

39689

**PERDELİK, DÖŞEMELİK VE HALI TİPİNDEKİ TEKSTİL
MALZEMELERİNİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN
ÇEŞİTLİ DENEYLER YAPILARAK İNCELENMESİ VE BU
DENEYLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tekstil Müh. Ü. Telem Gök

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Haziran 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 1994

**Tezin Danışmanı
Diğer Jüri Üyeleri**

**: Prof. Dr. Bülent Özipek
: Doç. Dr. Habip Dayıoğlu
Yrd. Doç. Dr. Fatma Kalaoğlu**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

HAZİRAN 1994

ÖNSÖZ

Günümüzde tekstil malzemelerinin yanma özelliklerine gittikçe artan bir önem verilmektedir. Özellikle bazı alanlarda malzemelerin güç tutuşur özellikte olması istenmektedir. Malzemelerin yanma özelliklerini incelemek için çeşitli test metodları mevcuttur. Hangi tip malzeme için hangi test metodunun kullanılacağı önemlidir.

Bu durumlar göz önünde bulundurularak, ev tekstili alanında perdelik, döşemelik ve halı tipindeki kumaşların yanma özellikleri çeşitli yanma deneyleri yapılarak incelenmiş ve bu deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu tezin yapılmasında başta benden yardımlarını esirgemeyen Tez Danışmanı Hocam Sayın Prof.Dr.Bülent Özipek'e olmak üzere, diğer bölüm hocalarıma, Üniversite-Sanayi işbirliğini destekleyen AYDIN TEKSTİL A.Ş.'nin sahibi Sayın Mahmut Aydın'a, Kimya Mühendisi Sayın Oğuz Fil'e, AYGENTEKS'de görevli Tekstil Mühendisi Sayın M.Faruk Demirel'e, AYDIN ÖRME A.Ş.'de görevli Tekstil Mühendisi Sayın Mahmut Emin Tunç'a, Sayın Prof.Dr. İlhami Çetin'e, Makina Mühendisi Sayın Mahiser Goncal'a, İ.T.Ü.-İTKİB Konfeksiyon Kalite Kontrol ve Araştırma Laboratuvarı sorumluları Sayın Kamil Özunal'a, Uzman Mühendis Sayın Muharrem Doldur'a ve Sayın Adil Erdoğan'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca tezimin bilgisayar çalışmalarında bana yardımcı olan Yük.Mak.Müh. Sayın Bülent Bölüt'a ve Sayın Samir Sadiku'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY.....	vi
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR.....	3
2.1. Tekstil Ürünlerinin Yanması.....	3
2.2. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemleri.....	7
2.2.1. Güç Tutuşur Tekstil Ürünlerinin Elde Edilmesi.....	8
2.2.2. Selüloz Liflerinin Güç Tutuşurluk Bitim İşlemlerinde Kullanılan Maddeler.....	9
2.2.2.1. Yıkamaya Karşı Dayanıksız Güç Tutuşurluk Etkisi Sağlayan Maddeler.....	9
2.2.2.2. Yıkamaya Kısmen Dayanıklı Güç Tutuşurluk Etkisi Sağlayan Maddeler.....	11
2.2.2.3. Yıkamaya Karşı Dayanıklı Güç Tutuşurluk Etkisi Sağlayan Maddeler.....	13
2.2.3. Güç Tutuşurluk Terbiye İşlemlerinde Kullanılan Maddelerde Aranılan Özellikler.....	14
2.3. Mevcut Bulunan Yanma Testi Metodları, Test Cihazları ve Bunların Karşılaştırılması.....	15
BÖLÜM 3. MALZEME, YANMA TESTLERİNDE KULLANILAN TEST CİHAZI VE TEST METODLARI.....	41
3.1. Malzemeler.....	41
3.2. Perdelik ve Döşemelik Kumaşlar İçin Yapılan Deneyler ve Test Cihazı.....	41
3.3. Halılar İçin Yapılan Deneyler.....	45
BÖLÜM 4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	51
4.1. Perdelik ve Döşemelikler.....	51

4.2. Halılar.....	59
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	68



ÖZET

Günümüzde tekstil malzemelerinin yanma özelliklerine gittikçe artan bir önem verilmeye başlanmasıyla birlikte, bu özelliklerin değerlendirilmesi için farklı test metodları ve standartların geliştirilmesi yönünde bir eğilim oluşmuştur. Test edilecek malzemenin tipine göre kullanılacak test metodu değişmektedir. Kullanılan test metodunun uygunluğu büyük önem taşımaktadır.

Bu tezde ev tekstili tipindeki perdelik ve döşemelik kumaşlar ile halılar çeşitli testlere tabi tutularak yanma özellikleri incelenmiştir. Farklı testlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek testler arasında bir karşılaştırma yapılmıştır.

Perdelik ve döşemelik kumaşlar için yapılan testler sonucunda gramajın alev yayılma hızına etki eden önemli bir faktör olduğu bulunmuştur. Dikey test sonucunda bulunan alev yayılma hızlarının yatay test sonucunda bulunan alev yayılma hızlarından yüksek olduğu, ancak numunelerin her iki testte de benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu iki testin bu alanda kullanılmasının uygun olduğu, ancak bazı durumlarda yetersiz kaldığı düşünülmektedir.

Halılar için yapılan kızgın metal somun ve metenamin tablet testlerinin sonuçları değerlendirildiğinde bir testte iyi sonuçlar veren numunenin diğer testte daha kötü sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu da iki testin birbirlerinin yerine kullanılamayacağını göstermiştir. Halıların yanma özelliklerinin değerlendirilmesinde bu iki testi kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir.

SUMMARY

THE INVESTIGATION OF BURNING BEHAVIOUR OF CURTAIN AND UPHOLSTERY FABRICS AND CARPETS BY DIFFERENT BURNING TESTS AND THE COMPARISON OF THESE TESTS

Textiles carry great importance in human-being's life: As a cloth or as a bed, as the interior parts of his car or as a covering material on the wall of his house, textiles are always in human-being's life. In the past, textiles were used for hiding some parts of the body or preventing one's self from heat or cold. But, now, textiles are preferred to have features like being healthy, esthetic or having a protective performance against some extreme conditions. There is an improvement in the features of the textiles going parallel with the development of the technology.

During the past 40 years, there has been much research and publication in the area of fabric flammability and its prevention and concurrent activity in the field of test methods, legislation and policy. Initial work was concerned with performance of individual textile fabrics, but, more recently, the activities have been directed towards garments or clothing systems and also towards mattresses (bedding) and upholstered furniture.

Flame retardancy of textiles is an important feature from the point of view if the safetiness of textiles is discussed. For this reason, increasing importance is given to the finishing processes applied for flame retardant (FR) textiles. FR materials are especially used in the areas of military applications, vechicles, clothing textiles and decorative materials.

The burning behaviour and FR characteristic of textiles are also important in export. Especially for Turkey, being in an exporter country position in the field of textiles, it is important to satisfy the needs of the importer countries. The producers and also the consumers should be

aware of the importance of the burning behaviour and FR characteristic of products.

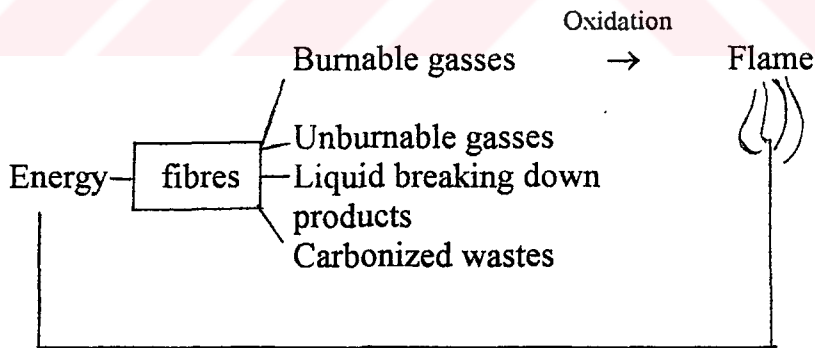
The burning of a textile material occurs in four steps:

- a) The heating of the material
- b) The thermic breaking down of macromolecules-pyrolisis
- c) Ignition
- d) Burning

If a certain amount of energy is given to the product, the surface temperature increases according to the thermic values of the product like:

- specific heat,
- heat conductivity,
- melting heat,
- evaporation heat.

Pyrolisis begins when the breaking down point of the product is reached. The following products are obtained at the end of the pyrolisis:



How great is the amount of the burnable gasses among these products, that easy is ignition. If the amount of the other products is greater, ignition and burning are difficult.

Ignition can be defined as the transfer of a system from the metastable position into the burning position. Burning is started by the

burnable gasses that ignite in the presence of oxygen in the air at a certain temperature.

There are some methods to give FR characteristic to textile materials:

a) Some fibres are FR themselves because of their structure. Ex; Kevlar, Durette, glass fibres, carbon fibres, etc.

These fibres can show FR characteristic without being treated by a finishing process, but because of not showing enough textile features and being very expensive, they cannot find a great application.

b) Some chemicals are added to fibres before spinning of synthetic fibres.

c) The surface of the textile is treated with the chemicals that give FR characteristic to the product. This is the most used method. Ex; DMDHEU, THP, Myflam, Pyrovatex, etc.

The chemicals that are used in the FR finishing processes should have some properties:

1. They should be resistant to washing and dry cleaning.
2. They should not let crystallization to occur on the surface of the material.
3. They should not decrease the breaking strength of the textile material.
4. The handling of the material should not be rough after treatment with the chemicals.
5. The production and usage of the chemical should be healthy and environment-friendly.
6. Poisonous gasses should not occur during the burning of chemicals.

There are various test methods and standarts to investigate the burning behaviour of textile materials. Test methods vary according to the material type to be tested and the aim of the usage of the material.

In the literature, weight per unit area is found to be the most effective factor in evaluating the TPP (Thermal Protective Performance) of the materials. If weight per unit area increases, TPP increases. Also weight per unit area effects the flame spreading speed. Flame spreading speed increases, if weight per unit area decreases. The air-permeability

of fabrics effects the TPP values. If air-permeability increases, TPP decreases.

For garment flammability and upholstered furniture flammability, the reaction to flame or high temperature of fabrics, sewing threads, seams, and other 'accessories' is very important. The thermal degradation of accidental ignition but also because fabrics and yarns are often exposed to high temperatures under a wide range of conditions during processing.

Although the literature contains many oblique references to the effects of heat on yarns and fabrics, particularly specific high-temperature-resistant fibres, there appears to be a suprising lack of papers dealing with the changes in physical properties of the common fibres after controlled exposure to elevated temperatures.

In construction of most textile products, the seams are made by sewing techniques involving the use of thread. The way in which the thread or seam reacts to flame or high temperatures is therefore a very important part of the way in which the end item will perform when subjected to such flame or temperature. Although there are 'standart' stiches, seams and stichings, the types and sizes found are virtually unlimited.

It is important to chose the correct type of test for the material to be tested. In this thesis, the burning behaviour of home textiles like curtain fabrics, upholstery fabrics and carpets is investigated by the help of different tests. The results of these different tests are evaluated and compared.

The materials tested are obtained from industry. 11 different upholstery fabrics of 1x1 m dimensions, 7 different curtain fabrics of 0.5 m width and 4 different carpets of 1x1 m dimensions are tested.

The tests made for upholstery and curtain fabrics are as following:

- a) Determination of warp-weft /cm
- b) Determination of the fibres and the mixture ratio
- c) Determination of weight per unit area (g/m^2)
- d) Vertical burning test

e) Horizontal burning test

The WINTREE FLAMMABILITY SPEED TESTER is used for the vertical and horizontal burning tests of the curtain fabrics and upholstery fabrics. The tests are made by following the instructions in the handbook of the equipment. The flame spreading speeds are calculated.

The upholstery fabrics were made from Polyester, Cotton, Acrylic and Polypropilen. There are 2 Cotton/Polyester/Cotton blend, 2 Acrylic/Cotton blend, 3 Polyester/Polypropilen blend, 2 Cotton/Polyester blend (FR), 1 100 % Polyester and 1 100% Acrylic fabrics.

After the vertical and horizontal tests were made, the flame spreading speeds (FSS) found as a result of the vertical tests were higher than the FSS found as a result of the horizontal tests. This is because when the test is made in the vertical position the flame spreads upward faster than it spreads horizontally. The length of the flame is greater than its width. In the horizontal position the flame is in contact with the fabric only by its width, but in the vertical position both width and length are in contact with the fabric. This phenomenon increases the speed.

If weight per unit area increases, FSS decreases as shown in the figure below:

Flame Spreading Speed (mm/sn

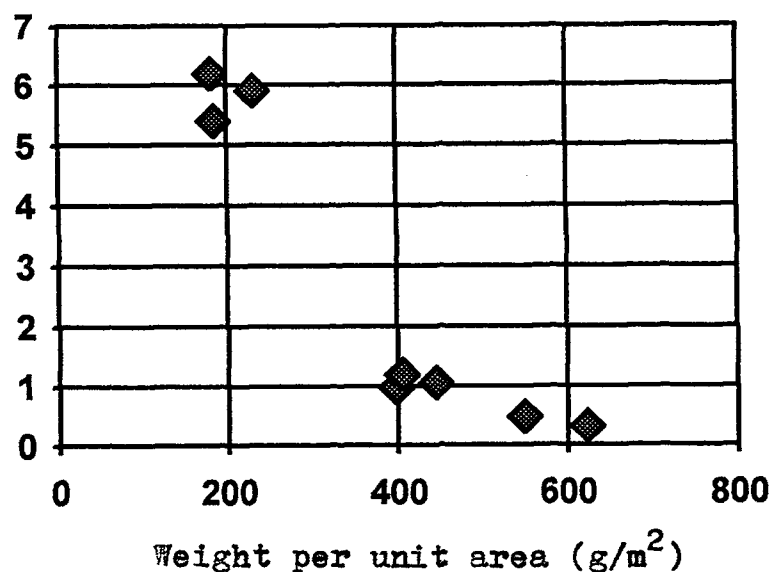


Figure: The correlation between the weight per unit area and flame spreading speed

Brough *et al* [14] also found that if weight per unit area increased, the rate decreased.

FSS values of Polyester fabrics could not be calculated in the horizontal test, because the polyester fabrics burned by melting for a short time and the flame couldn't reach the stop cord. Similar blends showed similar burning behaviour. For example, 52/28/20 Acrylic/Polyester/Cotton blend A (397 g/m²) and 39/31/30 Acrylic/Polyester/Cotton blend D (405 g/m²) had similar FSS values.

Although the curtain fabrics were made from 100 % Polyester and although there were fabrics of similar weight per unit area, there was not a visible correlation between the weight per unit area and FSS. For example, P.1001 (82.4 g/m²) and P.3011 (83.6 g/m²) didn't have similar burning rates. The values found for P.1001 are much higher than the values found for P.3011. The reason for this can be the patterns and the nappy parts on the fabric surface. There is more material on the nappy parts and this decreases the burning rate. Fabrics coded as B, F, H, P.K127 and P.K131 had nappy surfaces. During the burning of these fabrics, FSS values were observed to be lower. The burning rate decreases, because on the nappy parts there is more material. Also the ignition time of these parts are longer. During the burning of fabrics coded as F and H, when the flame came to the nappy part, it changed direction and continued to spread on the under-surface of the fabric which was not nappy. The flame could spread faster on this side

Some pieces from the burning fabric fell down during the burning of the fabrics coded as A, C, D, L, M, P.K131 and P.K127 and sometimes these pieces continued to burn on the ground. This may be very dangerous in real life fires, because it helps the spreading of the flame.

If the FSS values of horizontal and vertical tests are compared, a graphic as below is obtained:

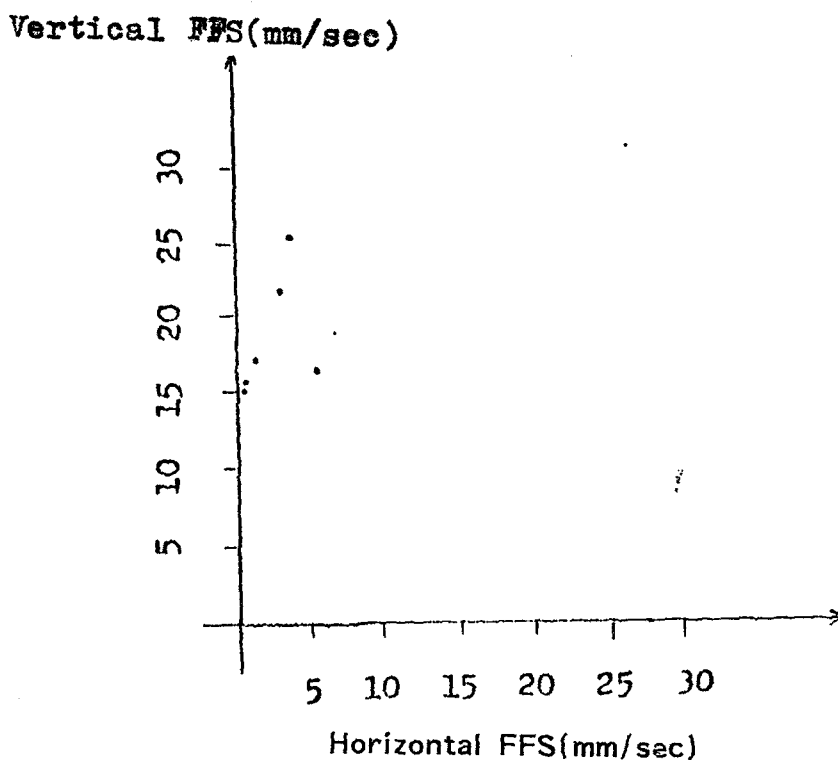


Figure: The correlation between the vertical and horizontal flame spreading speeds.

The tests made for carpets are as following:

- a) Determination of the type of the fibres
- b) Determination of nap height and carpet height
- c) Determination of weight per unit area
- d) Hot metal nut test
- e) Methenamine tablet test

Hot metal nut test is made according to BS 4790. Methenamine tablet test is made according to TS 5193, ASTM D 2859, BS 6307 and ISO 6925.

The diameters of the burned area both on the surface and on the under-surface are measured. The burning times are determined.

The burned area in the nut test was larger if compared with the tablet test. The burning of the under-surface of the carpet is more visible in the nut test. This may be because of the weight of the nut (30 g) being higher than the weight of the methenamine tablet (0.150 g). The nut

applies more pressure than the tablet on the carpet and so the depth of burning is greater.

The type of the covering material of the under-surface is important in the burning behaviour of the under-surface of the carpet. If the ignition of the covering material is easier, the burned area is larger.

The burning time is longer in the tablet test, because the tablet was not taken from the surface of the specimen and it continued to burn, but the nut was taken after 30 seconds.

Vertical and horizontal tests are convenient for evaluating the burning behaviour of the upholstery fabrics, but they were not enough for evaluating the burning behaviour of FR fabrics. A more advanced test should be used for evaluating the TPP of FR fabrics.

For upholstery fabrics upholstered furniture simulations can be used for better evaluating the burning behaviour, because like this together with the fabric also the foam, seaming threads, accessories, etc. effect the burning.

For curtain fabrics a test in which the fabric is held under its own weight with draperies if wanted can be developed.

For carpets the hot metal nut test and the methenamine test are convenient for evaluating the burning behaviour of carpets, but the burning behaviour of carpets changes in the two tests, so the tests should not be used instead of each other.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tekstilin insanoğlunun hayatındaki yeri tartışılmaz: İnsanoğlu giydiği giysiden yattığı yatağa, kullandığı arabadan evinin duvarlarındaki malzemeye kadar tekstille içiçedir. Gelişen teknolojiyle beraber insanoğlunun tekstil malzemelerine olan bakış açısı da değişmiştir. İlk çağlarda sadece örtünmek veya sıcaktan ve soğuktan korunmak amacıyla kullanılan tekstil malzemeleri de teknolojiyle paralel olarak gelişmiştir. Günümüzde, tekstil malzemelerinde sağlıklı olma, estetik olma ve de çeşitli ekstrem durumlardan korunmak amaçlı olarak emniyetli olma özellikleri de aranmaktadır.

Bu bağlamda, tekstil malzemelerinin yanma özellikleri de büyük önem taşımaktadır. Son 40 yıl içinde kumaşların yanma özellikleri ve bu özelliğin terbiyesi hakkında birçok araştırma yapılmış ve basılmıştır. Bu araştırmalarda, test metodları, bu konuda yasalarla getirilen sınırlamalar ve uygulanan politika ele alınmıştır.

Tekstil malzemelerinin güvenilirliği açısından güç tutuşurluk önemli bir özelliktir. Bu nedenle özellikle askeri kumaşlar, taşıt araçları, giyim eşyaları, dekorasyon malzemeleri gibi alanlarda güç tutuşurluk terbiyesine gittikçe artan bir önem verilmektedir.

Ülkeler yaptıkları ithalatlarında güç tutuşurluk ve yanma özelliklerine önem vermekte ve ithal ettikleri ürünlerin belirli standartlara uygun olmasına dikkat etmektedirler. Tekstilde özellikle giyim alanında ihracatçı ülke konumundaki Türkiye açısından, ihraç edilen ürünlerin istenen yanma özelliklerine sahip olması önemlidir. Bu nedenle hem ihracatçı firmalar hem de yurtiçi için üretim yapan firmalar ile tüketiciler bu konuda yeterli bilgiye sahip olmalıdırlar.

Yanma deneyleri yapılırken hangi tip malzeme için hangi test metodlarının kullanılacağı ve bu test metodları içinde hangisinin en uygun olduğu önemlidir.

Bu tezde 60,70, 80 ve 90'lı yıllarda yanma üzerine literatürde yer alan çalışmalar irdelenmiş ve perdelik, döşemelik ve halılar üzerinde çeşitli yanma testleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Farklı test metodları için elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.



BÖLÜM 2. LİTERATÜR

2.1. Tekstil Ürünlerinin Yanması

Bir tekstil ürününün yanmasını dört basamakta incelemek mümkündür [1] :

- a) Ürünün ısınması
- b) Makromoleküllerin termik parçalanması (piroliz)
- c) Tutuşma
- d) Yanma ve yanmanın ilerlemesi

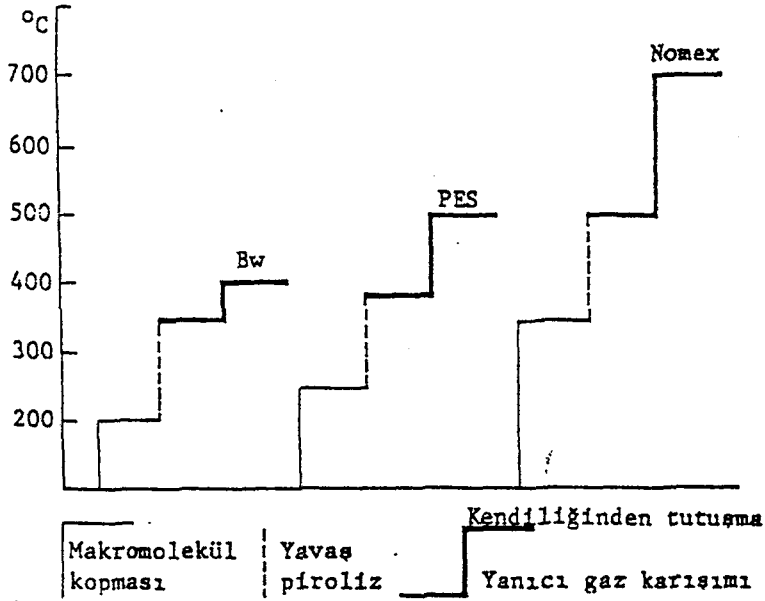
Belirli miktarda bir enerji verildiği takdirde, ürünün yüzey sıcaklığı, ürünün

- özgül ısısı
- ısı iletkenliği
- erime ısısı
- buharlaşma ısısı

gibi termik değerlerine bağlı olarak hızlı bir şekilde yükselir.

Ürün parçalanma sıcaklığına kadar ısınınca piroliz başlar. Aslında tekstil liflerinin ısıtılmasıyla önce lifleri oluşturan makromoleküller kopmaya başlar, yani polimerizasyon derecesi düşer, fakat bu esnada bir ağırlık kaybı meydana gelmez (Şek.2.1).

Belirli bir sıcaklıktan sonra ise çok yavaş bir hızla piroliz başlamaktadır. Piroliz hızının yavaş olması sebebiyle daha yanıcı bir gaz karışımı meydana gelmemektedir. Yanı etrafta bir kıvılcım veya alev olsa dahi bir tutuşma olmamaktadır.

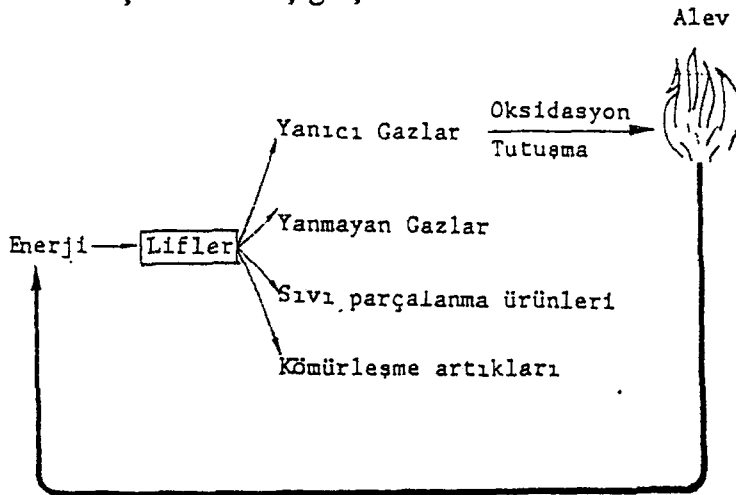


Şekil 2.1. Pamuk, Poliester ve Nomex liflerinin piroliz gelişmeleri

Ancak belirli bir sıcaklıktan sonra piroliz hızının iyice artması sebebiyle yanıcı bir gaz karışımı meydana gelmekte ve bir kıvılcım veya alev teması ürünü tutuşturabilmektedir. Sıcaklık daha fazla yükseltildiği takdirde meydana gelen yanıcı gaz karışımı kendiliğinden tutuşmaktadır.

Piroliz ısısı ve piroliz sonucu meydana gelen parçalanma ürünleri, ürününün yanma özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptirler. Ekzotermik bir pirolizde, açığa çıkan ısı enerjisi sıcaklığın yükselmesine yol açarken, endotermik bir pirolizde absorbe edilen enerji ancak ısıtma kaynağından çekilerek karşılanabilir.

Piroliz sonucu şu ürünler açığa çıkabilmektedir:



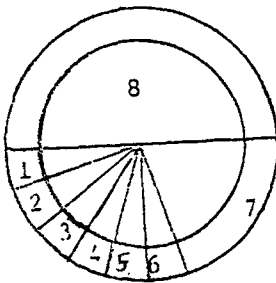
Şekil 2.2. Piroliz sonucu açığa çıkan ürünler

Bu ürünler arasında yanıcı gazların miktarı ne kadar fazla olursa tutuşma da o kadar kolay gerçekleşir. Diğer ürünlerin daha fazla olması ise tutuşmayı ve yanmayı zorlaştırır. Şöyle ki:

- Yanmayan gazlar enerji tüketirler, dolayısıyla ateşin soğumasına yol açarlar.
- Yanmayan ağır gazlar yanan yüzeyin etrafını sararak hava oksijeni ile temasını azaltırlar.
- Yanmayan sıvı parçalanma ürünlerinin buharlaşma ısısı sıcaklığın düşmesine yardımcı olur.
- Geriye kalan katı kömürleşme artıkları bir taraftan yanıcı gazların dışarıya difuzyonunu azaltırken, ısı izolasyonu nedeniyle termik parçalanmayı da yavaşlatırlar.

Tutuşma, bir sistemin, reaksiyona girmeyen metastabil durumdan ilerleyen yanma durumuna geçişi olarak tanımlanabilir [1]. Yanıcı gazlar hava oksijeninin varlığı karşısında, belirli bir sıcaklıkta tutuşarak yanmayı başlatmaktadırlar.

Yanmanın devam etmesi, esas olarak, yüzeyin ısınması için mevcut enerji miktarına bağlıdır. Mevcut enerji, ilk tutuşan piroliz ürünlerinin çevresindeki lifleri parçalamaya ve bu parçalamalar sonucu meydana gelecek olan piroliz ürünlerini tutuşturmaya yettiği takdirde yanma devam eder. Bir tekstil ürününün yanması esnasındaki enerji dağılımı şu şekilde verilebilir:



Eğer $8 \geq 1-7$
 olursa yanma meydana gelir.
 Eğer $8 \leq 1-7$
 olursa yanma meydana gelmez.

Şekil 2.3. tekstil mamülünün yanması esnasındaki enerji dağılımı

	Yaklaşık değerler Cal/g		Yaklaşık değerler Cal/g
1. Erime noktasına kadar ısıtma	70		
2. Erime ısı	30		
3. Parçalanma sıcaklığına kadar ısıtma	50	7. Çevreye yayılan ısı kaybı	1000—3000
4. Parçalanma reaksiyonu	600		
5. Piroliz ürünlerinin buharlaşması	150	8. Yanma sırasında açığa çıkan ısı	2000—4000
6. Buharların tutuşma sıcaklıklarına kadar ısıtılması	20		
	1000		

Bu enerji dağılımına göre, bir tekstil ürününü güç tutuşur hale getirmek için ya yanma esnasında açığa çıkan ısı miktarını düşürmek ya da harcanan enerjiyi, yani 1-7'ye kadar olan hususların toplamını yükseltmek gerekmektedir.

Açığa çıkan enerji miktarının düşürülmesi:

- Yanıcı piroliz ürünlerinin açığa çıkmasını azaltarak,
- Halojen bileşikler gibi yanmayı frenleyici ürünler yardımıyla yanmayı önleyerek,
- Yanıcı olmayan gazların ürünün etrafını sarmasını, dolayısıyla oksijenle teması azaltarak,

gerçekleştirilebilir.

Harcanan enerji miktarının yükseltilmesi ise, ürüne enerji tüketici maddeler ilave edilerek sağlanabilir. Bu yöntemler arasında en etkilileri şunlardır:

- Özellikle selüloz liflerinin tutuşmazlık bitim işleminde kullanılan bileşiklerin etkisi, liflerin piroliz mekanizmasının değişmesine dayanmaktadır. Şöyle ki, normal bir pamuğun pirolizi sonucu meydana gelen ürünlerin sadece % 20'si yanıcı olmayan maddeler iken, tutuşmazlık bitim işlemi görmüş pamuk liflerinde bu oran % 60 - 75'e kadar çıkmaktadır (Tab.2.1).

Tablo 2.1. Güç tutuşurluk terbiyesi görmüş ve görmemiş pamuk liflerinin piroliz ürünlerinin miktarı (Piroliz sıcaklığı 450°C, He-atmosferinde)

Bitim İşleminin Cinsi	Yanmayan ürünler % leri			Toplam	
	Kalıntı	H ₂ O	CO ₂	Yanmayan ürünler %	Yanıcı ürünler %
Normal Pamuk	10,50	7,50	2,60	20,10	79,90
Akaustan A	37,90	15,30	5,00	58,30	41,70
Pyrovatex ÇP	45,80	16,00	2,80	64,60	35,40
AlCl ₃	50,10	18,70	3,91	72,71	27,29
İdeal dehidratasyon	44,40	55,60	0	100,00	0

Selüloz liflerinin pirolizi tam bir dehidrasyon şeklinde meydana geldiği takdirde, yalnızca su buharı oluşacağından ve geriye karbon kalacağından yanma imkansızlaşacaktır. Tutuşmazlık bitim işlemi sonucunda selülozun tam dehidrasyonu sağlanamamakta ise de pirolizin mümkün olduğunca bu yöne kayması sağlanmaktadır.

b) Yanmayı frenleyici ürünlerin kullanılması:

Özellikle sentetiklerin tutuşmazlık bitim işlemlerinde kullanılan halojenli bileşikler bu yönde etki göstermektedir.

Normalde liflerin pirolizleri esnasında gaz fazında C ve OH radikalleri meydana gelmekte ve bunların reaksiyona girme isteği çok yüksek olduğundan, hızlı bir şekilde oksitlenmekte, yani yanmaktadırlar. Halojen radikalleri, bu C ve OH radikallerini yakalayarak, bunların hızlı oksitlenmelerini, dolayısıyla birim zamanda açığa çıkacak enerji miktarını azaltmaktadırlar.

2.2 Güç Tutuşurluk Bitim İşlemleri

Günümüzde, tekstil ürünlerinin, kullanılacakları yerlere göre, güvenilir olmaları açısından güç tutuşurluk özelliğine büyük önem verilmektedir. Bu özelliğin değerlendirilmesi için, son yıllarda, çeşitli ülkelerin kuruluşları tarafından birçok test metodu ve standart geliştirilmiştir. Tekstil ürünlerine çeşitli bitim işlemleri uygulanarak güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaktadır. Güç tutuşur (FR - Flame Retardant) malzemelerin kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir [1] ;

" a) Askeri kumaşlar

Talim elbiseleri, çadır ve branda bezleri, kamuflaj ağları, paraşüt, v.b.

b) Taşıtlar

Uçak ve gemilerde kullanılan tekstil malzemeleri, otomobillerde kullanılan döşeme, halı, emniyet kemeri, v.b. tekstil malzemeleri

c) Giyim eşyaları

Askeri personel, itfaiyeci, pilot, yüksek fırın işçisi, kaynakçı, v.b. meslek erbabının iş elbiseleri, çocuk gecelik ve pijamaları ile oyun elbiseleri, yaşlıların uyku giysileri, v.b.

d) Dekorasyon Malzemeleri

Halı, perde, döşemelik, duvar kaplamaları, v.b. " [1]

2.2.1. Güç Tutuşur Tekstil Ürünlerinin Elde Edilmesi

Güç tutuşur tekstil ürünlerinin elde edilmesinde aşağıdaki üç yol izlenebilir:

a) Bazı organik veya anorganik lifler yapıları sebebiyle güç tutuşurlar. Örneğin; Kevlar, Durette [2], silisik asidli viskoz lifi Visil 33 AP, Lenzing FR Viscose, Velicren FR modakrilik, poliester lifi Fidion FR [3], poliester lifi Trevira, modakrilik lifi Teklan, polivinilklorür lifi Clevyl, karbonize viskoz lifi Firetux [4], aramid lifleri Nomex ve Kynol, Enkatherm, polivinil klorür lifleri, cam lifleri, amiyant lifleri, karbon lifleri, akrilnitril monomerinin vinilklorür veya vinilbromür monomerleriyle birlikte polimerizasyonu sonucu elde edilen özel modakril lifleri, vinilalkol ile vinilklorür monomerlerinin birlikte polimerizasyonu sonucu elde edilen Cordelan lifleri, v.b.[1]

Bu lifler kullanılarak imal edilen ürünler hiçbir işlem görmeden iyi bir tutuşmazlık özelliği gösterebilirler [1]. Ancak pahalı olmaları ve cam ve amiyant gibi anorganik liflerin yetersiz tekstil özellikleri göstermeleri sebebiyle pek geniş bir kullanım alanı bulamamaktadırlar.

b) Sentetik liflere tutuşmazlık özelliğini kazandırmanın başka bir yolu da bunların eldesi sırasında daha lif çekilmeden önce tutuşmazlık sağlayıcı bileşikler ilave etmektir. Sentetik lif çekiminin kuru veya yaş çekim

metodlarına göre çözeltilerden yapıldığı liflerde bu olanakdan uzun zamandan beri yararlanılmaktadır. Örneğin; viskoz çözeltilisine çözeltilisine propoksifazen, selülozasetat veya selüloztriasetat çözeltililerine Tris-(2,3 dibrom propil)-fosfat ilave ederek güç tutuşur rejenere selüloz lifleri elde edilir.

Sentetik lif çekiminin eriyiklerden yapıldığı liflerde kullanılacak tutuşmazlık sağlayıcı maddelerin ise, 250-300°C'a kadar dayanıklı olması gerektiğinden, bunlarda ilk başlarda bir başarı sağlanamamıştır. Fakat son yıllarda özellikle poliester liflerinde olumlu sonuçlar alınmaya başlandığı görülmektedir. Örneğin; yapısında fenilfosfanat polimeri varolan Heim güç tutuşur PE lifleri.

Elde işleminde içerilerine tutuşmazlık sağlayıcı ürün katılmış liflerin iplik haline getirilmeleri sırasında bazı zorluklara yol açmaları, bazı durumlarda da liflerde renklenme meydana gelmesi gibi sakıncalar nedeniyle bu alandaki gelişmeler sınırlanmaktadır.

c) Günümüzde tekstil ürünlerine güç tutuşurluk özelliği kazandırmak için izlenen en önemli ve yaygın yol tekstil ürününün yüzeyinin güç tutuşurluk özelliğini veren maddelerle bitim işlemlerine tabi tutulmasıdır. Bu maddeler arasında dimetilol 4,5-dihidroksietilenüre (DMDHEU), bis(tetrakis(hidroksimetil)fosfonyum)sülfat (Thps) [5], [6], [7], polimer kaplama maddeleri Myflam, Mytex, Mydrin, Pyrovatex CP [3], v.b. bulunmaktadır.

2.2.2. Selüloz Liflerinin Güç Tutuşurluk Bitim İşlemlerinde Kullanılan Maddeler

Bütün tekstil lifleri arasında selüloz liflerinin güç tutuşurluk bitim işlemleri en ileri düzeye ulaştığı için bu konunun ayrı bir bölüm olarak incelenmesi uygundur. Kullanılan maddeler yıkamaya karşı dayanıklılıkları açısından farklılıklar göstermektedirler [1].

2.2.2.1. Yıkamaya dayanıksız güç tutuşurluk etkisi sağlayan maddeler

Bu tip maddeler genellikle anorganik bileşiklerden oluşmaktadır. Tekstil endüstrisinde,

"Diamonyumfosfat,

Boraks ve Borik asidin 7:3 oranındaki karışımı,

Amonyumsülfat,

Amonyumbromür,

Aminosülfonik asidin amonyum tuzları,

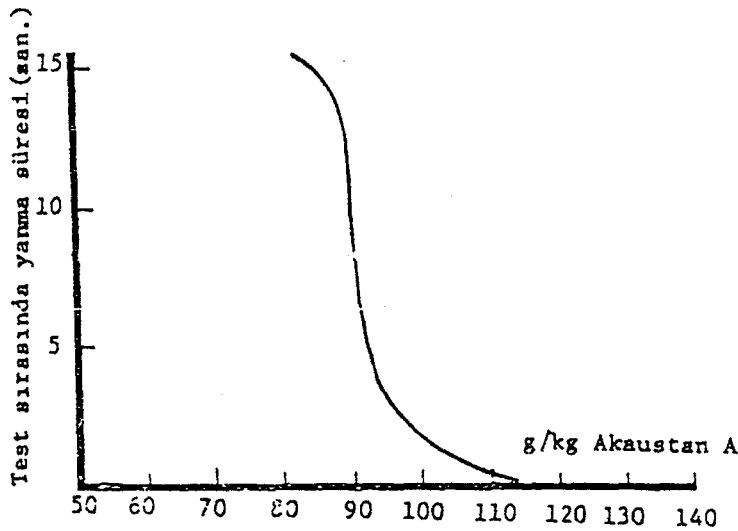
Kısmen esterleştirilmiş fosforik asitlerin amonyum tuzları,

Fosforik asidin üre veya diğer amidlerle oluşturduğu maddeler"

yıkamaya karşı dayanıksız tutuşmazlık etkileri istendiğinde kullanılmaktadır. Bu maddeler daha çok kısa ömürlü dekorasyon malzemelerin tutuşmazlık bitim işlemlerinde kullanılmaktadır.

Anorganik maddelerin en büyük avantajı ucuz olmalarıdır. İyi bir güç tutuşurluk etkisi elde etmek için bunlardan az miktarda (%10) kullanmak yeterlidir. Dezavantajları ise yıkamaya karşı dayanıksız olmaları ve zamanla kumaş yüzeyinde kristaller şeklinde açığa çıkmaları şeklinde belirtilebilir. Kristaller halinde açığa çıkma ürünün görünüşünü ve tutumunu bozduğu gibi, tutuşmazlık sağlayan maddenin sürtme gibi mekanik etkiler sonucu dökülmesini de kolaylaştırmaktadır.

Özellikle Diamonyumfosfat tipi maddelerin kullanıldığı bitim işlemlerinde, tekstil ürününe applike edilen maddenin miktarındaki oynamalar elde edilen güç tutuşurluk derecesini çok fazla etkileyebilmektedir. Örneğin; 100 g/kg Akaustan A (diamonyumfosfat esaslı bir güç tutuşurluk sağlayıcı ürün) applike edilmiş pamuklu bir kumaş oldukça iyi güç tutuşurluk özellikleri gösterirken, 90 g/kg Akaustan A applike edilmiş kumaş bu özelliği hemen hemen hiç göstermemektedir (Şek.2. 4).



Şekil 2.4. Akaustan A (Diamonyumfosfat) miktarına bağlı olarak elde edilen güç tutuşurluk etkisinin değişmesi

Bu nedenle, diamonyumfosfat tipi maddelerle çalışırken reçetede belirtilen konsantrasyonlara ve alınan flotte miktarlarına titizlikle uyulmalıdır. Gereğinden fazla bir sıkma uygulandığında alınan flotte miktarı reçetede olandan düşük olabilir ve bu nedenle aplike edilen madde miktarı düşer ve elde edilecek sonuçlar yetersiz kalabilir.

2.2.2.2. Yıkamaya kısmen dayanıklı güç tutuşurluk etkisi sağlayan maddeler

Bu tip maddelerin kullanıldığı bitim işlemleri görmüş ürünler ılıman koşullar altında yapılan az sayıda yıkamaya karşı dayanıklıdır. Dayanıklıları hiçbir zaman 15 yıkamayı geçmez. Daha ziyade döşemelik ve perdelik kumaşlar, çadır ve branda bezlerinin tutuşmazlık bitim işlemlerinde kullanılırlar [1].

Bu tip maddeleri iki grupta toplamak mümkündür:

a) Halojen içeren bileşikler:

Bunlar arasında özellikle,

- " Klorparafin,
- Klorkauçuk,
- Polivinilklorür,
- Polivinildenklorür, "

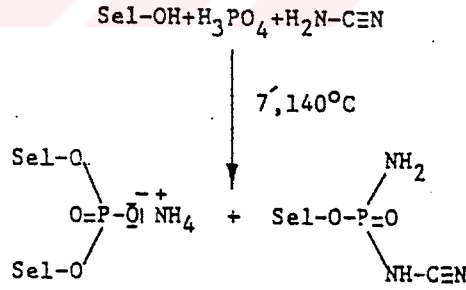
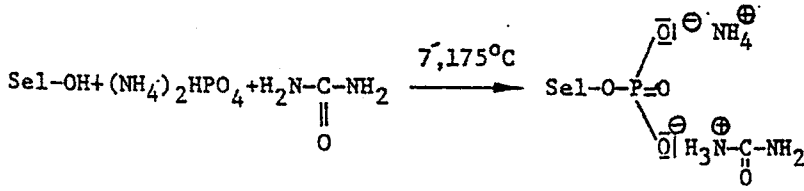
gibi yüksek oranda klor içeren organik bileşiklerin, Antimuantrioksid ile birlikte kullanıldıkları yöntemler önemlidir. Bu maddeler kullanılarak güç tutuşurluk bitim işlemlerinin yapılması kolaydır ve elde edilen sonuçlar iyi ve kumaşlar da yıkanmaya karşı dayanıklıdır, ancak gramaj % 30-40 oranında artmakta ve de tutum sert olmaktadır. Bu nedenle bu maddeler yukarıdaki sorunların problem yaratmadığı çadır ve branda bezi gibi ürünlerin güç tutuşurluk işlemlerinde kullanılmaktadır.

b) Fosfor-Azot bileşikleri:

Bu gruptaki ürünler genellikle fosforik asit veya diamonyumfosfat ile üre, siyanamid, disiyanamid, guanidin-üre gibi amin veya amidlerin birbirleriyle reaksiyonu sonucu oluşmaktadırlar. Bu reaksiyonlar bitim işlemi

esnasında liflerin üzerinde meydana getirilebileceği gibi bunların piyasada hazır önkondensat ürünleri de bulunmaktadır.

Bu ürünlerle selüloz liflerinin muamelesi esnasında selüloz (OH) grupları kısmen esterleşmektedir.



Bu tip maddelerle çalışmaya örnek olarak şu reçete verilebilir:

% 24 Siyanamid

% 20 Fosforik asit (% 85'lik)

% 56 Su

Emdirme sıcaklığı : Oda sıcaklığında
 Alınan flotte miktarı : % 80
 Kurutma : 65 °C'da 7 dakika
 Kondensasyon : 140 °C'da 7 dakika

Reaksiyonlar sonucu liflerin kopma dayanımlarında % 30-40'luk bir azalma meydana gelse de kontrollü koşullar altında çalışıldığı takdirde bu azalma %15-20'ye kadar düşebilmektedir. Bu maddelerin bir dezavantajı da sert su veya sodyum iyonlu tensidlerle yıkama gerçekleştiğinde güç tutuşurluk özelliğinin ortadan kalkmasıdır.

2.2.2.3. Yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk etkisi sağlayan maddeler

Son yıllarda yıkamaya karşı dayanıklı tutuşmazlık etkisi sağlayan maddelerin geliştirilmesi yönünde yoğun bir ilgi oluşmuştur. Bunlar arasında şu maddeler başlıcalarıdır:

Tetrakis-hidroksimetil-fosfonyumklorür (THPC):

Özellikle ABD'de çok kullanılan bir madde olan THPC , Melamin, Üre, Siyanamid, v.b. gibi N-bileşikleri ve bunların metilol türevleriyle birlikte uygulanmaktadır [1].

THPC ile yapılacak güç tutuşurluk bitim işlemi için reçete örneği şu şekilde olabilir:

% 17 THPC
 % 10 Metilolmelamin
 %10 Üre
 % 3 Tritanolamin
 % 60 Su

Emdirme sıcaklığı : Oda sıcaklığında
 Alınan flotte miktarı : % 100
 Kurutma sıcaklığı : 140 °C'da 4.5 dakika

Reaksiyon sonucu selüloz liflerini kopma dayanımları % 30 düşmektedir. Kumaşın tutumu da sert olmaktadır. THPC bazı boyarmaddeleri indirgediği için bu madde ile terbiye görecekt olan kumaşların boyanmasında

kullanılacak boyarmaddenin tipine önem verilmelidir. THPC'nin kokusu da rahatsız edicidir. Zehirli klormetileter buharları oluşabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı bu maddeyle çalışırken iyi bir havalandırma şarttır.

THPC yerine tetrakis-hidroksimetil-fosfonyumhidroksidin (THPOH) kullanılması da gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. THPOH ile yapılan çalışmalarda kopma dayanımı azalması daha düşük olmaktadır. Tutum da daha yumuşaktır.

Fosfonasiddialkil esterinin türevleri:

Bu grupta yer alan maddeler içerisinde en yaygın kullanılanı Pyrovatex CP'dir [1].

Pyrovatex CP ile elde edilen güç tutuşurluk etkisi yıkamaya karşı dayanıklı olup, ürünün tutumunda da fazla bir sertleşme meydana gelmemektedir. Ürünün kopma dayanımının azalmaması da bir başka avantajdır.

Vinilfosfonat oligomerleri:

Fyrol 76 adı altında piyasaya sunulan maddenin kullanıldığı bitim işlemini görmüş kumaşların tutumunda sertleşme meydana gelmez. Elde edilen tutuşmazlık etkisi yıkamaya ve kuru temizlemeye dayanıklıdır. Kopma dayanımlarında bir azalma olmaz.

2.2.3. Güç Tutuşurluk Terbiye İşlemlerinde Kullanılan Maddelerde Aranılan Özellikler

Tekstil malzemelerini güç tutuşur hale getirebilmek için kullanılan terbiye maddeleri, tekstil malzemesinin kullanım amacına göre, yıkamaya ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı olmalı, tekstil malzemesinin üzerinde kristallenme meydana getirmemeli, tekstil malzemesinin kopma dayanımında bir azalma meydana getirmemeli ve tutumu sertleştirmemelidir. Ayrıca üretimi ve kullanımı esnasında sağlığa zararlı olmamalı ve yandığı takdirde zehirli gazlar açığa çıkarmamalıdır.

2.3. Mevcut Bulunan Yanma Testi Metodları, Test Cihazları ve Bunların Karşılaştırılması

Tekstil malzemelerinin yanma özelliklerini incelemek için birçok farklı standart ve test metodu mevcuttur. Kullanılan test metodu malzemenin tipine ve kullanılacağı amaca göre değişiklik göstermektedir.

John F.Krasny [8], Amerikan Tekstil İmalatçıları Enstitüsü (ATMI-American Textile Manufacturers Institute) tarafından desteklenen Genel Giysi Tutuşurluğu üzerine Endüstri İşbirliği Programı çerçevesinde elde edilen test sonuçlarını değerlendirerek 60'dan fazla kumaşın tutuşma özelliklerini ve burada kullanılan test metodlarını irdelemiştir. Bu programın amacı, kaza simulasyon çalışmaları ve varolan test metodları ve fikirlerinin dikkatli bir değerlendirilmesi yardımıyla test metodları tayin etmek, geliştirmek ve bunları değerlendirmektir.

Bu araştırmada kullanılan kumaşlar popüler, ticari giysilik kumaşlardır. Kumaşlar genelde bir yıkama ve kurutmadan veya kuru temizlemeden sonra test edilmiştir.

Kullanılan test metodları ise aşağıda özet şeklinde verilmiştir:

A. GİYSİLER İÇİN YANMA TESTİ METODLARI

Aşağıda anlatılacak olan her iki metoddaki da yanan giysilerden çıkan ısı mankenlerin üzerine yerleştirilen termal sensörler tarafından ölçülmüştür. Daha sonra, yanıkların ikinci derece veya üçüncü derece olduğuna Stoll [9] ve Derksen [10] tarafından verilen yaralanma fonksiyonları yardımıyla karar verilmiştir. Bu araştırmacılar deri tarafından alınan toplam ısı ve hangi hızda alındığı ile yanıklar arasında bir ilişki kurmuştur (Ör; 20 saniyenin üstünde bir sürede deriye yayılan 10 J/cm^2 'lik bir ısı bir yanığa neden olmaz, ancak aynı ısı 5 saniyede dağılırsa yanığa neden olur gibi).

1. Thermoperson (Termoadam)

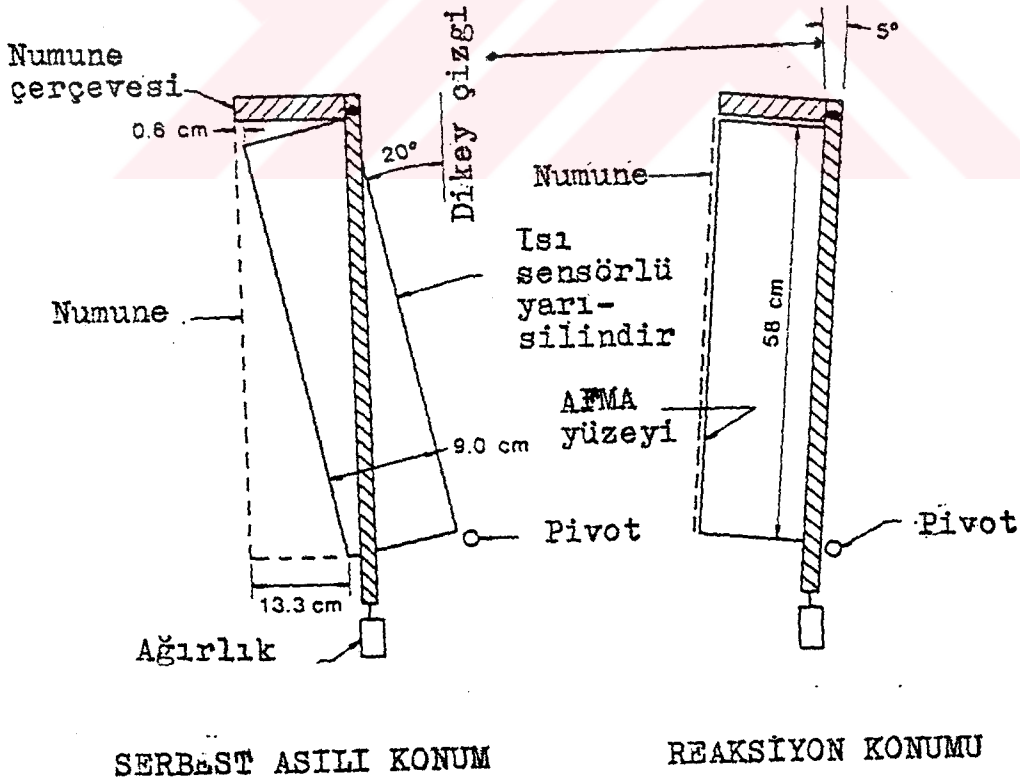
Mankenler üzerinde giysilerin yakılarak yapıldığı yanma deneyleri gerçek hayattaki yangın kazalarını en iyi taklit eden deneylerdir.

Thermoperson (TP) 1.8 m boyunda, 0.86 m bel genişliğinde bir mankendir. 110 adet ısı sensörü mankenin yüzeyine düzgün bir şekilde dağıtılarak yerleştirilmiştir. TP, erkek ve bayan giysileri için kullanılabilir.

2. Giysi Tutuşurluğu Model Aparatı (AFMA-Apparel Flammability Modeling Apparatus)

AFMA, giysilerin serbestçe vücutta durduğu veya vücuda yapışık halde olduğu durumları test etmek için tasarlanmıştır.

AFMA, 54 ısı sensörüyle kaplı bir yarım silindirden oluşmaktadır (Şek.2.5). Serbestçe asılı konumda, numuneler, dikeyle 20° açı yapacak şekilde yarım silindirin tepesine yakın tutturulan bir çerçeveden serbestçe asılı durumdadır ve test boyunca aynı durumda kalır. Yapışık konumda da başlangıçta aynı konfigürasyon kullanılır, ancak dört sensörden biri 5°C 'lik bir sıcaklık artışı kaydettiğinde yarım silindir dikey pozisyona yerleşir ve numune ile yapışık konuma gelir. Her iki konumda da kumaşların yanması bitene kadar yanmasına izin verilir.



Şekil 2.5. AFMA Test Cihazı

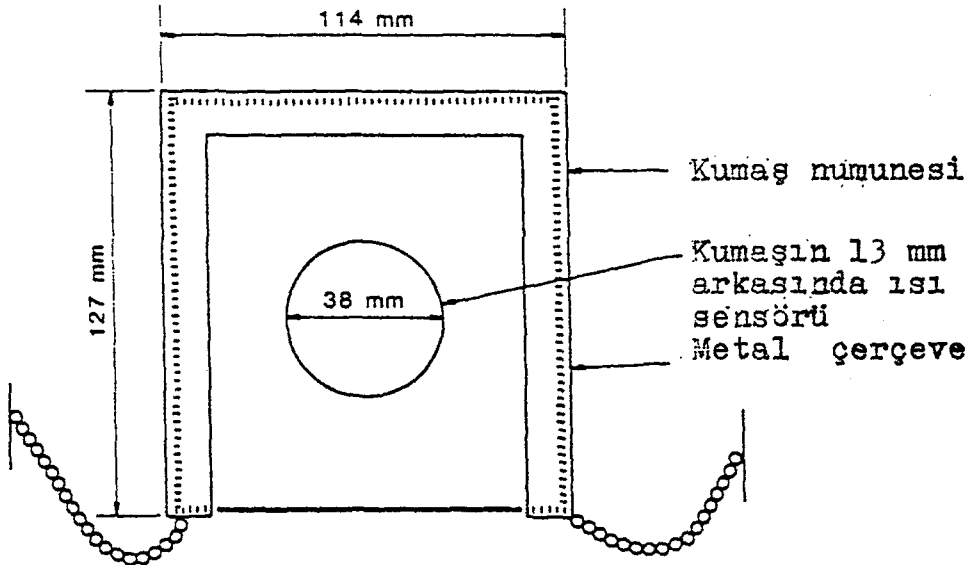
Bu deneylerin sonunda toplam açığa çıkan ısı ve ısıнын açığa çıkmasının minimum hızı hesaplanır. Yapışık konum için yaralanan alan da rapor edilmiştir. Bu alan serbest asılı numuneler için % 80 olarak hesaplanmıştır ve çeşitli kumaşlar için bu değer çok az farketmiştir. Sensörlerden birinin 5°C 'lik bir artış kaydetmesi de (tutuşma zamanı olarak) dikkate alınmaktadır.

B. ISI AÇIĞA ÇIKMA ÖLÇME METODLARI

Kumaşta ısı açığa çıkma deneyleri, numelerin tutuluş şekilleri, sensörlerin sayısı ve sensörlerin numuneye göre nasıl monte edildiği ve numune şekli (düz, silindirik, kutu şeklinde) açılarından farklılık gösterir.

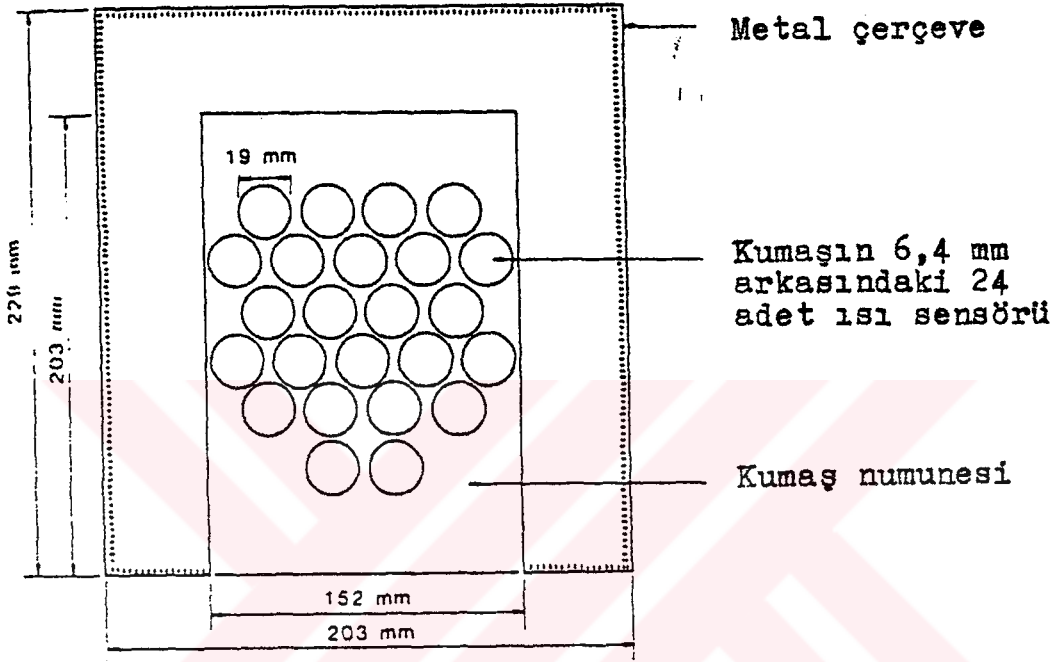
1. Sensör Testleri

Tek sensör testinde, numune, üstten sıkı bir şekilde tutularak, yarı-gerdirilmiş bir vaziyette test edilir (Şek.2.6). Numunenin alt ucuna, numunenin köşelerine ve aparat çerçevesine tutturulmuş bir zincir ile aşağı ve dışarı doğru bir hareket verilir. Numune ve içine bakır bir sensör yerleştirilmiş bir plaka birbirine diktir ve ısı akısı sensör plakasına doğru ve yukarı yönlendirilmiştir. Numune sensör plakası uzaklığı 13 mm'dir. Yalnızca numunenin yarısında bir sensör kullanılır.



Şekil 2.6. Tek Sensör Test Cihazı

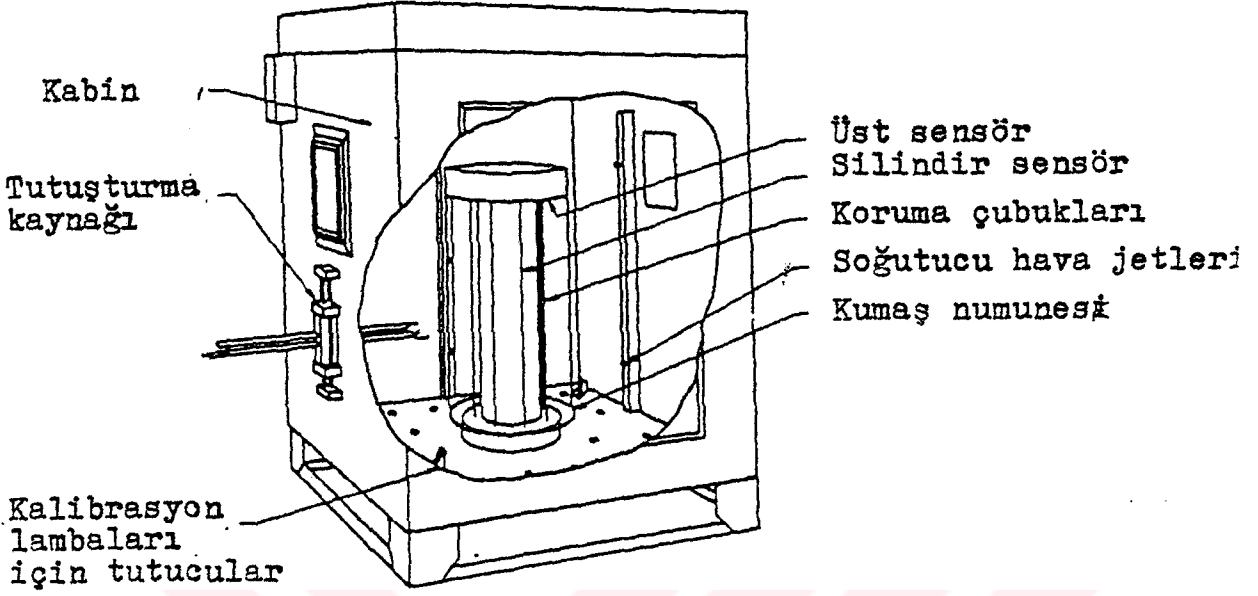
Multi-sensör testinde düz bir numune 24 bakır sensör ihtiva eden bir tahtadan 6 mm uzaktaki U şeklinde bir çerçeve içinde tutturulmaktadır (Şek.2.7).



Şekil 2.7. Multisensör Test Cihazı

2. Mantar Giysi Tutuşurluğu Testi (MAFT-Mushroom Apparel Flammability Test)

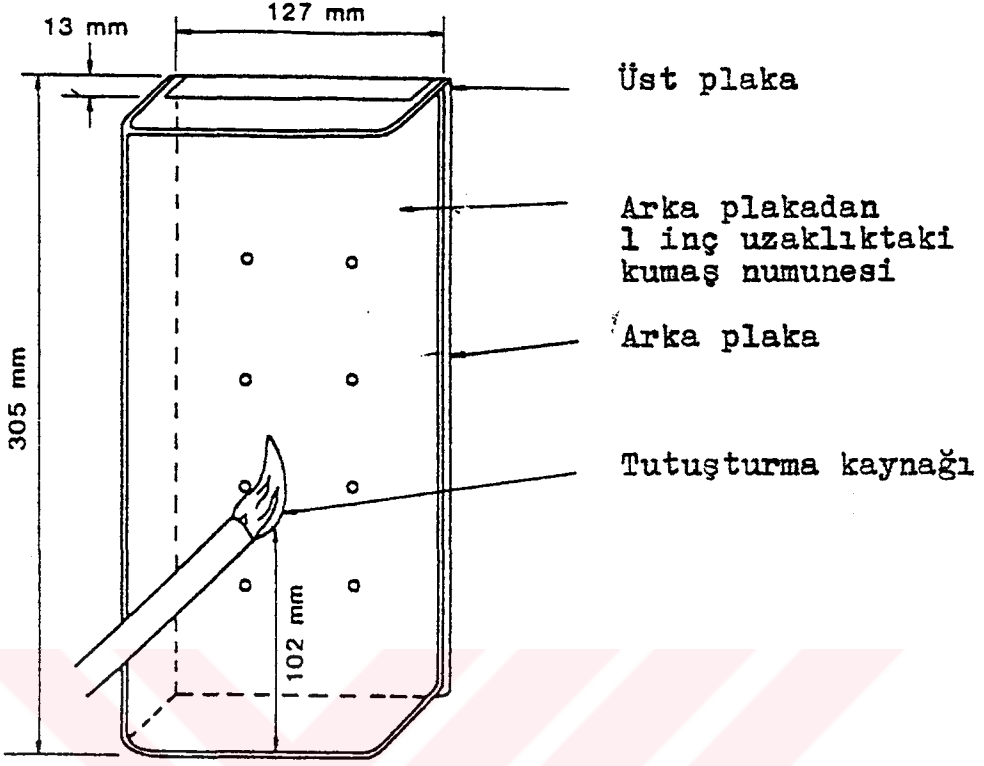
Numune daha küçük çaplı bir silindirin tepesine yerleştirilmiş yuvarlak bir metal tabakadan asılır (Bu mantar görünümü verdiği için teste mantar adı verilmiştir.) (Şek.2.8). Thermocouple'lar numune içindeki bakır silindirin içine yerleştirilir ve seramik üst plakanın içine de bakır bilezik yerleştirilir. Tutuşma numunenin alt ucunun 100 mm yukarısında olur, böylece yanma yanlara, aşağı ve yukarı doğru olmaktadır.



Şekil 2.8. MAFT Test Cihazı

3. Düz Plaka Sensör Testi

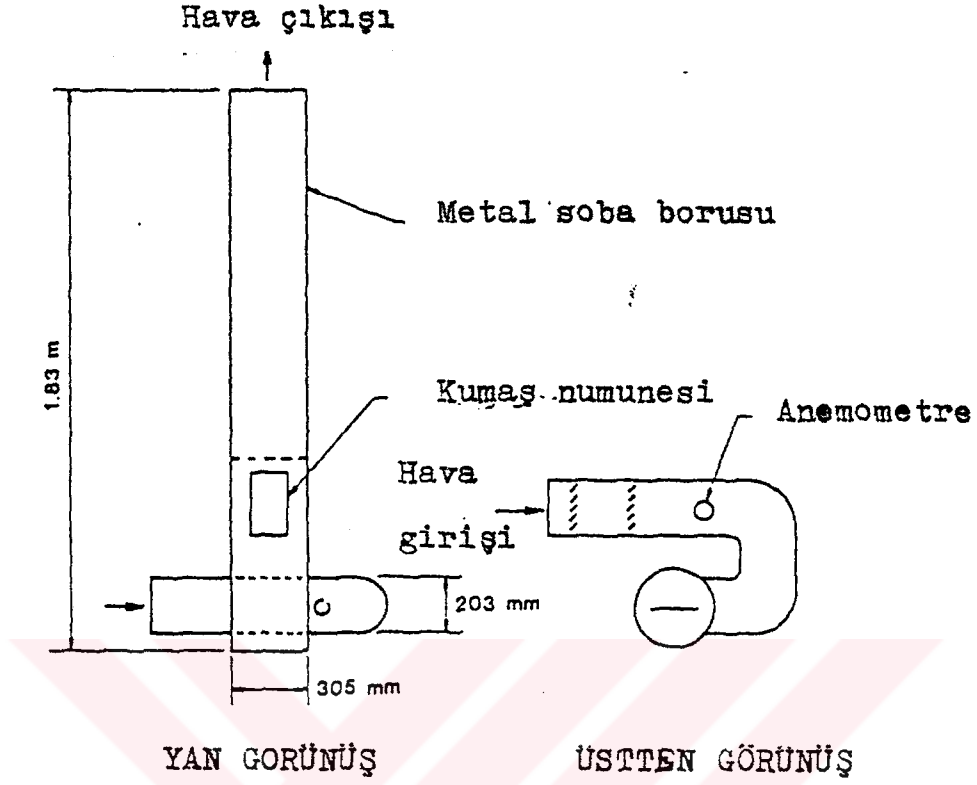
Bu test basitleştirilmiş bir MAFT testidir (Şek.2.9). Dikey bir plaka üzerine 8 adet thermocouple ve dikey plakanın üzerine yerleştirilmiş bir dikdörtgen üzerine de 2 thermocouple yerleştirilmiştir. Numune üst plakanın üzerinden asılır, bu yüzden sensör plakası yönündeki taraf açık olmak üzere kutu şeklini alır. Tutuşma alt ucun 100 mm yukarısında olur.



Şekil 2.9. Düz Paka Sensör Test Cihazı

4. TRI Konvektif Kalorimetre

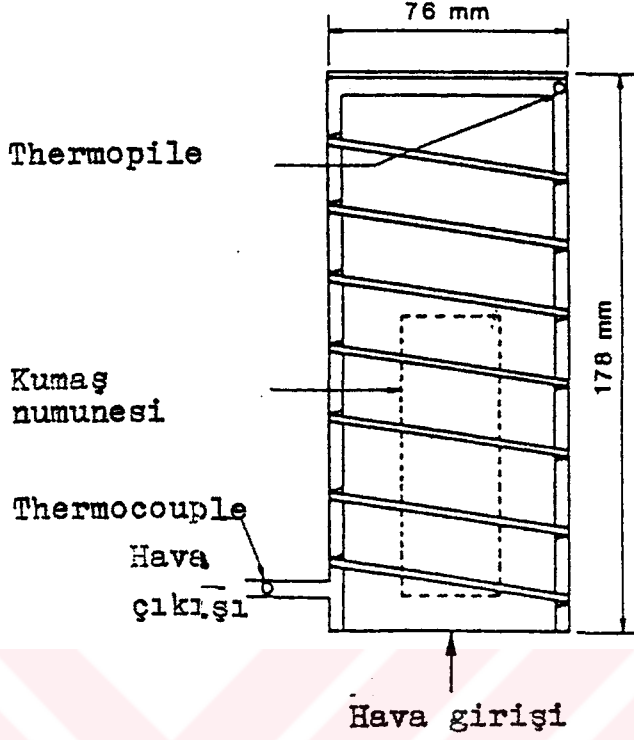
Bu cihaz ısı açığa çıkmasıyla orantılı olduğu düşünülen, numunenin yanması esnasında kullanılan hava miktarını ölçer. Bu nedenle, ısı açığa çıkma hızı ve toplam ısının ölçülmesi için dolaylı fakat uygun bir metoddur. Numune geniş silindirik bir bacanın içine asılır. Hava tedariği, numune tutucunun altına tutturulan yatay bir borudan sağlanır (Şek.2.10). Yanma esnasında hava akışını tayin etmek amacıyla yatay borunun içine monte edilmiş bir sıcak telli anemometre kullanılır. Maksimum açığa çıkma hızından birçok "zarar fonksiyonları" türetilir, bu maksimumlara erişildiğinde tutuşmadan önceki süre elde edilir ve maksimumun yarısının ısı açığa çıkma hızına erişilene kadar maksimumdan sonraki süre elde edilir.



Şekil 2.10. TRI Konvektif Kalorimetre

5. NBS İzoperipol Kalorimetre

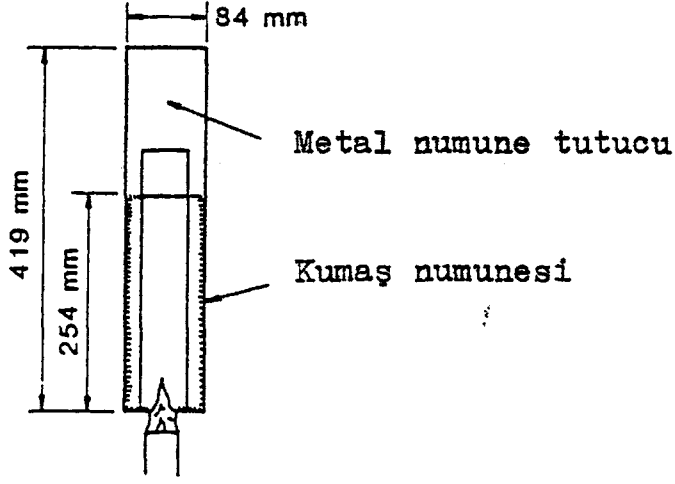
Bu cihazda, numune telli bir şablon üzerine yerleştirilir ve bir kalorimetre içinde yakılır. Numune üzerinden ve kalorimetrenin çift duvarları arasından hava dolaştırılır. Kalorimetre sıcaklığındaki yükselme ölçülür (Şek.2.11).



Şekil 2.11. NBS İzoperibol Kalorimetre

C. ALEV YAYILMA METODLARI

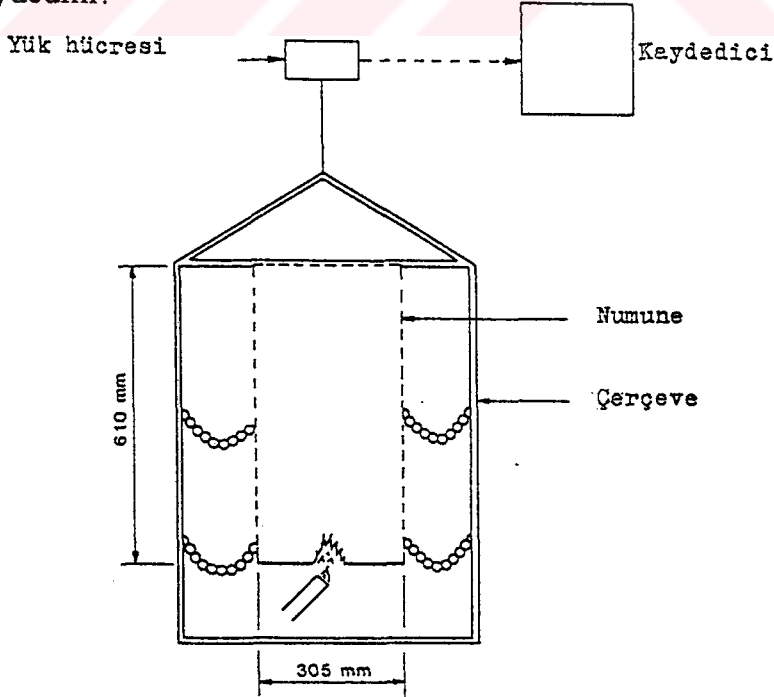
Tekstil malzemelerinin tutuşurluğunu değerlendirmede alev yayılma hızının ölçülmesi geleneksel metod haline gelmiştir. Çocukların uyku giysilerinin tutuşurluğunu ölçmek için kullanılan test aparatında (Şek.2.12) yukarı doğru lineer alev yayılma hızı ölçülür. Numunenin üst ucundan iplik yanar ve tutuşmaya kadar olan süreyi belirler. Birçok laboratuvar Şekil 6'da şematize edilen yarı-gerdirilmiş test metodunu kullanır. Bu methodda termoplastik kumaşların çekmesi mümkündür. Çerçevenilmiş numunelerde ise bu mümkün değildir. Çocukların uyku giysilerinde de durum yarı-gerdirilmiş test metodundaki numunelerin tutuluş şekli gibidir. Çerçevenilmiş numunelerin davranışı giysilerin davranışına uymamaktadır.



Şekil 2.12. Çocukların Uyku Giysileri İçin Test Cihazı

D. AĞIRLIK KAYBI METODLARI

Numuneler yarı-gerdirilmiş test metodundaki gibi asılır (Şek.2.13). Asıldıkları çubuk bir yük hücrene bağlıdır ve yanma esnasındaki ağırlık kaybı kaydedilir.



Şekil 2.13. Ağırlık Kaybı Test Cihazı

E. TUTUŞMA ZAMANI TEST METODLARI

Tutuşma zamanları, MAFT üzerinde, düz plaka sensör aparatı gibi ölçülür. Numuneler yemek pişirme, sigara yakarken, v.b. hallerde kibrit gibi küçük boyutlarda bir alev kaynağının varolduğu durumlarda tutuşma zamanını ölçebilmek amacıyla 0.5,1.2 veya 3 saniye boyunca aleve maruz bırakılır ve tutuşup tutuşmama belirlenir.

Genel Giysi Tutuşurluğu üzerine ATMI Endüstri İşbirliği Programı sayesinde birçok önemli sonuç elde edilmiştir. % 100 termoplastik lifler veya yün içeren birçok ticari kumaşın kendi kendini söndürücü nitelikte olduğu ve çeşitli yanma testleri sonucunda çok az yandıkları ortaya çıkmıştır. Bu kumaşlar düşük dereceli yanıklara neden olacak niteliktedir.

Çok az sayıda kumaşın ileri derecede yanık oluşturacak nitelikte olduğu bulunmuştur. Bunlar tutuşma süreleri çok kısa olan kumaşlardır. Örneğin; çift yüzlü bornozluk kumaşlar, tek yüzlü bornozluk kumaşlar,v.b. Çift yüzlü bornozluk kumaşlar ve asetat saten kumaşlar yüksek yaralama potansiyeline sahiptir, çünkü diğer kumaşlar katı bir yüzeyle temas ettiklerinde yanmaları durduğu halde bunlar yanmaya devam etmektedir.

Giysi yanma test metodları sonucunda giysi tasarımının yanma özelliklerini etkilediği bulunmuştur. Pijamalar en fazla yaralanmalara yol açmıştır, çünkü pijamalar vücudun büyük kısmını sarmakta ve vücutla çok yakın temas etmektedir. Pijamaların ardından gecelik ve sabahlıklar gelmektedir. Ancak daha önceki araştırmalarda gecelik ve sabahlıkların daha fazla yaralanmalara sebep olduğu bulunmuştur [10]. Sabahlık ve gecelikler arasında belirgin bir fark görülmemiştir, bu da sabahlıkların kuşaklarının genel yanma karakteri üzerinde fazladan bir etkiye sahip olmadığını ortaya koymuştur.

Bluzlar ise gecelik ve sabahlıklara nazaran daha az kumaş ihtiva etmektedirler, ancak tutuşma noktası ve giysi olarak genelde TP'nin vücuduna daha yakındır. Elde edilen değerler gecelik ve sabahlıkların değerlerinden daha düşüktür. Dar veya bol bluzlar arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Aynı şekilde gömlek ve pantolonlar için de giysinin bol veya dar olması arasında belirgin bir fark bulunamamıştır.

Diğer test metodları da benzer sonuçlar vermiştir. Kullanılan test metodları arasında açığa çıkan ısıнын ölçüldüğü testlerin kumaşların yaralama potansiyelini en iyi tahmin edebilen testler olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle düz plaka sensör ve MAFT aparatları gelişmiş bir ısı açığa çıkma hızı/tutuşma zamanı testinin temelini oluşturabilir.

H.R.Richards [11] kumaş ve ipliklerin termal bozunması konusunda yaptığı araştırmasının birinci bölümünü kumaşlara ayırmıştır. Araştırmada giysi ve döşenmiş mobilyaların tutuşma özelliğine kumaşların, dikiş ipliklerinin, dikiş yerlerinin (iki kumaşın birbirlerine eklendiği yerler; Bu dikiş ipliği kullanmadan ısıyla yapıştırma, v.b. çeşitli yöntemler kullanarak da yapılabilir.) ve diğer aksesuarların aleve ve yüksek sıcaklıklara olan reaksiyonu büyük oranda etki etmektedir.

Bu çalışmada, farklı süreler için yüksek sıcaklıklara maruz kalan kumaşların fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri belirleyebilmek için yapılan deneyler ele alınmaktadır. Kumaşların termal bozunması sadece kazara tutuşmalar açısından değil, terbiye işlemleri esnasında yüksek sıcaklıklarda işlem gören kumaşların özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler açısından da önemlidir.

Tekstil ürünlerinin imalatında dikiş yerleri önemli rol oynamaktadır. Genelde iplikle birleştirilen iki tekstil kumaşının dikişinde kullanılan iplik tipi ve dikiş tipi önemlidir. Dikişin aleve veya yüksek sıcaklıklara olan reaksiyonu ürünün alev almasında önemli role sahiptir. Standart dikiş tipleri mevcut olduğu halde bu konuda bir sınırlama getirmek imkansızdır.

Araştırmada normal ve FR tipinde yünü, pamuklu, naylon, yün/polyester karışımı kumaşlar incelenmiştir. Terbiye maddesi olarak THPOH-NH₃ kullanılmıştır. Kumaşlar 125, 140 ve 180°C 'de en kısa süreler en yüksek sıcaklıklarda tutulmak üzere 2, 4, 8, 16, 24, 72 ve 120 saat bekletilmiştir. Daha sonra kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, kopma yükü, boyutsal stabilite ve konstrüksiyon özellikleri ile ilgili deneyler yapılmıştır. FR özelliğine sahip 3 numune ASTM metodları D1230 ve D626 ile test edilmiştir (45° ve dikey test).

Yapılan bu testler sonucunda termoplastik elyaf içeren kumaşların pamuklu kumaşlardan daha fazla çektiği ve yünlü kumaşların da arada bir değerde olduğu bulunmuştur. Naylon kumaşlar da diğer kumaşlardan daha fazla çekmiştir. Farklı büküme sahip olmalarından dolayı çözgü iplikleri atkı ipliklerinden daha fazla çekerler. Termoplastik elyaftan yapılma kumaşların çekmesi büyük bir tutuşma tehlikesi potansiyeline sahiptir, çünkü sıcaklık altında bu tip kumaşlar deriye yapışarak ciddi yanıklara neden olabilir. Poliester kumaşlar naylon kumaşlara göre daha az çekmektedir. FR kumaşlar normal kumaşlara daha az çeker. Bunun nedeni büyük olasılıkla FR terbiyesinde kullanılan maddelerin yapısındaki çapraz bağlardır.

Isı çoğu kumaşlar üzerinde renk değiştirme gibi bir etkiye sahiptir. Sarı ve kahverengi yönünde bir renk değiştirme görülmektedir. Estetik açıdan kumaşlarda meydana gelen bu renk değiştirme çok önemli olabilir.

Isı terbiyelerinin sonucu kumaşın yırtılma mukavemetinde meydana gelen düşme, kumaşın kopma mukavemetinde meydana gelen düşmeden çok daha fazladır. Bunun nedeni ısı terbiyesi esnasında ipliklerin yapışması ve sertleşmesidir.

50/50 poliester/pamuk karışımı bir kumaş 180°C 'de 8 saat ısı terbiyesine maruz bırakıldığında kopma mukavemetinde % 14'lük bir kayıp meydana gelirken, yırtılma mukavemeti yarı yarıya düşmektedir.

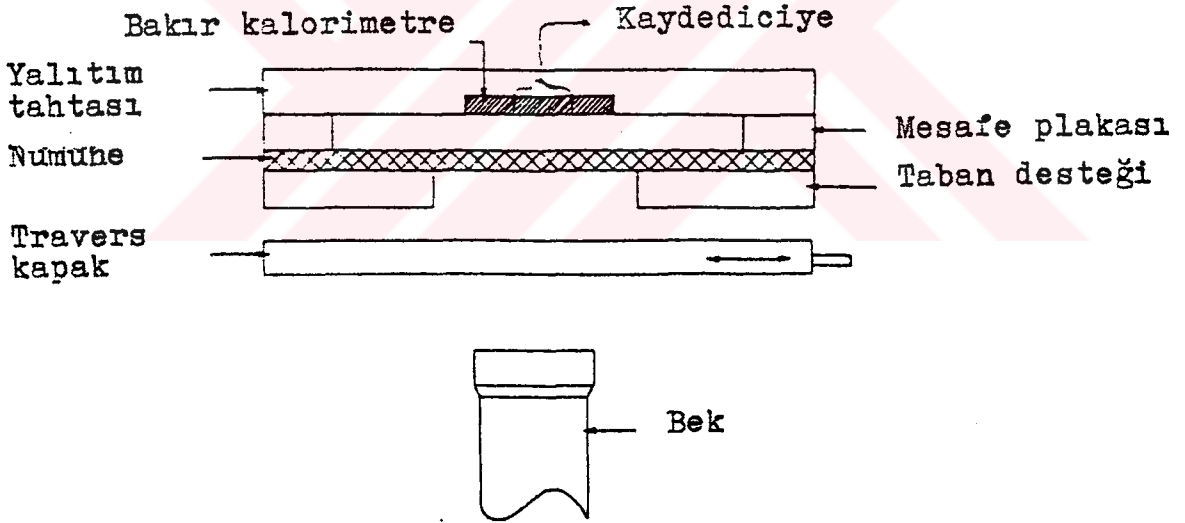
FR yünlü kumaşın yırtılma mukavemeti ve kopma mukavemetinde meydana gelen düşme, terbiye görmemiş yünlü kumaşın değerlerinde meydana gelen düşmeden daha azdır. Bu nedenle, FR yünlü kumaşlar terbiye görmemiş yünlü kumaşlara göre daha iyi bir ısıdan korunma sağlarlar. Pamuklu kumaşlar içinse durum biraz farklıdır. FR pamuklu kumaşların yırtılma ve kopma mukavemetlerinde, terbiye görmemiş pamuklu kumaşların yırtılma ve kopma mukavemetlerinden daha fazla bir düşme meydana gelir. Poliester ve naylon kumaşların yırtılma ve kopma mukavemetlerinde diğer kumaşlara göre daha az bir düşme görülür.

Itzhak Shalev ve Roger L.Barker'ın [2] koruyucu kumaşlar üzerine yaptığı bir araştırmada konvektif/radyant ısı kaynaklarına maruz bırakılan kumaşların Termal Koruyucu Performansını (TPP-Thermal Protective Performance) değerlendirmek için kullanılan laboratuvar test metodlarının

mukayesesi yapılmaktadır. Bunlardan biri ısı kaynağı olarak tek bir laboratuvar gaz ocağı olarak kullanan ASTM D4108-82 metodu (Şek.2.14), diğeri de radyant ve konvektif ısıнын farklı bir karışımını oluşturan iki gaz ocağı ve kuartz ısıtıcıyı birleştiren daha gelişmiş bir metoddur (Şek.2.15). Koruyucu giysilerin imalatında kullanılan birçok özel kumaş test edilmiştir.

1. ASTM D4108-82 - Açık Alev Metodu ile TPP'nin Değerlendirilmesi

Şekil 2.14'de aparat şematik olarak gösterilmiştir. Bekten çıkan bir metan gazı alevi $84 \pm 2 \text{ kw/ m}^2$ aklıya ayarlanmıştır. Kumaş numunesi yakma ucundan 50 mm yukarıya yerleştirilir ve test başladıktan sonra kayan bir kapak ile korunur. Transfer edilen ısı test numunesinden 3.2 mm uzakta bulunan bir bakır kalorimetre vasıtasıyla ölçölür. Kalorimetre 40 mm çaplı ve 1.6 mm kalınlıkta bir bakır diskten oluşmaktadır. Diskin içine 4 adet 32 gauge'luk krom/alumel (alumel=şap+aliminyum) thermocouple yerleştirilmiştir.



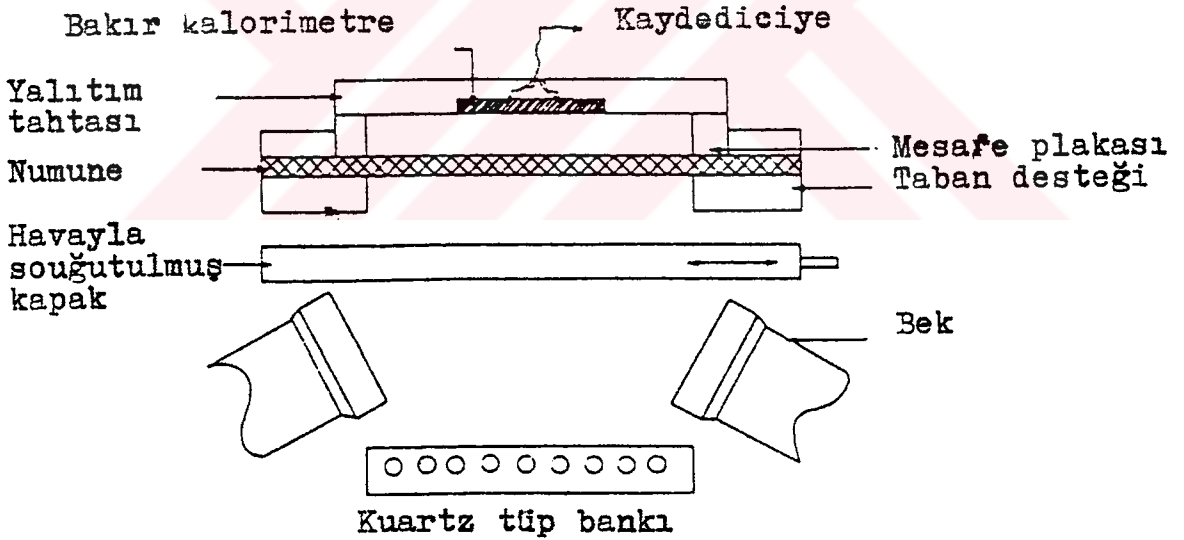
Şekil 2.14. ASTM D4108 Aparatı

Kalorimetrenin yüzü siyahlaştırılmıştır ve kalorimetre yalıtkan bir tahtanın içine yerleştirilmiştir. Test edilecek kumaş ile kalorimetre arasında uygun bir boşluk kalacak biçimde bir tasarımla numune ve kalorimetre

yerleştirilir. 3.2 mm kalınlıktaki, paslanmaz çelikten bir tabaka çoğu giysilerde olduğu gibi yarı-gerdirilmiş bir koşulu taklit etmek için kullanılmıştır. Kumaş yüzeyinde % 30 radyant ve % 70 konvektif ısı transferi oluşturulmuştur. Bakır kalorimetre ve ticari bir kalorimetre ile ölçülen değerler birbirini tutmaktadır.

2. Custom Scientific Instruments (CSI) Firmasının TPP Test Cihazı

Ticari olarak konstrükte edilen CSI test cihazı ile radyant ve konvektif ısıların farklı bir karışımı elde edebilmektedir. 2 adet bek konvektif ısı ve 9 adet elektrikle ısıtılan kuartz tübün oluşturduğu bank da radyant ısı kaynağı olarak kullanılmıştır. Beklerin yatayla yaptığı açı ayarlanabilir ve bu çalışma için 35° olarak tutulmuştur. Dijital bir zamanlayıcı tarafından eyleme geçirilen pnömomatik bir kafes mekanizmasında ısıya maruz kalan kumaş alanı 100 cm 'dir. Şekil 2.15'te görüldüğü gibi maruz kalan kumaş alanı ve mesafe plakası ile sensör tahtası ile oluşturulan kumaşın üstündeki çemberin alanı eşittir. Bu ASTM konfigürasyonunda böyle değildir (Şek.2.14).

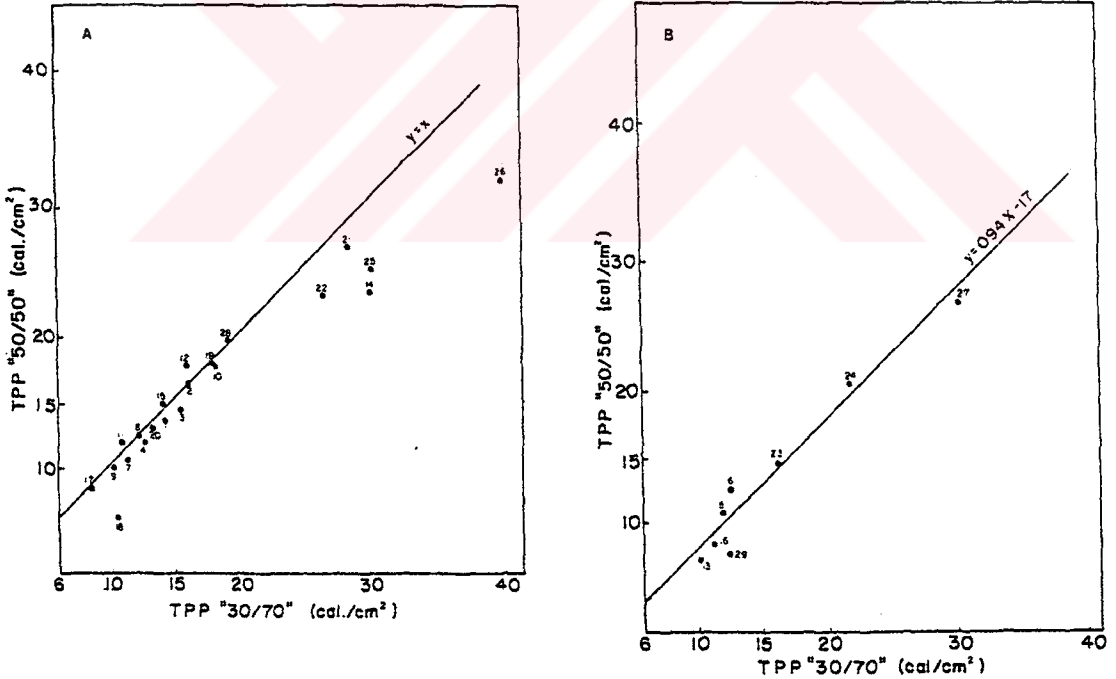


Şekil 2.15. CSI TPP Test Cihazı

ASTM testinden farklı olarak bir Marinite I yalıtım tahtası kullanılarak ASTM testindekiyle aynı tipte bir sensör kullanılmıştır. Nominal hava boşluğu 6.3 mm'dir. CSI test cihazı toplam 84 kw/m^2 akıda % 50 radyant ve % 50 konvektif ısıya ayarlanmıştır.

Yüksek yoğunlukta ısı enerjisi karşısında kumaşların yalıtım davranışlarını değerlendirmek için laboratuvar metodlarının geliştirilmesi ve standartizasyonu yönünde dünya çapında bir ilgi görülmektedir. Laboratuvar kumaş içinden yapılan ısı transferi ölçümleri, basit kalorimetrik test metodlarının standartizasyonu ve insan vücudunda meydana gelen yanıkların derecesini tahmin etmek amacıyla ısı akısı ölçümlerinin çevrimi için bilimsel bir temelin oluşturulması ile kolaylaştırılmıştır.

İngiliz, Hint, Alman, Fransız ve Amerikan standartları basılmıştır. Bu metodolojinin gelişmesi yönünde görülen eğilim, dikey yanma testi gibi geleneksel kumaş tutuşurluğu testlerinin yetersiz teknik data verdiği ve modern, aleve karşı dayanıklılığı çok yüksek olan kumaşların koruyucu performansını değerlendirmede yetersiz kaldığının bir göstergesidir. Sadece alev desteği veya malzeme zararının karakterizasyonuna bağlı kalmayarak giysiyi giyen kişiye olan ısı transferinin ölçülmesiyle, bu metodlar termal korunma performansının en kullanışlı indekslerini sağlamaktadır.



Şekil 2.16.a, b. A) Non-aluminize kumaşlar için TPP test sonuçları
B) Aluminize kumaşlar için TPP test sonuçları

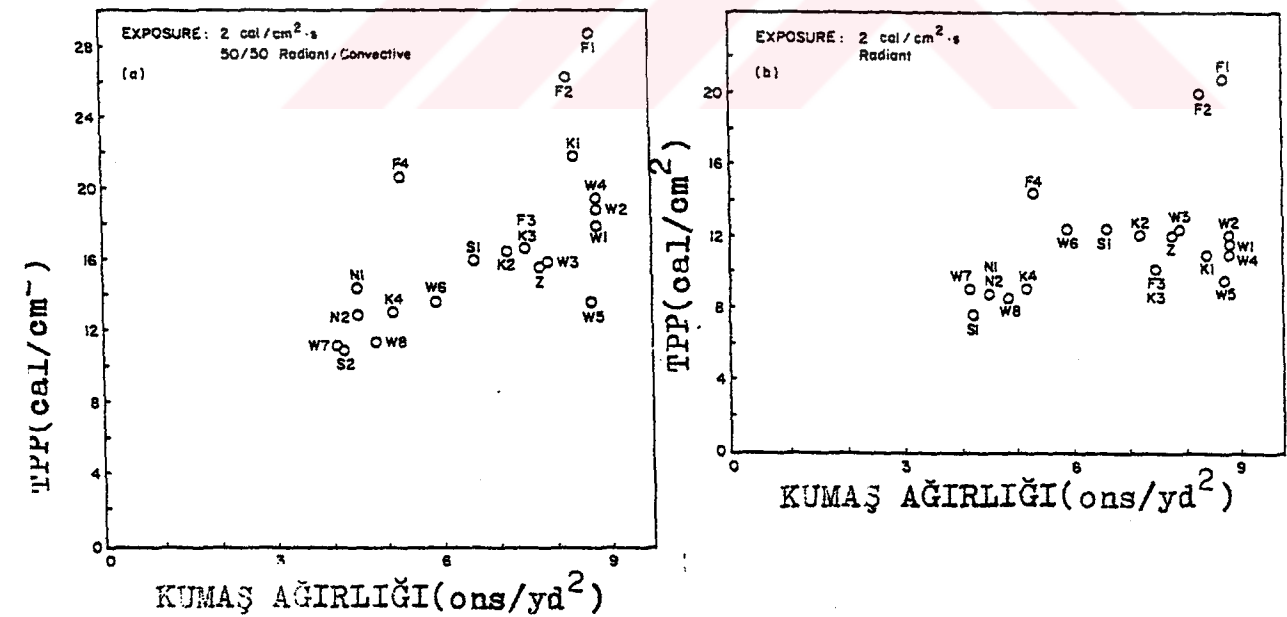
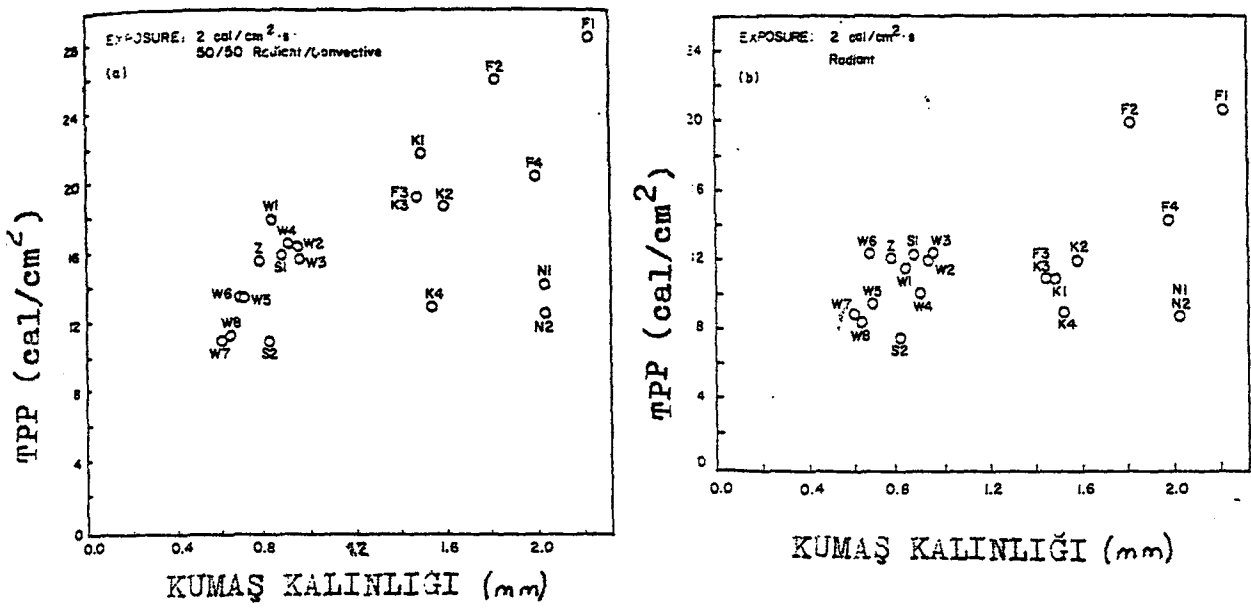
ASTM metodu (30/70 radyant/konvektif) ve CSI (50/50 radyant/konvektif) test cihazında uygulanan metod sonucunda aluminize olmayan kumaşlar için elde edilen TPP değerleri bir grafik halinde verilmiştir (Şek.2.16 a). Bu grafikte, data noktaları boyunca çizilen en küçük kareler regresyon doğrusu 0.966'lık bir korrelasyon katsayısına sahiptir. ' $y=x$ ' doğrusu kısa sürelerde iki metod için olan değerlerin birbirine yakınlığını göstermek için çizilmiştir. Şekil 2.16 b'de ise aluminize kumaşlar için elde edilen TPP değerleri görülmektedir. Korrelasyon katsayısı 0.970'dir. Aluminize olmayan kumaşlarda 25 cal/cm² 'ye kadar olan TPP değerleri için her iki metod da benzer sonuçlar vermektedir (Şek.2.16 a).

Daha uzun ısıya maruz kalma süreleri için 50/50 radyant/konvektif test metodunun daha ciddi sonuçlar verdiği görülmektedir. Şaşırtıcı bir şekilde, aluminize kumaşlar için iki test metodunun sonuçları arasında belirgin bir fark yoktur (Şek.2.16 b). Daha fazla radyant ısıya maruz kaldığında bu kumaşların performansının artacağı düşünülebilir, ancak durum böyle değildir. Pintauro ve Buchanan [12], PET/pamuk karışımı kumaşlar için tutuşma sürelerinin radyant ısı alanının yoğunluğuna bağlı olmadığını bulmuşlardır. Bu çalışmada da benzeri bir etki görülmüştür.

TPP değerleri ile hava geçirgenliği ve yoğunluğu arasında bir korrelasyon bulunamamıştır, ancak kumaş gramajının TPP değerlerine doğrudan bir etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Young Moo Lee ve Roger L.Barker [13] tarafından yürütülen araştırmada farklı şiddetteki ısı kaynaklarına maruz bırakılan FR kumaşların termal korunma performansı incelenmiştir. Polibenzimidazol (PBI), aromatik polyamid (aramid) ve PBI/aramid karışımı veya PBI/FR rayon lif karışımı 21 adet kumaşın TPP değerleri ölçülmüştür. Bu çalışmada da CSI test cihazı (Şek.2.15) kullanılmıştır.

Termal koruyucu giysilerde kullanılacak özel kumaşların geliştirilmesindeki önemli değişkenler belirlenmiştir. Test sonuçlarında kumaş kalınlığı (Şek.2.17 a,b) ve gramajı (Şek.2.18 a,b) arttıkça TPP değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır.



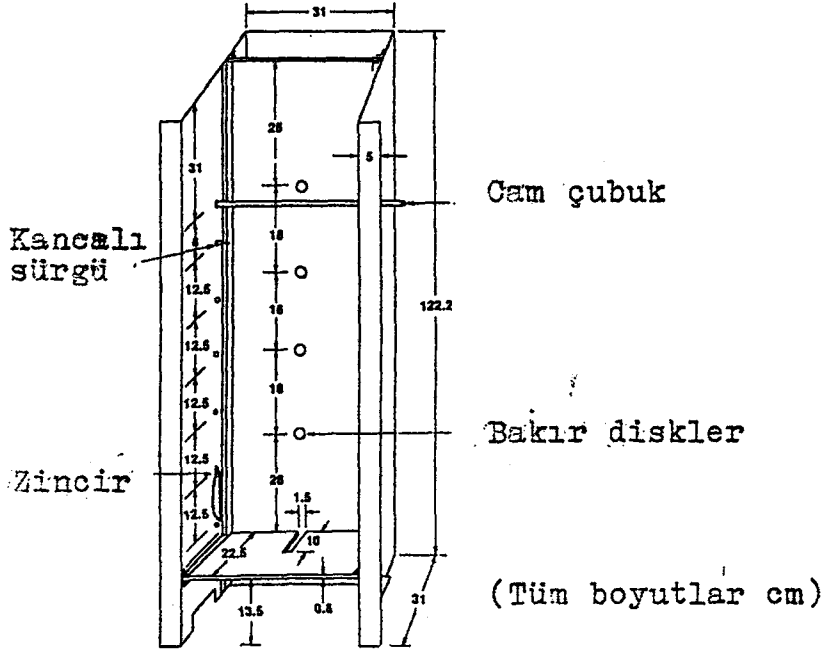
Kumaş konstrükyonun da TPP değerlerine etki ettiği bulunmuştur. Dokuma ve örme kumaşlara nazaran non-woven yapılar daha iyi bir TPP değeri göstermektedir.

Son yıllarda, ev eşyalarında kullanılan tekstil malzemelerinin tutuşurluk problemine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Joan A.Brough ve arkadaşlarının [14] yaptığı çalışmada perdelerin tutuşurluğu ele alınmıştır. Perdelik kumaşlar ev eşyalarının neden olduğu yangınların yayılmasında en önemli faktörlerden biridir. Dikey olarak asılı malzeme başlangıçta küçük boyutlardaki bir yangının çabucak yayılmasına ve tehlikeli yangınların çıkmasına neden olabilecek niteliktedir. Bu nedenle, odalarda serbest bir şekilde asılı duran perdeler bu tehlikeyi oluşturabilecek potansiyele sahip görünmektedirler.

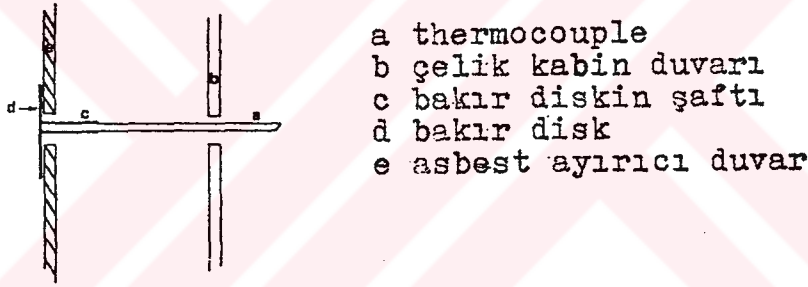
Perdelik kumaşların yapısı test metodunu geliştirmede yarı-gerdirilmiş tutuşurluk testinin esas alınmasına uygundur.

Yarı-gerdirilmiş tutuşurluk testi:

Perdelik kumaşlar için en uygun metoddur. Üç duvarlı, paslanmaz çelikten bir kabin cam çubukla beraber monte edilmiştir (Şek.2.21). Buradan, perdeler, tutuşmaya imkan vermesi amacıyla asılır. Altta, test esnasında yakma borusunun üzerine sıcak malzemenin düşmesini engelleyecek bir tepsi mevcuttur. Bu tepsinin üzeri temizlemeyi kolaylaştırmak amacıyla bir asbest kağıttan astar ile kaplanmıştır. Numunenin daha aşağıdaki ucundan tutulabilmesi için yay kancalarıyla tellenmiş zincirler kabinin tabanına yakın bir yere monte edilmiştir. Yanma hızını tayin etmede yardımcı olması amacıyla pamuk iplikleri kabin yüzeyine tutturulmuştur. Yanma testleri esnasında sıcaklık ölçümü yapabilmek amacıyla kabin arka yüzüne açılmış 4 adet deliğe thermocouple yerleştirilmiştir. Thermocouple montesi ile ilgili olarak Şekil 22'de daha detaylı bilgi verilmektedir. Buradaki bakır disk, sensör elemanına iyi bir ısı iletimini garantilemektedir. Asbest ayırıcı duvar (Şek. 21 ve 22'de görülebilen) bu diskler için disklerden uzaktaki gereksiz ısı iletimini olmaksızın bir destek olarak görev yapmaktadır.



Şekil 2.21. Kullanılan Test Cihazı



Şekil 2.22. Termistor Montesi

Pamuk ve pamuk karışımı kumaşlara 3 saniye süreyle, poliester kumaşlara 12 saniye süreyle uçtan tutuşturma uygulamıştır.

Yapılan deneyler sonucunda uzunluğun kumaşların yanması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Alev yayılma hızı uzunluk arttıkça artar. Genişliğin ise daha az önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada da gramajın yanma hızını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu ispatlanmıştır. Perdelere ilave edilen astarlar ve terbiye maddeleri de (özellikle güç tutuşurluk terbiyesinde kullanılanlar) yanmayı etkileyen unsurlardır.

J.Ronald Martin ve Bernard Miller [15] tarafından yapılan bir araştırmada poliesteryün karışımı kumaşların termal ve tutuşma davranışları incelenmiştir.

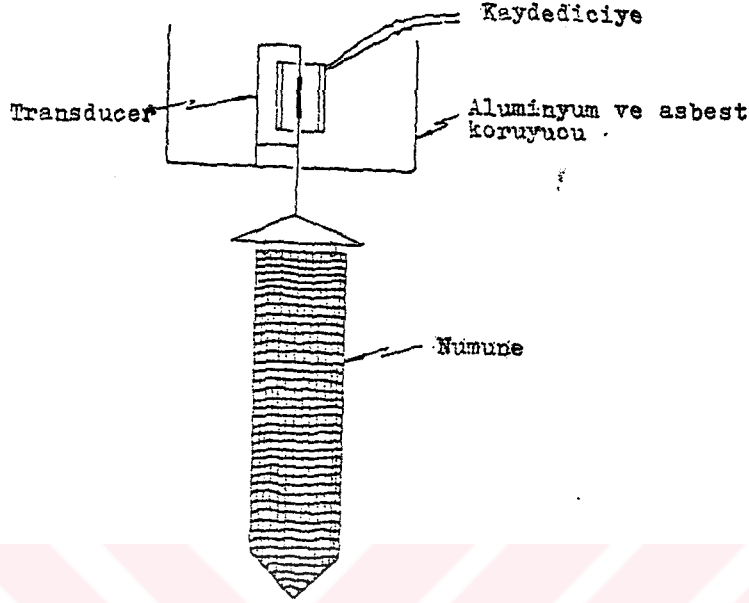
Tekstil malzemelerinin bozunma ve tutuşma özelliklerinin değerlendirilmesi için daha hassas tekniklerin geliştirilmesiyle karışık elyaf sistemlerinin davranışını anlamayı ve önceden tahmin etmeyi mümkün kılan bilgiler elde edilebilmektedir. Karışım kumaşların imalatındaki hassasiyet artmaktadır; bununla birlikte, müşteri bazında bazı dikkatsiz kullanımlar olmaktadır. Kimyasal ve/veya fiziksel ilişkiler nedeniyle, karışım kumaşların tutuşma özelliği, tek bir tip liften yapılma kumaşların davranışı göz önünde bulundurularak yapılan tahminlerden farklı olmaktadır.

Yün/suni elyaf karışımı kumaşlar konfeksiyon alanında gitgide artan bir öneme sahiptir. Yünün tutuşması güçtür, dolayısıyla karışım kumaşlarda yünün yüzdesi arttıkça kumaşın tutuşurluğunun azalacağı sanılmaktadır. Düz dokuma poliesteryün karışımı kumaşlar birtakım yanma testlerine tabi tutulmuştur.

Şekil 2.23'te şematik olarak gösterilen test aparatı ile dikey olarak serbest bir halde tutulan numunenin yanması esnasında sürekli olarak yapılan ağırlık ölçümleri sayesinde kütle yanma hızı hesaplanabilir. Zamana bağlı olarak meydana gelen kütle kaybı, kumaş eni için normalize edilerek, kütle yanma hızının hesabı için sayısal olarak belirlenir. Bu kütle yanma hızı, yukarı doğru yanma esnasında maksimum bir hıza ulaşılan kadar (+) yönde ivmelenir, sonra alevin ucu kumaşın sonuna ulaştığında (-) yönde ivmelenir.

Karışım kumaşlarda gözlemlenen yanma hızları tek tip elyaftan yapılma kumaşların yanma hızlarından büyüktür. Bunun nedeni, çok bileşenli kumaşların yanması esnasında meydana gelen kimyasal ve/veya fiziksel etkileşimlerdir.

Isı emişi ölçümleri de serbest halde asılı poliesteryün karışımı kumaşların dikey yanması esnasında yapılmıştır. Bu, ısı akısının, yanma esnasında yanan kumaş tarafından konveksiyon akısının sevk edilmesi ile ölçülmesiyle sürekli olarak monitörlenebilir. Burada da karışım kumaşların ısı emişi, tek tip elyaftan yapılma kumaşların ısı emişinden daha fazladır. TRI konveksiyon Konveksiyon kalorimetresi Şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.23. Ağırlık Kaybı Test Cihazı

Çalışmanın sonucu olarak poliesteryün karışımı kumaşların tutuşma özelliğinin, karışım bileşenlerinden birinin tek başına olan davranışlarından yola çıkılarak tahmin edilemeyeceği anlaşılmıştır.

Literatürde kullanılan test metodları Tablo 2.2'de verildiği gibi özetlenebilir[16-26]. Ancak kullanılan test metodlarının bu tablodaki metodlarla sınırlı olduğunu düşünmek doğru değildir. Bu tabloda yer almayan test metodları da mevcuttur.

Tablo 2.2. Yanma Testi Metodları

No	Sponsor Organizasyon	Test Adı	Tanıtma Prosedürü	Test Malzemesi	Ölçülen Özellikler
1	American Society of Testing & Materials Methods	Radyant bir ısı enerjisi kaynağı kullanılarak malzemelerin yüzey tutuşurluğu	ASTM E-162	levhalar, kumaşlar, sıvılar, filmler	alev yayılma indeksi, duman ve akışkanlık karakterleri
2	ASTM	Oksijen indeksi tutuşurluk testi	ASTM D-2863	plastikler, tekstil kumaşları, kağıt, diğer malzemeler	oksijen indeksi değeri
3	Bureau of Ships	Tutuşurluk ve toksitite	U.S.T.Co.Report No.84874	genelde melamin plastikler, her tip malzeme	tutuşma, kendiliğinden tutuşma, mevcut gazların toksititesi
4	ASTM	Elementer malzemesinin tutuşmama özelliği	ASTM E-136	yapı malzemeleri	malzemelerin tutuşurluğu veya tutuşmama özelliği
5	Federal Test Method Std.	Akustik malzemelerin FR özelliği	Fed.Spec. SSA-1188	Akustik malzemeler	FR dercesi ve yanma derecesi
6	National Bureau of Standards	AMINCO Duman Yoğunluk Bölmesi		tüm malzeme tipleri	spesifik optik yoğunluk
7	ASTM	Yanan plastiklerden açığa çıkan duman yoğunluğu	ASTM D-2843	plastik malzemeler	ışık absorpsiyonunun yüzdesi
8	ASTM	0.050" kalınlığın üzerindeki rijid plastiklerin tutuşurluğu	ASTM D-635	rijid plastikler	yanma hızı ve görsel özellikler
9	ASTM	Kendiliğinden sönen nitelikteki plastiklerin tutuşurluğu	ASTM D-757	rijid plastikler	yanma hızı ve görsel özellikler
10	ASTM	Plastik köpük ve levhaların tutuşurluğu	ASTM D-1692	plastik köpük ve levhalar	yanma hızı ve görsel özellikler
11	ASTM	Plastiklerin tutuşma özelliği	ASTM D-1929 Proc.B	plastik levhalar ve filmler, termoplastik paletler	tutuşma sıcaklığı, kendiliğinden tutuşma sıcaklığı, görsel özellikler
12	Federal Test Method	Plastiklerin aleve karşı dayanıklılığı	Method 2023 Fed.Std. 406	Güç tutuşur özellikteki plastikler	tutuşma süresi, yanma süresi, alev yayılma hızı

No	Sponsor Organizasyon	Test Adı	Tanınma Prosedürü	Test Malzemesi	Ölçülen Özellikler
13	ASTM	0.050" ve altındaki inceliklerdeki plastiklerin tutuşurluğu	ASTM D-568	plastik levhalar ve filmler	tutuşmama, kendiliğinden sönmeye, yanma hızı, görsel özellikler
14	Department of Commerce	Plastik filmlerin tutuşurluğu	CS 192-53	plastik filmlerle kaplanmış kumaş	tutuşma süresi, yanma hızı
15	FHSA	Tutuşma noktası	ASTM-API FHSA	aerosoller	aerosolün tutuşma noktası
16	FHSA	Alev projeksiyonu	C.S.M.A. FHSM	aerosoller	aerosolün alev projeksiyonu
17	ASTM	Boyanın FR özelliği (Kabin Metodu)	ASTM D-1360	boyalar	tahta üzerine yapılan kaplamaların FR özelliği
18	ASTM	Boyanın FR özelliği	ASTM D-1361	boyalar	boyanın FR özelliği
19	ASTM	Tutuşma noktası	ASTM D-56, D-92, D-93, D-1310	sıvılar	alev alabilen sıvıların tutuşma noktası
20a	NFPA	FR tekstil malzemeleri ve filmler için yanma testi	NFPA 701 Büyük Ölçek	kumaş ve filmler	tutuşmadan sonra alev alma ve kordan sonra uzunluk
20b	NFPA	FR tekstil malzemeleri ve filmler için yanma testi	NFPA 701 Küçük Ölçek	kumaş ve filmler	tutuşmadan sonra alev alma ve kordan sonra uzunluk
21a	Federal Spec.	Halı ve kilimlerin yüzey tutuşurluğu	Spec.DDD C-95	halı ve kilimler	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
21b	Department of Commerce	Halı ve kilimlerin yüzey tutuşurluğu	DOC FF 1-70	halı ve kilimler	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
21c	Department of Commerce	Halı ve kilimlerin yüzey tutuşurluğu	DOC FF 2-70	halı ve kilimler	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
21d	ASTM	Halı ve kilimlerin yüzey tutuşurluğu	ASTM D-2859	halı ve kilimler	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
21e	TSE	Tekstil yer döşemeleri yanma karakteri	TS 5193	yer döşemeleri	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
21f	BS	Tekstil yer döşemeleri yanma karakteri	BS 6307	yer döşemeleri	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
21g	ISO	Tekstil yer döşemeleri yanma karakteri	ISO 6925	yer döşemeleri	yanan alanın denk geldiği en büyük çap

No	Sponsor Organizasyon	Test Adı	Tanınma Prosedürü	Test Malzemesi	Ölçülen Özellikler
21h	BS	Tekstil yer döşemelerinin tutuşurluğu	BS	yer döşemeleri	yanan alanın denk geldiği en büyük çap
22a	AATCC	Giysilik kumaşların tutuşurluğu	AATCC-33-1962	kumaşlar	tutuşurluğun tayini,alev yayılma hızı,alev yoğunluğu
22b	ASTM	Giysilik kumaşların tutuşurluğu	AST1230-61	kumaşlar	22a ile aynı
22c	NFPA	Giysilik kumaşların tutuşurluğu	NFPA-702	kumaşlar	22a ile aynı
23	TSE	Kumaşların tutuşurluğun	TS 5775	kumaşlar	tutuşma süresi
24	TSE	Kumaşların yanma özellikleri	TS 5569	kumaşlar	alev yayılma hızı
25	TSE	Kumaşların yanma özellikleri	TS 6346	kumaşlar	alev yayılma hızı
26	BS	Kumaşların yanma özellikleri	BS 5438	kumaşlar	alev yayılma hızı
27	ISO	Kumaşların yanma özellikleri	ISO 6941	kumaşlar	alev yayılma hızı
28	Federal Test Method	Kumaşın yanma hızının tayini(45°)	method 5908 FTMS-191	kumaşlar	tutuşma süresi, alev yayılma hızı
29	Federal Aviation Authority	Kompartımanla- rın iç yüzeyleri için F.F.A. sınırlamaları	Par.25.853	kompartıman malzemeleri	alev yayılma hızı
30	Federal Aviation Authority	29 ile aynı	Par.25.853	kompartıman malzemeleri	yanan uzunluğun tayini
31	Department of Transportation	Araba,kamyon, çok amaçlı yolcu taşıtları, otobüslerin iç yüzeylerinde kullanılan malzemelerin tutuşurluğu	Motor Vehicle Safety Std.191	iç yüzey malzemeleri	alev yayılma hızı
32	Federal Test Method	Kumaşın alev yayılma hızı;30°	Method 5910, Fed.Std.191	kumaşlar	alev yayılma hızı
33	Food and Drug Administration	Oyuncakların yanma özellikleri	Par.191.14002	rijid ve çok katlı katı malzemeler	alev yayılma hızı
34	Department of Commerce	Çocukların uyku giysileri	DOC FF 3-71	0-6 yaş grubu için uyku giysileri	alev yayılma hızı, yanan uzunluk
35	Department of Commerce	Yorgan yanma testi	DOC FF 4-72	yorgan ve yorgan pedleri	yanan uzunluk
36	ASTM	Yapı malzemelerinin yüzey yanması	ASTM E-84	yapı malzemeleri	alev yayılma indeksi,duman yoğunluğu

Günümüzde tekstil malzemelerinin güç tutuşurluk özelliğine gittikçe artan bir önem verilmektedir. Bu özelliği elde etmek için sürekli olarak araştırmalar yapılmakta ve çeşitli kimyasal maddelerin kullanıldığı terbiye işlemleri denenmektedir. Güç tutuşurluk özelliğinin değerlendirilmesini hedef alan birçok test metodu geliştirilmekte ve standartlar oluşturulmaktadır.

Ülkeler yaptıkları ithalatlarda güç tutuşurluk özelliğine önem vermekte ve ithal ettikleri ürünlerin belirli standartlara uygun olmasına dikkat etmektedirler. Bu nedenle ihracatçı ülkeler bu konuda yeterli bilgiye sahip olmalı ve müşterilerini tatmin edecek özellikte ürünler imal etmelidirler. Zira ithalatta kalite kontrol işini çok sıkı tutan ülkeler ürünler belirli koşullara uymadığı takdirde ürünleri geri çevirebilmektedirler. Bu da ihracatçı ülkeler için zaman ve para kaybına yol açmakta ve beraberinde büyük zararlar getirmektedir.

Türkiye ihracatının oldukça büyük bir bölümünü oluşturan tekstil ihracatı açısından ithalatçı ülkelerin belirlediği koşullara uymak hayati önem taşımaktadır. Güç tutuşurluk özelliği de bu uyulması gereken koşullar arasındadır, bu nedenle hem ihracat yapan firmalar, hem de yurtiçi için imalat yapan firmalar ve tüketicilerin güç tutuşurluk hakkında yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir.

Tablo 2.2'de görüldüğü gibi tekstil malzemelerinin her tipi için farklı metodlar mevcuttur. Örneğin; giysilik kumaşlar ile halılar için yapılan deneylerde farklı metodlar kullanılmaktadır. Malzemelerin tipi, hammaddesi, kullanılacağı yer ve amaca göre test metodlarının farklılık göstermesi doğaldır. Hatta aynı tip malzemeler için bile farklı test metodları mevcuttur. Bu nedenle yanma deneyleri yapılırken hangi test metodunun hangi tip malzemeler için kullanılacağı ve bu metodlardan hangisinin en uygun olduğu önem taşımaktadır.

Bu nedenlerden dolayı bu tezin konusu olarak ev tekstili niteliğindeki perdelik, döşemelik ve halı tipindeki kumaşların yanma özelliklerini test eden çeşitli test metodları kullanılarak yanma deneyleri yapılmış ve deney sonuçları değerlendirilerek bir karşılaştırma yapılmıştır.

BÖLÜM 3. MALZEME, YANMA TESTLERİNDE KULLANILAN TEST CİHAZI VE TEST METODLARI

3.1. Malzemeler

Perdelik ve döşemeliklerin testleri için sanayiden temin edilen 11 adet 1x1 m boyutlarında döşemelik kumaş, 7 adet 0.5 m eninde tül perdelik kumaş kullanılmıştır.

Halıların testleri için sanayiden temin edilen 4 adet 1x1 m boyutlarında halı kullanılmıştır.

3.2. Perdelik ve Döşemelik Kumaşlar İçin Yapılan Deneyler ve Test Cihazı

a) Atkı ve çözgü ipliği sıklıklarının tayini

Kumaşların atkı ve çözgü yönlerinden 3'er adet olmak üzere cımbızla iplik çekme yöntemiyle cm'deki iplik sayısı tesbit edilmiştir. Bu üç değerin ortalaması alınarak tel/cm şeklinde atkı ve çözgü ipliği sıklıkları tayin edilmiştir.

b) Hammadde tipinin ve karışım oranının tayini

Kimyasal çözeltiler kullanarak kumaşların hammadde tipi ve karışım oranları tesbit edilmiştir.

PET	→	nitrobenzen çözeltisinde 2' kaynatma
PP	→	xylol çözeltisinde 2' kaynatma
PAC	→	DMF(dimetil formamid) çözeltisinde 2' kaynatma
Pamuk	→	Yukarıdaki maddelerde çözünmeyen parçalar pamuk olarak bulunmuştur.

c) Gramaj tayini

Döşemelik kumaşlar standart atmosfer koşullarında kondisyonlanıp üç adet 100 cm²'lik numune kesilerek ağırlıklarının ölçülmesi ve bu ölçülen değerlerin ortalamasının alınması suretiyle g/m² olarak gramaj tayini yapılmıştır.

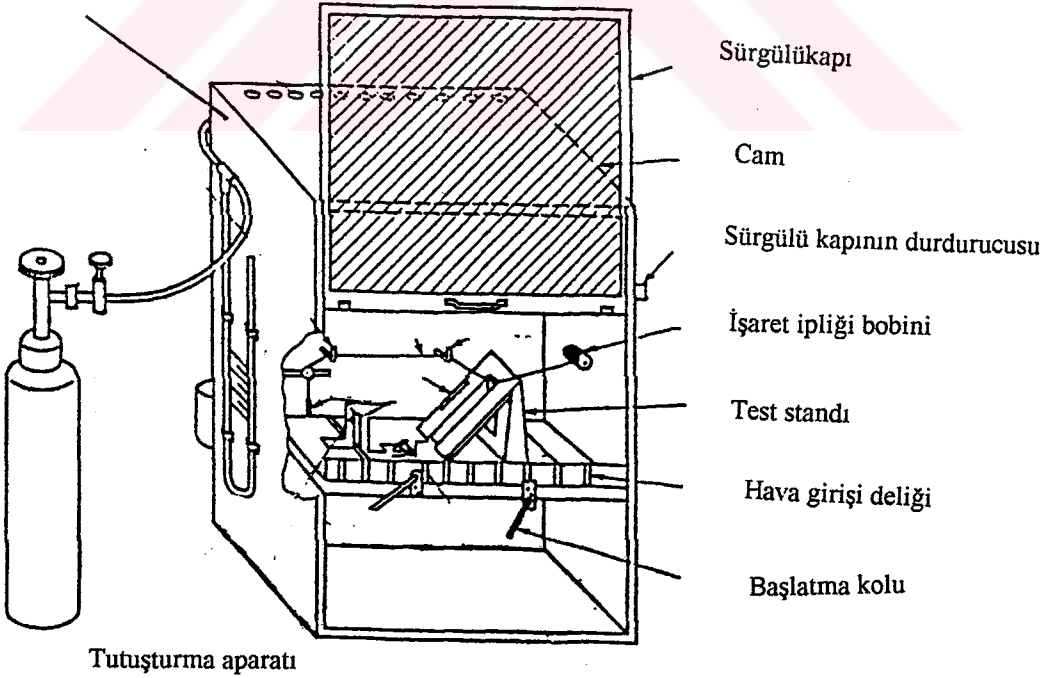
Perdelik kumaşlar standart atmosfer koşullarında kondisyonlanarak desenin tekrarlandığı en ve tüm uzunluğu boyunca kesilerek ağırlıklarının ölçülmesi suretiyle g/m² olarak gramaj tayini yapılmıştır.

d) 90° (Dikey) yanma deneyi

e) Yatay yanma deneyi

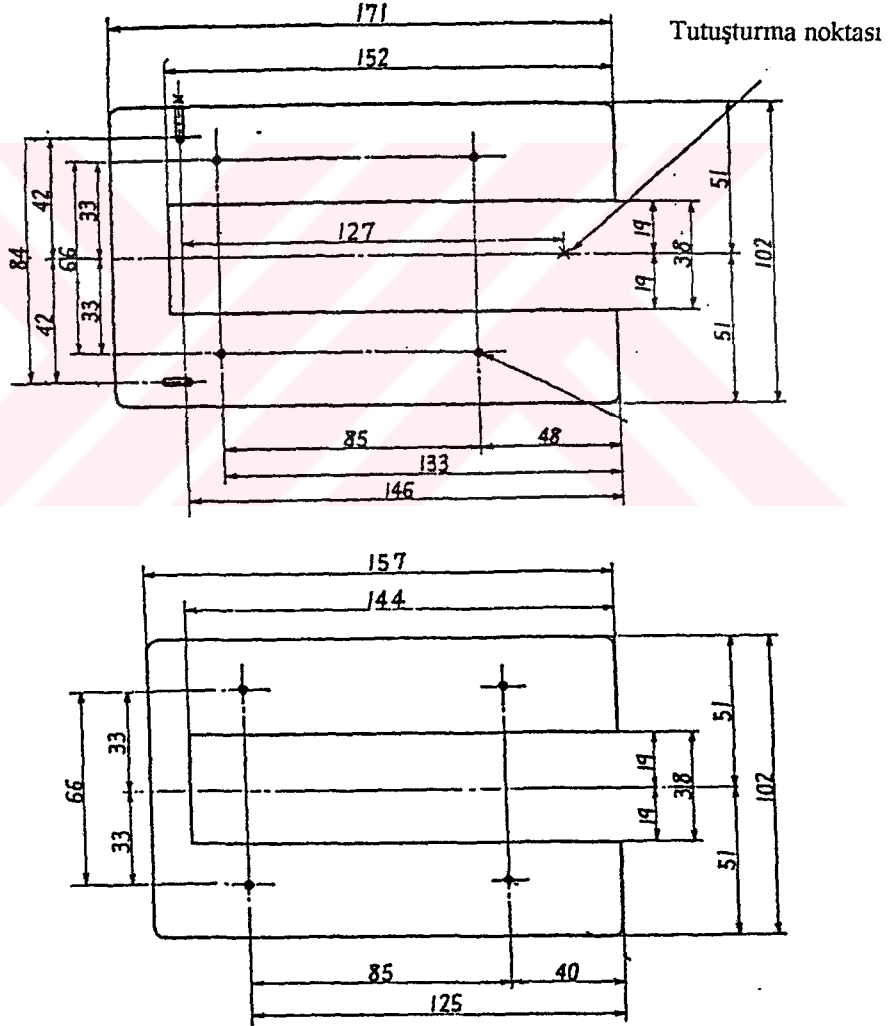
3.2.1. Kullanılan Test Cihazı (WINTREE FLAMMABILITY SPEED TESTER)

Hava akımını engelleyen test bölmesi

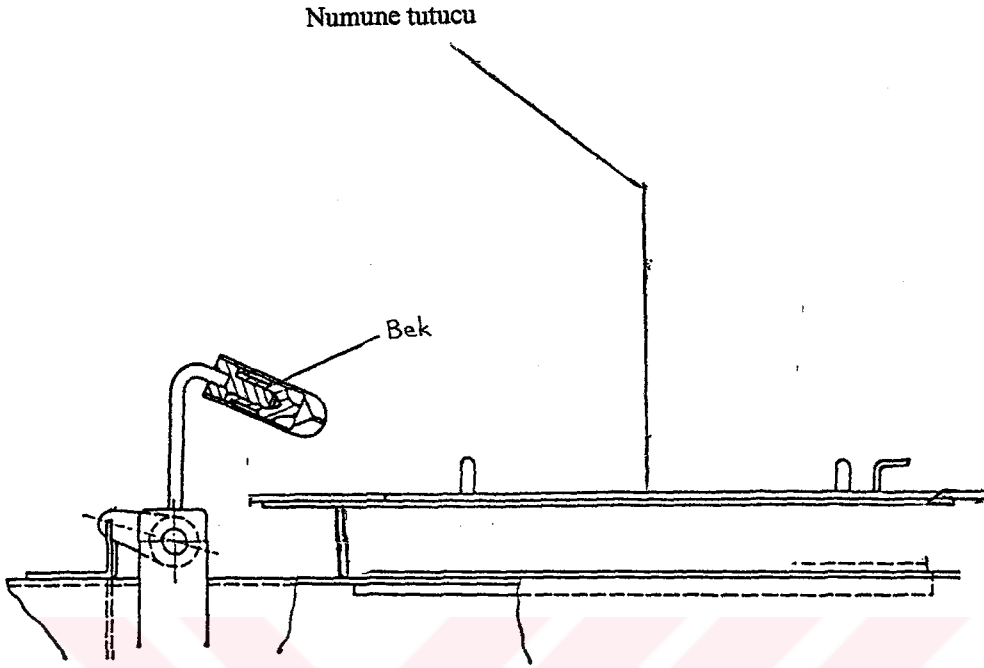


Şekil 3.1. WINTREE Test Cihazı

WINTREE FLAMMABILITY SPEED TESTER tutuşma süresi ve yanma süresini dijital olarak gösterebilen 71x57x22 cm boyutlarında, ön tarafı camlı bir test bölmesine sahip elektronik bir cihazdır (Şek.3.1). Tutuşturma için kullanılan bek bütan gazı kullanılmaktadır. Numune tutucu, biri 171x102 mm diğeri 157x102 mm boyutlarında ve 1.6 mm kalınlığında iki levhadan oluşmaktadır (Şek.3.2,a). Numune tutucu 30,45, 60, 90° ve yatay konumlara yerleştirilebilmektedir. Numune tutucunun üstünde, bekin numuneyi tutuşturduğu mesafeden 127 mm uzaklıktan 50 tex inceliğindeki mercerize pamuk ipliği geçirilir.Bek numune tutucunun üstüne yatayla 15° yapacak şekilde eğilmekte ve yüzeyden tutuşturma yapmaktadır (Şek.3.2,b).



Şekil 3.2.a. Numune Tutucu



Şekil 3.2.b. Tutuşturma Pozisyonu

3.2.2. Dikey ve Yatay Yanma Deneyleri

TS 5569 [17], TS 5775 [18], TS 6346 [19], BS 5438 [20] ve ISO 6941 [21] standartları incelenerek perdelik ve döşemelik kumaşların yanma deneyleri için uygun iki metodun dikey ve yatay yanma deneyleri olduğu kanaatine varılmıştır. Tezde bu iki deneyin karşılaştırılması yapılmıştır.

Deney Ortamı

Deneyler 10-30 °C sıcaklıkta ve % 15-80 izafi rutubetteki bir ortamda yapılmıştır.

Numunelerin Hazırlanması ve Kondisyonlanması

Her kumaştan atkı ve çözgü yönlerinde üçer adet olmak üzere 150x100 mm boyutlarında numuneler kesilmiştir. Havlı numuneler havın yatış yönünün tersi yönünde 1 kez fırçalanmıştır. Numune WINTREE test cihazının numune tutucusuna numunenin üst yüzeyi üste gelecek biçimde yerleştirilmiştir. Numune tutucu dikey test yapılacaksa dikey konuma, yatay test yapılacaksa yatay konuma getirilmiştir. Bek tutuşturularak 2 dakika ısıtılmıştır. Bekden çıkan alevin boyu 40 ± 2 mm'dir. Bekden çıkan alevin numunenin alt ucundan üst ucuna doğru 20 mm uzaklıkta numuneyle yüzeyden tutuşturma olacak şekilde temas etmesi sağlanmıştır. Alev, 5 sn boyunca veya tutuşma olmadığı takdirde 15 sn boyunca tatbik edildikten sonra geri çekilmiştir.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Alev çekildikten sonra işaret ipliğinin kopmasına kadar geçen süre tesbit edilmiştir. Tutuşturma noktasından işaret ipliğine kadar olan nokta arasındaki mesafenin 127 mm olduğu bilindiğinden buradan mm/sn olarak alev yayılma hızı hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra tahrip olmuş en büyük en ve uzunluk, alevin numunenin dik kenarına ulaşip ulaşmadığı, numunenin bir delik açılarak eriyip erimeceği, alevlenen numuneden herhangi bir parçanın yanan kumaştan ayrılarak aşağıya düşüp yanmaya devam edip etmediği hususları not edilmiştir.

3.3. Halılar İçin Yapılan Deneyler

a) Hammadde tipinin tayini

Kimyasal çözeltiler kullanarak halıda kullanılan hammaddenin tayini yapılmıştır.

PP → xylol çözeltisinde 2' kaynatma

PAC → DMF çözeltisinde 2' kaynatma

Yün → Yukarıdaki çözeltilerde çözünmeyen lifler yakılarak yün olduğu tesbit edilmiştir.

b) Hav yüksekliği ve halı yüksekliğinin tayini

Cam lameller ve mikrometre kullanılarak hav yüksekliği ve halı yüksekliği mm olarak tayin edilmiştir.

c) İlmek yoğunluğunun tayini

10x10 cm boyutlarındaki numunenin atkı ve çözgü yönlerindeki ilmek sayısı sayılarak m²'deki ilmek sayısı hesaplanmıştır.

d) Gramaj tayini

Halılar standart atmosfer koşullarında kondisyonlandırılmış ve 10x10 cm boyutlarında 3'er adet numune kesilerek bunların ağırlıklarının ölçülmesi ve bu değerlerin ortalamasının alınması suretiyle g/m² olarak gramaj tayini yapılmıştır.

e) Kızgın Metal Somun Deneyi

f) Metenamin Tablet Deneyi

3.3.1 Kızgın Metal Somun Deneyi

BS 4790 [26] standartı incelenerek halı tipi tekstil malzemelerinin yanma deneyi için kızgın metal somun deneyinin uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

Aparat

- a) 30±2 g ağırlığında, paslanmaz çelikten M16 hekzagonal somun
- b) Hava akımını engelleyecek test bölmesi
- c) Üzerinde numunenin yakılacağı yanmayan malzemeden yapılmış levha
- d) Dış çapı 125 mm olan ve iç çapı 115 mm olan, dikdörtgen kesitli paslanmaz çelikten bilezik
- e) Üzerinde 5 mm aralıklarla çemberler çizili olan 200 mm çaplı transparan bir levha
- f) 1400°C'ye kadar ısıtma kapasiteli fırın

- g) Kronometre
- h) 900°C sıcaklıktaki somunu tutmak için maşa

Deney Ortamı

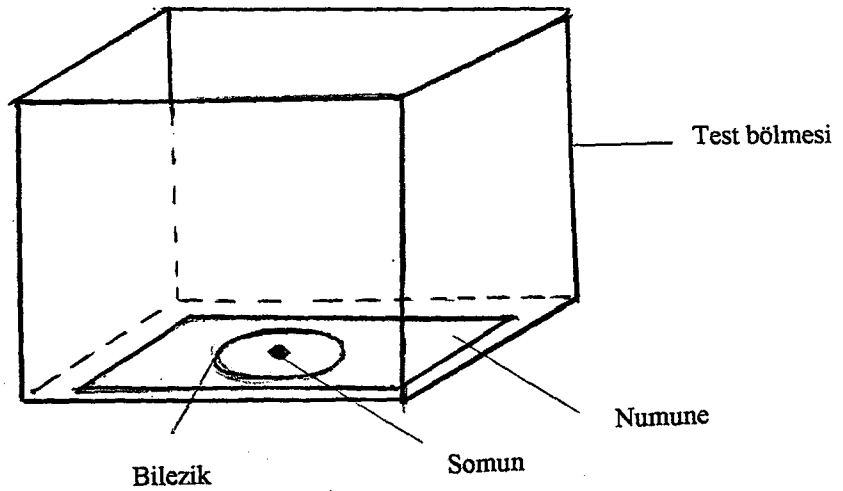
Deneyler 10-30°C sıcaklıkta ve % 20-65 izafi rutubetteki ortamda yapılmıştır.

Numunelerin Hazırlanması ve Kondisyonlanması

Her halıdan 3'er adet olmak üzere 250x250 mm boyutlarında numuneler kesilmiştir. Numuneler $20\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve % 65 ± 2 izafi rutubette standart atmosfer şartlarında 24 saat süreyle kondisyonlanmıştır.

Deneyin Yapılışı

Numunelerin havlarını yukarı kaldırmak için havların yatış yönünün ters yönüne doğru numuneler sallanmıştır. Somun fırında $900\pm 20^\circ\text{C}$ sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Numune yatay olarak test bölgesinin içinde bulunan levhanın üzerine yerleştirilmiştir. Bilezik numunenin üzerine yerleştirilmiştir (Şek.3.3)



Şekil 3.3. Kızgın Metal Somun Deneyi Aparatı

Isıtılan somun maşayla tutularak fırından alınmıştır. Somun 3 sn içinde bileziğin merkezine yerleştirilmiştir. Somun 30 ± 2 sn boyunca numune üzerinde tutulduktan sonra kaldırılmıştır.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Somun numune üzerinden kaldırıldıktan sonra yanmanın bitimine kadar geçen süre tesbit edilmiştir. Aynı işlem her üç numune için de yapılmış ve tesbit edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçekli saydam levha numune üzerine, levhanın merkezi somunun merkezine denk gelecek biçimde yerleştirilerek, yanan alanın çapının levha üzerindeki 5 mm aralıklarla çizili çaplardan hangisine en yakın değerde olduğu tesbit edilmiştir. Her üç numune için tesbit edilen çapların ortalaması alınmıştır.

Numunenin alt yüzeyine de bakılarak burada bir yanma olup olmadığı, bir delik açılıp açılmadığı, v.b. durumlar tesbit edilmiştir. Eğer bir yanma meydana gelmişse üst yüzey için ölçüm levhası ile belirlenen değerler aynı şekilde alt yüzey için de hesaplanır.

3.3.2. Metenamin Tablet Deneyi

TS 5193 [22], ASTM D 2859 [23], BS 6307 [24] ve ISO 6925 [25] standartları incelenerek metenamin tablet deneyinin halı tipi tekstil malzemelerinin yanma deneyi için uygun bir metod olduğu kanaatine varılmıştır.

Aparat

- a) 150 ± 5 mg kütlesinde, 6 mm çapında ve yassı metenamin tableti (hekzametilen tetraminden yapılmış)
- b) Hava akımını engelleyecek test bölmesi
- c) Üzerinde numunenin yakılacağı yanmayan malzemeden yapılmış levha
- d) Dış çapı 125 mm olan ve iç çapı 115 mm olan, dikdörtgen kesitli paslanmaz çelikten bilezik
- e) Üzerinde 5 mm aralıklarla çemberler çizili olan 200 mm çaplı transparan bir levha

g) Kronometre

Deney Ortamı

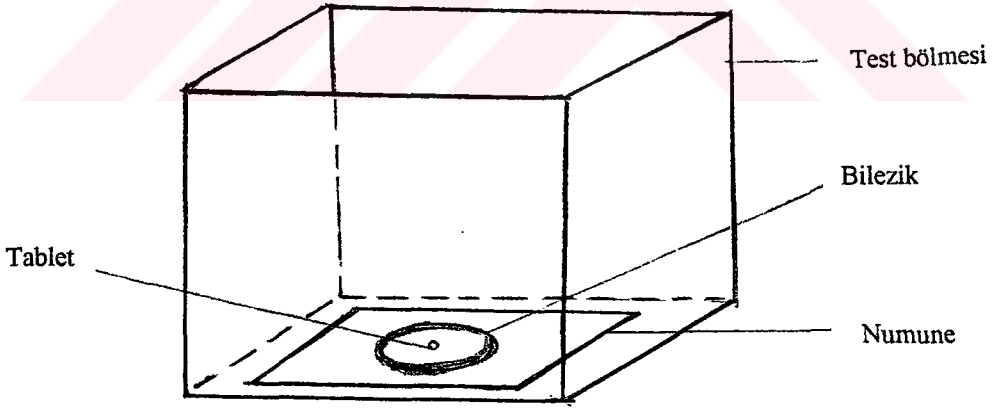
Deneyler 10-30 °C sıcaklıkta ve % 20-65 izafi rutubetteki ortamda yapılmıştır.

Numunelerin Hazırlanması ve Kondisyonlanması

Numuneler her halıdan 8'er adet olmak üzere 250x250 mm boyutlarında kesilmiştir. Numuneler $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve % 65 ± 2 izafi rutubette standart atmosfer koşullarında kondisyonlanmıştır.

Deneyin Yapılışı

Numunelerin havlarını yukarı doğru kaldırmak için havların yatış yönünün tersi yönüne doğru numuneler sallanmıştır. Numune yatay olarak test bölmesinin tabanında bulunan levhanın üzerine yerleştirilmiştir. Bilezik numunenin üzerine yerleştirilmiştir (Şek.3.4).



Şekil 3.4. Metenamin Tablet Deneyi Aparatı

Metenamin tablet bileziğin merkezine gelecek biçimde yerleştirilmiştir. Yanan bir kibrit ile hafifçe dokunularak tablet tutuşturulmuştur.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Metenamin tabletin tutuşmasından yanma olayının bitimine kadar geçen süre tesbit edilmiştir. Aynı işlem sekiz numunenin herbiri için de yapılmış ve tesbit edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçekli saydam levha numune üzerine, levhanın merkezi somunun merkezine denk gelecek biçimde yerleştirilerek, yanan alanın çapının levha üzerindeki 5 mm aralıklarla çizili çaplardan hangisine en yakın değerde olduğu tesbit edilmiştir. Sekiz numune için tesbit edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.

Numunelerin alt yüzeyine de bakılarak burada bir yanma olup olmadığı, bir delik açılıp açılmadığı, v.b. durumlar tesbit edilmiştir. Eğer bir yanma meydana gelmişse üst yüzey için ölçüm levhası ile belirlenen değerler aynı şekilde alt yüzey için de hesaplanır.



BÖLÜM 4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Perdelik ve Döşemelikler

Perdelik ve döşemeliklerin hammadde tipi, karışım oranı, konstrüksiyon, atkı-çözümlü sıklığı, gramaj tayini deneylerinin sonuçları Tablo 4.1.a,b'de verilmiştir.

Tablodaki A, B, C, D, F, H, K, L, M, N, R kodları döşemelik kumaşları ve başında P harfi bulunan kodlar da perdelik kumaşları temsil etmektedir.

Döşemelik kumaşlar PET (Poliester), pamuk, PAC (Akrilik) ve PP (Polipropilen) elyaflarından imal edilmiştir. 2 adet Akrilik/Poliester/Pamuk karışımı, 2 adet Akrilik/Pamuk karışımı, 3 adet Poliester/Polipropilen karışımı, 2 adet Akrilik/Pamuk karışımı FR tipinde, 1 adet % 100 Poliester ve 1 adet % 100 Akrilik kumaştan ibarettir. Bu kumaşların gramaj değerleri 180.3-634.6 g/m² arasında değişmektedir.

Perdelik kumaşlar %100 Poliester'den imal edilmiştir. Bunların gramajları ise 64.4-158 g/m² arasında değişmektedir (Tablo 4.1).

Yapılan dikey ve yatay yanma deneylerinin sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2'de döşemelikler için yapılan dikey yanma deneylerinin sonucu bulunan alev yayılma hızlarının, yatay yanma deneylerinin sonucu bulunan alev yayılma hızlarından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Alev dik konumda ilerlerken alevin hem boyu hem de genişliği kumaşla temas halindedir. Bu da alevin hızlı bir biçimde yayılmasına neden olmaktadır. Yatay test yapılırken alev sadece genişliği ile kumaşla temas etmekte ve daha yavaş yayılmaktadır.

İki deneyin sonuçları karşılaştırıldığında bir deneyde bir numunenin alev yayılma hızları diğerlerinden daha yüksek çıkmışsa öbür deneyde de daha yüksek çıktığı görülmüştür.

Tablo 4.1. Kumaş Özellikleri

Numune Kodu	Hammadde Tipi	Karışım Oranı (%)	Örgü Şekli	Atkı/cm	Çözü/cm	Gramaj (g/m ²)
A	PAC/PET/Pamuk	52/28/20	Bezayağı	46	75	397.5
B	PAC/Pam.	69.8/30.2	Bezayağı	21	38	548
C	PET	100	Bezayağı	41	76	339.5
D	Pam./PAC/PET	39/31/30	Bezayağı	45	73	405
F	PAC	100	Bezayağı	22	40	444.6
H	PAC/Pam.	69.7/30.3	Bezayağı	22	29	622.3
K	Pam./PET (FR)	65.4/34.6	Bezayağı	45	55	634.6
L	PET/PP	48.7/41.3	Bezayağı	12	33	184.3
M	PET/PP	55.6/44.4	Bezayağı	18	35	231
N	PET/PP	54/46	Bezayağı	13	21	180.3
R	Pam./PET (FR)	73.6/26.4	Bezayağı	51	66	492.5
P.1004	PET	100	*	9	13	64.4
P.1001	PET	100	*	9	13	82.4
P.3011	PET	100	*	12	15	83.6
P.1012	PET	100	*	5	10	95.8
P.K127	PET	100	*	5	10	97
P.K131	PET	100	*	5	10	98.8
P.2017	PET	100	*	5	10	158

* Çözümlü örme

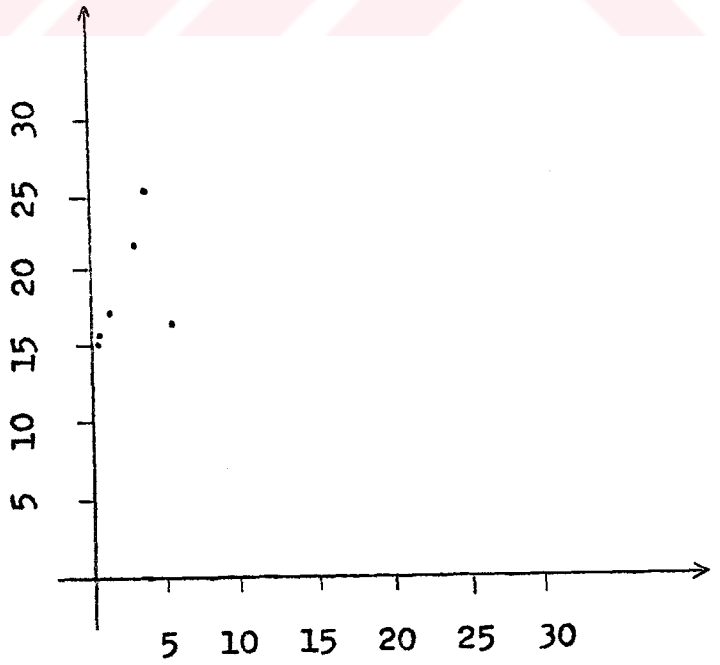
Tablo 4.2. Yanma Deneyleri Sonuçları

Numune Kodu	Tutuşturma süresi (sn)	Yatay Yanma Deneyi		Dikey Yanma Deneyi		Notlar
		Alev Yayılma Hızı (mm/sn)	Alev Yayılma Hızı (mm/sn)	Alev Yayılma Hızı (mm/sn)	Alev Yayılma Hızı (mm/sn)	
		Atkı Y.	Çözgü Y.	Atkı Y.	Çözgü Y.	
A	15	3.17	0.977	21.5	17.9	Parçalar düşerek yanma
B	15	0.46	0.49	15.4	21	Altan yanma Havlı bölgelerde zor yanma
C	5	3.25		25	18	Çözgü yönünde yanma zor.
D	15	2.83	1.20	16.6	11.1	Parçalar düşerek yanma
F	15	0.93	1.07	17,1	18	Altan yanma Havlı bölgelerde zor yanma
H	15	0.32	0.33	15.23	21	F gibi
K						200 sn'ye kadar tutuşma olmadı.
L	5		6.18	15.2	21.9	Parçalar düşerek yanma, Atkı yönünde delik oluştu.
M	5		5.41	16.2	29.7	L gibi
N	5		5.90	18.3	31	L gibi
R						20 sn'de tutuşma olmadı.
P.1004	5			11.2	27.4	Erime şeklinde yanma
P.1001	5			31.25	16.6	P.1004 gibi
P.3011	5			28.1	27.1	P.1004 gibi

Numune Kodu	Tutuşturma süresi (sn)	Yatay Yanma Deneyi Alev Yayılma Hızı (mm/sn)		Dikey Yanma Deneyi Alev Yayılma Hızı (mm/sn)		Notlar
		Atkı Y.	Çözü Y.	Atkı Y.	Çözü Y.	
P.1012	5			31.9	23.5	P.1004 gibi
P.K127	5			14.5	6.9	Kabartmalı bölgelerde zor yanma, yatay yanmada parçalar düşüyor.
P.K131	5			13.1	7.2	P.K131 gibi
P.2017	5			23.3	15.3	P.1004 gibi

Döşemelikler için yapılan dikey ve yatay yanma deneylerinin sonuçları arasındaki ilişkinin incelenmesi ve bu iki deneyin sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla grafikler çizilmiştir (Şek.4.1.a,b). (a) grafiği için bulunan korrelasyon katsayısı 0.81'dir ve değerler arasında üstel bir ilişki mevcuttur.

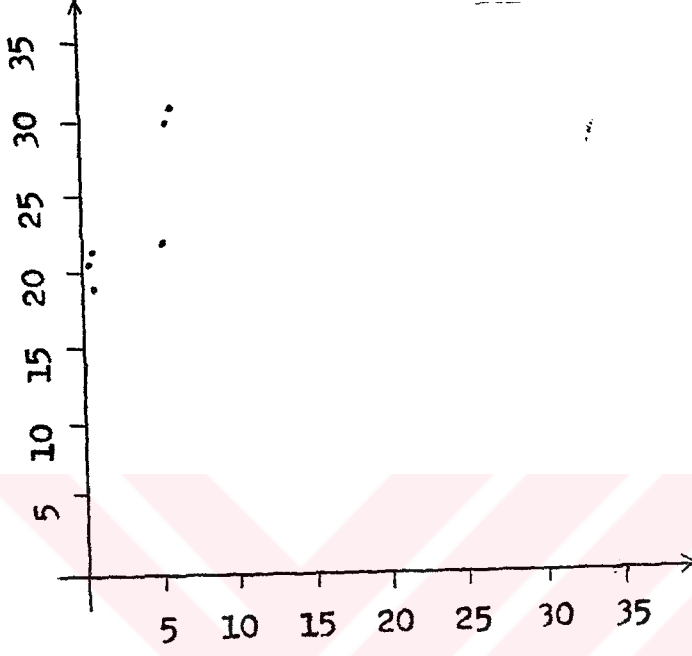
Dikey Alev Yayılma Hızı (mm/sn)



Yatay Alev Yayılma Hızı (mm/sn)

(a)

Dikey Alev Yayılma Hızı(mm/sn)



Yatay Alev Yayılma Hızı(mm/sn)

(b)

Şekil 4.1. a,b. Yatay alev yayılma hızları ile dikey alev yayılma hızları arasındaki ilişki

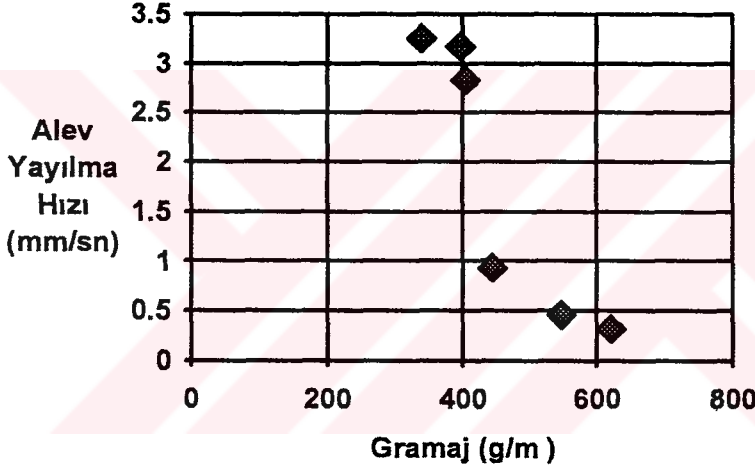
- (a) Atkı yönünde
- (b) Çözümlü yönünde

(b) grafiği için bulunan korrelasyon katsayısı 0.64'tür ve değerler arasında üstel bir ilişki mevcuttur.

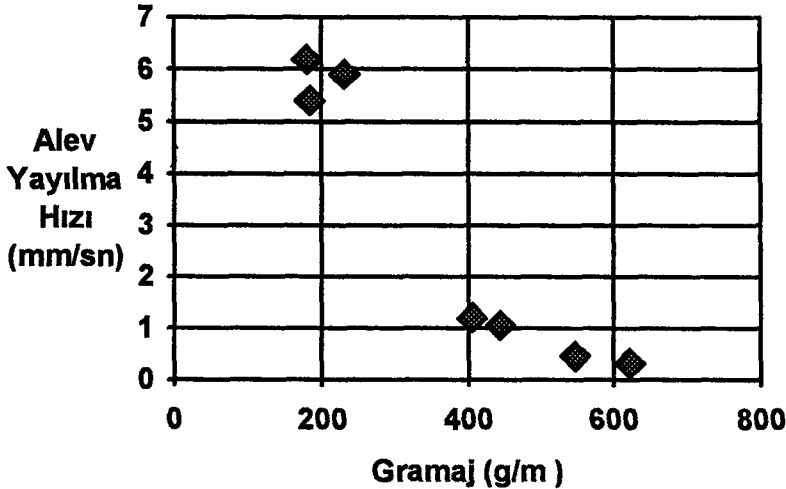
Gramaj arttıkça alev yayılma hızı düşmektedir. Bu da gramajın alev yayılma hızını etkileyen önemli bir faktör olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2.a,b,c,d). Brough ve arkadaşları da aynı sonuca ulaşmışlardır

[14]. Bunun nedeninin kumaşın gramajı arttıkça yapının sıkılaştığı ve bunun da yanmayı güçleştirdiği olduğu düşünülmektedir.

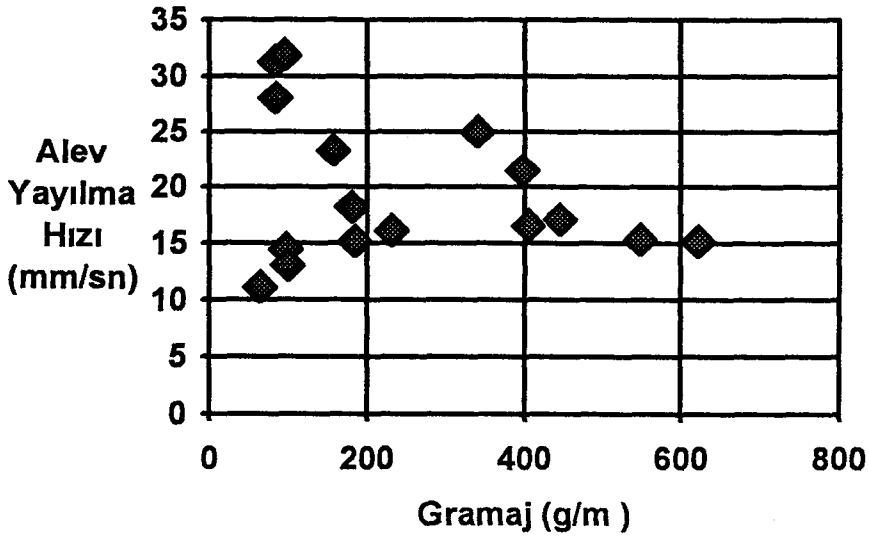
%100 Poliester kumaşların kısa süre içinde eriyerek yandığı ve söndüğü gözlemlenmiştir. C numunesi yatay yanma deneyinde çözgü yönünde işaret ipliğine kadar yanmamış, ancak uzunluğu boyunca ortalama 45 mm'lik yeri yanmıştır. yatay yanma deneyinde perdeliklerin hiçbiri işaret ipliğine kadar yanmamıştır. Bu kumaşlar da eriyerek yanmış ve 25-65 mm arasında bir uzunlukta yanma olayı gerçekleşerek alev kendi kendine sönmüştür. Bu nedenle bu kumaşların yatay deneyde alev yayılma hızları hesaplanamamıştır. Literatürde Brough ve Oarkadaşları [14] tarafından bu sonuç desteklenmektedir.



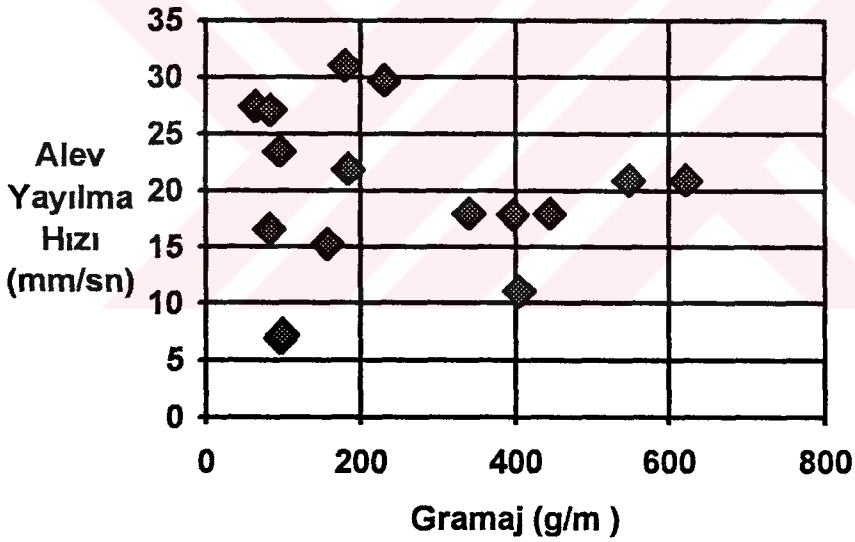
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.2. Gramaj ile alev yayılma hızları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler

- a) Yatay yanma deneyinde atkı yönünde
- b) Yatay yanma deneyinde çözgü yönünde
- c) Dikey yanma deneyinde atkı yönünde
- d) Dikey yanma deneyinde çözgü yönünde

Benzer karışımlarda olan kumaşlar benzer yanma özellikleri göstermişlerdir. 52/28/20 Akrilik/Poliester/Pamuk karışımı olan A (Gramaj=397.5 g/m²) ve 39/31/30 Akrilik/Poliester/Pamuk karışımı olan D (Gramaj=405 g/m²) numunelerinin alev yayılma hızları birbirine yakındır. Aynı şekilde yaklaşık 70/30 Akrilik/Pamuk karışımı olan B (Gramaj=548 g/m²) ve H (Gramaj=622.3 g/m²) numunelerinin alev yayılma hızları da birbirine yakın bulunmuştur.

Ancak perdelik kumaşlar için böyle bir değerlendirme yapmak mümkün olmamıştır. Hepsi % 100 PET olmasına ve aralarında gramajları birbirine yakın olanları bulunmasına rağmen alev yayılma hızları arasında belirgin farklar görülmektedir. Bunun nedeninin tül perdeliklerin üzerindeki çeşitli desenler ve havlı bölgelerin varlığı olduğu düşünülebilir. Havlı bölgelerde daha fazla malzeme vardır ve bu da yanmayı yavaşlatmaktadır.

% 100 PET olan C numunesi ele alındığında atkı-çözümlü sıklıklarının alev yayılma hızına etki ettiği görülmektedir. Sıklık arttıkça alev yayılma hızı düşmektedir. Ancak genelde böyle birşey söylemek doğru değildir, çünkü karışım kumaşlarda atkı ve çözgü ipliklerinin hammaddesi de önem taşımaktadır. Hangi hammadde daha hızlı yanıyorsa o yönde yanma daha fazla olmaktadır. Bunun yanı sıra % 100 Akrilik olan F numunesine bakıldığında sıklık arttıkça hızın arttığı görülmektedir. Bu nedenle sıklığın hıza etki edip etmediği konusunda kesin bir yargıya varılamamıştır.

B, F, H, P.K127 ve K131 kodlu numuneler havlı özellikte kumaşlardır. Bu tip numunelerin yanması esnasında havlı bölgelerde alev yayılmasının daha yavaş ilerlediği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni kumaşın yüzeyindeki hav ipliğinden dolayı bu bölgelerde daha fazla malzeme olmasıdır. Havlı bölgelerde tutuşma da zor olmuştur. B, F ve H kodlu numunelerde, yanma esnasında havlı bölgeye gelindiğinde alev numunenin üst kısmından alt kısmına geçmiştir ve numune alttan yanmaya devam etmiştir.

A, C, D, L, M, N, P.K131 ve P.K127 kodlu numunelerin yanması esnasında aşağıya parçalar düşmüş ve parçalar bazen aşağıda yanmaya

devam etmiştir. Bu yangının çabuk yayılmasına neden olabilecek tehlikeli bir durumdur.

FR tipindeki K ve R numunelerinin yanması gözlemlenememiştir, çünkü 15 sn'ye kadar tutuşma olmamıştır. Yatay ve dikey yanma testleri bu durumda yetersiz kalmıştır.

4.2. Halılar

Halıların hammadde tipi, konstrüksiyon, atkı-çözüğü sıklığı, gramaj tayini, hav yüksekliği, halı yüksekliği, ilmek yoğunluğu deneylerinin sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Halı Özellikleri

Numune Kodu	Hammadde Tipi	Konstrüksiyon	Atkı/ 10 cm	Çözüğü/ 10 cm	Gramaj (g/m ²)	Hav Yük (mm)	Halı Yük (mm)	İlmek Yoğun. ilmek/m ²
1	PP	Bukle	26	30	2392	5.0	5.3	78 000
2	PP	Kesilmiş bukle	31	34	2810	8.5	12.0	105 400
3	PP	Non-woven			1189		2.5	
4	21/46.7/32.3 Yün/PP/ PAC	Bukle	31	35	3935	3.5	5.1	108 500

1,2 ve 3 numaralı numunelerin % 100 PP ve 4 numaralı numunenin 21/46.7/32.3 Yün/Polipropilen/Akrilik karışımı olduğu bulunmuştur. 4 numaralı numune FR özelliktedir.

Halıların gramajı 1189-3935 g/m² arasında değişmektedir. 1, 2 ve 4 numaralı numuneler bukle tipinde, 3 numaralı numune non-woven tipindedir. 1, 2 ve 4 numaralı numunelerin alt yüzeyinde bir kaplama mevcuttur. Hav yüksekliği değerleri 2.5-8.5 mm, halı yüksekliği

değerleri 5.1-12 mm arasında değişmektedir. İlmek yoğunluğu değerleri ise 78 000- 108 500 ilmek/m² arasındadır.

Yapılan kızgın metal somun ve metenamin tablet deneylerinin sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Yanma Deneyleri Sonuçları

Numune Kodu	Kızgın Metal Somun Deneyi				Metenamin Tablet Deneyi			
	Yanma süresi (sn)	Üst çap (mm)	Alt çap (mm)	Notlar	Yanma süresi (sn)	Üst çap (mm)	Alt çap (mm)	Notlar
1	20	60	40	Altta delik ve yanma oluştu.	137.3	25	5	Altta delik ve çok hafif yanma oluştu.
2	14.6	60	30	Altta delik ve yanma oluştu.	124	20	15	Altta delik ve yanma oluştu.
3	6	50	30	Altta delik ve yanma oluştu.	150.6	25	5	Hafif delik oluştu.
4 (FR)	2.3	40		Altta hafif bir erime oldu.	101.5	20		Altta erime olmadı.

Metenamin tablet deneyinde tesbit edilen yanma süresi olarak tablet tutuşturulduğu andan yanmanın sona erdiği ana kadar olan süre alınmıştır. Somun deneyinde ise yanma süresi somun numunenin üzerinden kaldırıldıktan sonra yanmanın sona erdiği ana kadar olan süre olarak alınmıştır. Bu nedenle doğal olarak tablet deneyindeki yanma süreleri daha uzundur.

Somun deneyi sonucunda yanan bölgenin alanın tablet deneyinin sonucunda yanan bölgenin alanından daha büyük olduğu tesbit edilmiştir. Ayrıca somun deneyi sonucu numunenin alt yüzeyde belirgin yanma

meydana gelmiştir. Tablet deneyinde alt yüzeyde çok hafif bir yanma veya erime meydana gelmiştir. Bunun nedeninin kızgın somunun ağırlığının (30 g) metenamin tabletin ağırlığından (0.150 g) çok daha fazla olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

1, 2 ve 4 numaralı halıların yanma süreleri somun deneyinde hangisi en kısa ise tablet deneyinde de aynısı olacak biçimde aynı şekilde sıralanmıştır. Ancak 3 numaralı halı bu değerlendirmeyi bozmaktadır. 3 numaralı halı non-woven'dır ve alt yüzeyinde kaplama yoktur. 1,2 ve 4 numaralı numunelerde yanma tabana geldiğinde yavaşlamıştır. 3 numaralı numunede ise böyle bir kaplama mevcut olmadığından yanma daha uzun süre devam etmiştir. Bu da numunelerin iki deneyde farklı özellikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle bu iki deneyin birbirinin yerine kullanılmasının uygun olmadığı düşünülmektedir.

Aynı zamanda kaplama malzemesinin hammaddesi ve kalınlığı da önemlidir. Malzemenin tutuşma süresi ne kadar kısa ise alt yüzeyde yanan bölgenin alanı o derece büyük olacaktır. Kalınlık arttıkça alanın çapı küçülecektir.

Halı testleri sonucunda gramaj ile yanma özellikleri arasında bir bağıntı bulunamamıştır. Çünkü halıda kumaşlardan farklı olarak hav yüksekliği, halı yüksekliği, ilmek yoğunluğu gibi parametreler mevcuttur ve bunların da yanmayı etkilediği düşünülmektedir. Ancak bu çalışmada bu parametrelerin yanma özelliklerine belirgin bir etkisi görülememiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Döşemelik kumaşlar için yapılan yanma deneyleri sonucu gramaj arttıkça alev yayılma hızının düştüğü bulunmuştur. Gramaj yanma özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Hammadde tipi de yanma özelliklerine etki etmektedir. C numunesi dışındaki Poliester kumaşların yatay testte yanma hızları hesaplanamamıştır, çünkü Poliester kumaşlar kısa süre için eriyerek yanmış ve alev işaret ipliğine ulaşamamıştır. Havlı numunelerde havlı bölgelerde tutuşmanın daha güç olduğu ve alevin bu bölgelere geldiğinde yön değiştirerek kumaşın alt yüzeyinden yanmaya devam ettiği tesbit edilmiştir.

Perdelik kumaşlar için gramajın yanma üzerindeki etkisi belirgin olarak görülememiştir. Bunun nedeni perdelik kumaşlar üzerindeki desenlerin ve havlı bölgelerin perde üzerinde homojen bir dağılım göstermemesi olabilir.

Yanma esnasında kumaşlardan parçaların ayrılarak aşağıya düştüğü ve bunların bazen yanmaya devam ettiği veya damlalar şeklinde düşen parçaların söndüğü gözlemlenmiştir. Bu yangının yayılmasını kolaylaştıran bir faktördür.

Döşemelik kumaşlar için dikey yanma testi sonucu bulunan değerler yatay yanma testi sonucu bulunan değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Alev dik konumda ilerlerken alevin hem boyu hem de genişliği kumaşla temas halindedir. Bu da alevin hızlı bir biçimde yayılmasına neden olmaktadır. Yatay test yapılırken alev sadece genişliği ile kumaşla temas etmekte ve daha yavaş yayılmaktadır.

Dikey ve yatay testlerin döşemelik kumaşlar için uygun olduğu düşünülmektedir, ancak yanma özellikleri hakkında bir bilgi edinilememiştir, çünkü bu kumaşlar testlerin prensibi gereği olan 15 sn tutuşma süresi içinde tutuşmamıştır. Yani bu testler FR kumaşlar için

yetersiz kalmıştır. FR kumaşların yanma özelliklerini inceleyebilmek için daha gelişmiş testler uygulanmalıdır.

Döşemelikler için kaplanmış mobilya simülasyonları kullanarak daha gelişmiş testler yapılabilir. Döşenmiş bir mobilyada döşemelik kumaşın altında kullanılan sünger, v.b. malzeme, çatıyı oluşturan tahta, metal, v.b. malzeme, dikiş yerleri gibi faktörler de kumaşın yanmasını etkilemektedir. Bu nedenle bu faktörlerin birarada bulunacağı mobilya simülasyonlarının kullanılması yanma özelliklerinin incelenmesi açısından verimli olacaktır.

Perdelikler için yapılan yatay yanma testi sonucunda alev yayılma hızları hesaplanamamıştır. Bu da yatay testin perdelikler için uygun olmadığını göstermektedir. Dikey testin kullanılması uygundur. Perdelikler için, kumaşın serbest bir biçimde kendi ağırlığı altında asılı bir şekilde ve istendiği takdirde büzgülü, v.b. biçimde duracağı bir testin geliştirilmesi tavsiye edilebilir. Büzgü, v.b. durumların yanma özelliklerine olan etkisi incelenebilir.

Halılar için yapılan kızgın metal somun ve metenamin tablet deneylerinin karşılaştırılması sonucu yanma sürelerinin tablet deneyinde daha uzun olduğu ve yanan bölgenin alanının da daha küçük olduğu bulunmuştur. Halıların alt yüzeyindeki kaplama yanmayı etkileyen faktörlerdendir. Kaplamanın hammaddesi ve kalınlığı önemlidir. Kaplama ne kadar kolay tutuşuyorsa altta yanan bölgenin çapı da o derece büyük olacaktır. Kalınlık arttıkça altta yanan alanın çapı küçülecektir.

Gramaj ile yanma özellikleri arasında bir ilişki bulunamamıştır. İlmek yoğunluğu ile yanma özellikleri arasında bir ilişki bulunamamıştır, ancak mevcut halıların ilmek yoğunluğu dışındaki diğer parametreleri de farklı olduğundan kesin bir yargıya varılamamıştır. İlmek yoğunluğunun yanma özelliklerine olan etkisinin incelenmesi tavsiye edilebilir.

Halılar için yapılan deneylerin halıların yanma özelliklerinin incelenmesi için uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak numuneler her iki deney için de benzer sonuçlar vermemektedir. Bir deneyde diğerlerine göre daha kısa yanma süresine sahip olan numunenin öbür deneyde diğer

numunelere göre daha uzun bir yanma süresine sahip olduğu görölmüştür. Dolayısıyla bu deneylerin birbirinin yerine kullanılamayacağı düşünölmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] TARAKÇIOĞLU, I., Tekstil Terbiyesi ve Makinaları, Cilt I, 336-350, 1979
- [2] SHALEV, I. ve BARKER, R.L., Protective Fabrics: A Comparison of Laboratory Methods for Evaluating Thermal Protective Performance in Convective/Radiant Exposures, Textile Research Journal, 648-654, October, 1984
- [3] Flammability '93, Knitting Technique, 45-48, Jan., 1994
- [4] HORROCKS, A.R., Güç Tutuşurluk Bitim İşlemi Görmüş Kumaşların Performansı, Tekstil&Teknik, 114-123, Eylül, 1987
- [5] BENINATE, J.V., TRASK, B.J. ve DRAKE, G.L., Durable Flame Retardant Treatments for Blends of Cotton, Wool and Polyester, Textile Research Journal, 217-222, April, 1981
- [6] HOLME, I. ve PATEL, S.R., The Effects of N-Methylolated Resin Finishes on the Flammability of 67/33 Polyester/Cotton Fabrics (Part I), Journal of the Textile Institute, 64-71, No.2, 1983
- [7] HOLME, I. ve PATEL, S.R., The Effectes of N-Methylolated Resin Finishes on the Flammability of 67/33 Cotton/Polyester Fabrics (Part II), Journal of the Textile Institute, 182-190, No.4, 1983
- [8] KRASNY, J.F, Apparel Flammability: Accident Simulations and Bench Scale Tests, Textile Research Journal, 287-302, May, 1986
- [9] STOLL, A.M. ve CHIANTA, M.A., Heat Transfer Through Fabrics as Related to Thermal Injury, N.Y. Acad.Sci.Trans, 33(7), 649-670, 1971

- [10] DERKSEN, W.L., MONAHAN, T.I. ve DELHERY, G.P., The Temperature Associated with Radiant Energy Skin Burns, in "Temperature-Its Measurement and Control in Science and Industry", vol.3, part 3, 171-175, 1963
- [11] RICHARDS, H.R., The Thermal Degradation of Fabrics and Yarns (Part I), Journal of the Textile Institute, 28-36, No.1, 1984
- [12] PINTAURO, E.M. ve BUCHANAN, D.R., Ignition Process in Single and Multicomponent Polyester/Cotton Textile " Structures, Textile Research Journal, 49, 326-334, 1979
- [13] LEE, Y.M. ve BARKER, R.L., Thermal Protective Performance of Heat Resistant Fabrics in Various High Intensity Heat Exposures, Textile Research Journal, 123-132, March, 1987
- [14] BROUGH, J.A., FRANK, G.C. ve SLATER, K., The Effect of Assembly Factors on the Flammability Behaviour of Drapery Structures, Journal of the Textile Institute, 1-10, No.1, 1981
- [15] MARTIN, J.R. ve MILLER, B., The Thermal and Flammability Behaviour of Polyester/Wool Blends, Textile Research Journal, 97-103, February, 1978
- [16] Flammability Tests, Courtesy of United States Testing Company, Inc.
- [17] Tekstil Mamülleri-Yanma Özellikleri-Dik Konumdaki Numunelerin Alev Yayılma Özelliklerinin Tayini, TS 5569, Mart, 1988
- [18] Tekstil Mamüllerinin Yanma Özellikleri-Dik Konumdaki Numunelerin Tutuşabilirliğinin Tayini, TS 5775, Nisan, 1988
- [19] Tekstil Mamülleri-Yanma Özellikleri-Yatay Konumdaki Kenardan Tutuşturulan Numunelerde Alev yayılma Özelliklerinin Tayini, TS 6346, Ocak, 1989
- [20] Flammability of Vertically Oriented Textile Fabrics and Fabric Assemblies Subjected to a Small Igniting Flame, BS 5438, 1976

- [21] Textile Fabrics-Burning Behaviour-Measurement of Flame Spread Properties of Vertically Oriented Specimens, ISO 6941, 1984
- [22] Tekstil Yer Döşemeleri-Yanma Karakteri-Çevre Sıcaklığında Tablet Deneyi, TS 5193, Nisan, 1987
- [23] Standart Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials, ASTM D 2859, 1976
- [24] Determination of the Effects of a Small Source of Ignition on Textile Floor Coverings (Methenamine Tablet Test), BS 6307, 1982
- [25] Determination of the Effects of a Small Source of Ignition on Textile Floor Coverings (Methenamine Tablet Test), ISO 6925, 1982
- [26] Determination of Flammability of Textile Floor Coverings (Hot metal nut method), BS 4790, 1972

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Denizli'de doğdu. 1988 yılında Kadıköy Anadolu Lisesi'ni bitirdi. 1988 yılında girdiği İ.T.Ü. Makina Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden 1992 yılında mezun oldu. 1990 yılında girdiği IAESTE sınavında birinci olarak 1990 ve 1991 yıllarının yaz aylarında Çekoslovakya'da bulunan Liberec Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde staj yaptı.

1993 yılının yaz aylarında üniversite tarafından Çek Cumhuriyeti'nde bulunan Liberec Teknik Üniversitesi'ne araştırma yapmak üzere gönderildi. Halen İ.T.Ü. Makina Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. İngilizce ve Almanca bilmektedir.