243-280pp.
- Yavuz, H.**, 2007, Plazma Polimerizasyon Yöntemiyle Polimerik Malzemelere Yanmazlık Özelli inin Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, 130s.

ÖZGEÇM

smail Faruk BÜTÜNER, 1979 yılında Konya'da do du. Orta ö retimini Konya Meram Anadolu Lisesi'nde, lise ö renimini Konya Fen Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisli i bölümünde ba ladı ı lisans e itimini 2001 yılında bitirdi. Aynı bölümde yüksek lisansa ba ladı. Bildi i yabancı dil ngilizce'dir.