

67759

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YALITIM MALZEMELERİNE AİT
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİN BELİRLENEREK
EKONOMİ ANALİZLERİNİN YAPILMASI

Mak. Müh. Abdulkadir EDREMİT

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail TEKE

[Signature] (18.7.97)

Prof. Dr. Nihat TEKİN (18.7.1997)

[Signature]

Prof. Dr. Hasan Heperkan

[Signature]

İSTANBUL , 1997

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
2.YALITIM MALZEMELERİ.....	2
2.1.YALITIM MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI:	2
2.2.YALITIM MALZEMELERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	2
2.2.1.GÖZENEKLİ YOĞUNLUK	2
2.2.1.1.Özgül Isı ve Nem	4
2.2.1.2.Isı İletim Katsayısı (λ).....	6
2.3.YALITIM MALZEMELERİNİN İSTENİLEN ÖZELLİKLERİ	8
2.4.ISI YALITIM MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	10
2.4.1.Organik Asıllı Isı Yalıtım Malzemeleri	11
2.4.1.1.Oluklu Mukavvalar.....	12
2.4.1.2.Pamuk Keçeleri.....	12
2.4.1.3.Odun Lifi Levhaları.....	12
2.4.1.4.Turb Yalıtım Levhaları.....	13
2.4.1.5.Halat, Hortum Şeklindeki Organik Yalıtım Malzemeleri.....	14
2.4.1.6.Mantar Isı Yalıtım Levhaları	14
2.4.2.Anorganik Asıllı Isı Yalıtım Malzemeleri.....	15
2.4.2.1.Cam Yünü.....	16
2.4.2.2.Cüruf Yünü	23
2.4.2.3.Asbest.....	23
2.4.2.4.Kızılgur	23
2.4.2.5.Mağnezit	25
2.4.3.Sentetik Asıllı Isı Yalıtım Malzemeleri.....	25
2.4.3.1.Poliüretan (Moltopren).....	27
2.4.3.2.PVC - Polivinilklorür- köpüğü.....	30
2.4.3.3.Polistrol	31
2.4.3.4.Polietilen.....	32
2.4.3.5.Styropor (polystyren köpük).....	32
3.PLASTİKLER - GÖZENEKLİ SERT MADDELERİN TÜRK STANDARTLARINA GÖRE TEST METODLARI	36
3.1.ISI İLETKENLİK KATSAYISI λ 'NİN TESPİTİ DENEYİ.....	36
3.1.1.Boru Metodu İle Isı İletkenliğinin Tayini (TS 389)	36
3.1.2.Isı Akış Ölçeri İle Görünür Isı İletkenliği Tayini (TS 6240)	40
3.2.AÇIK VE KAPALI GÖZENEKLERİNİN HACİM YÜZDESİ TAYİNİ DENEYİ (TS 4202)43	
3.2.1.Hava Geçirmez Hacim (V_i) Hacim Genişlemesi İle Tayin Metodu	47
3.3.SU BUHARI GEÇİRGENLİK TAYİNİ DENEYİ (TS 1971)	51
3.4.SU ADSORPSİYONU TAYİNİ DENEYİ (TS 4502)	55
3.5.GÖRÜNÜR YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ (TS 1975)	60
3.6.YANMA ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ DENEYİ (TS 6999)	61
3.7.BOYUT KARARLILIK DENEYİ (TS 2251)	66
3.8.BASMA DENEYİ (TS 1696).....	69

4.POLİETİLEN ESASLI ISI YALITIM MALZEMELERİNİN TÜRK STANDARTLARINA GÖRE TEST METODLARI.....	72
4.1.BORU METODU İLE ISI İLETKENLİĞİNİN TAYİNİ DENEYİ (TS 389'A GÖRE)	72
4.2.AÇIK VE KAPALI GÖZENEK HACİM YÜZDESİ TAYİNİ DENEYİ (TS 4202'YE GÖRE) .	81
4.3.SU BUHARI GEÇİRGENLİK TAYİNİ DENEYİ (TS 1971'E GÖRE)	88
4.4.SU ADSOPSİYONU TAYİNİ DENEYİ (TS 4502 ' YE GÖRE)	91
4.5.GÖRÜNÜR YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ (TS1975 'E GÖRE).....	95
4.6.YANMA DENEYİ (TS 6999'A GÖRE)	96
4.7.BOYUT KARARLILIĞI DENEYİ (TS 2251'E GÖRE).....	99
4.8.BASMA DENEYİ (TS 1696'YA GÖRE).....	105
5.ISI YALITIM MALZEMELERİNİN MALİYET KARŞILAŞTIRMASI.....	109
5.1.ÖRNEK MALİYET HESABI KARŞILAŞTIRMASI.....	110
6.SONUÇLAR.....	112
KAYNAKLAR.....	114



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Taneli yalıtım malzemelerinde taneler arasındaki boşluklar	4
Şekil 2.2. Sıcak bölge yalıtımında kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları sıcaklığa göre değişimi (VDI Waerme Atlas 1963)	10
Şekil 2.3. Soğuk bölge yalıtımında kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının sıcaklığa göre değişimi (VDI Waerme Atlas 1963)	
Şekil 2.4. Meme Çekme Usulü	19
Şekil 2.5. Savurma Usulü	21
Şekil 3.1. Muayene Borusu Örneği ve Tespit Edilen Termokupul Yerleri	37
Şekil 3.2. Numuneler ile ısı-akış ölçerinin (S metodu) cihazı)	42
Şekil 3.3. Deney Numunelerinin Bölünme Düzeni	46
Şekil 3.4. Ölçüm Noktalarının Yerleri	46
Şekil 3.5. Hacim Genleşmesi Metodu İle Hava Girmez Hacmin Tayininde Kullanılan Cihazın Şematik Gösterilişi	48
Şekil 3.6. Deney Parçalarının Hazırlanması Sırasında Açılan Düzeltme Faktörü Grafiği	50
Şekil 3.7. Buhar Geçiş Hızı Tayini Deney Düzenegi	54
Şekil 3.8. Tel Kafese Yerleştirilmiş Deney Numunesi	57
Şekil 3.9. Yanma Hızı Tespiti Deney Hücresi	63
Şekil 3.10. Deney Parçası ve Tel Izgara	65
Şekil 3.11. Boyut Ölçme Konumları	68
Şekil 4.1. Isı İletkenlik Katsayısı Tespiti Deney Düzenegi	74
Şekil 4.2. Muayene Borusunun Termal Fotoğrafi	75
Şekil 4.3. Kalibrasyon grafiği	84
Şekil 4.4. Derz Dolgu Malzemesinin Kesilme Düzeni	85
Şekil 4.5. Açık Gözenek Yüzdesi Gafığı	87
Şekil 5.1. Düz Bir Duvarında Kondüksiyonla Isı Transferi	109

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Değişik yoğunluklardaki organik ve anorganik esaslı yalıtım malzemelerinin değişik gözenekli yoğunluklarda hacimsel olarak içerdikleri gözenek yüzdeleri (DAĞSÖZ A. K.)	3
Tablo 2.2. Değişik malzemelerin farklı sıcaklık aralarındaki özgül ısıları (DAĞSÖZ A.K.)	5
Tablo 2.3. Nemin yalıtım malzemelerinin özgül ısılarına etkisi	6
Tablo 2.4. Organik yalıtım malzemelerinin 0°C sıcaklıkta değişik yoğunluklardaki ısı iletim katsayıları - J.S. Cammerer Heizung und Luftung Bd (1943) Heft 7/8 -	7
Tablo 2.5. 24°C tahtanın liflerine dik durumda ısı geçişi haline göre ısı iletim katsayılarının değişik yoğunlukta değişimi - F.B. Rowley Heizung und Luftung Bd 17 (1943) Heft 7/8	8
Tablo 2.6. Tahta lifli yapı levhalarının ısı iletim katsayıları - λ (kcal / mh°C)	13
Tablo 2.7. Değişik Özelliklere Göre Yapılan Cam Yünlerinin Özellikleri	24
Tablo 2.8. Diatomın kizelgur taşının değişik yoğunluk ve sıcaklıklarda ısı iletim katsayısının değişimi	
Tablo 2.9. Sentetik Asıllı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri	26
Tablo 2.10. Polietilenin özellikleri	32
Tablo 2.11. Styropordan Mamul Köpük Maddelerinin Fiziksel Özellikleri	34
Tablo 4.1. Verilen Isı Miktarları	81
Tablo 4.2. Isı İletkenlik Katsayısı Değerleri	81
Tablo 4.3. Yanma Hızı Değerleri	98
Tablo 4.4. 9 mm Kalınlığında Levha Malzeme İçin Basma Gerilmeleri	106
Tablo 4.5. Boru Malzeme $\frac{D_{i\check{s}}}{D_{dış}} = \frac{25mm}{55mm}$ için Basma Gerilmeleri	107
Tablo 4.6. Boru Malzeme $\frac{D_{i\check{s}}}{D_{dış}} = \frac{115mm}{151mm}$ için Basma Gerilmeleri	107
Tablo 4.7 Derz Dolgu Malzemesi İçin Basma Gerilmeleri	108
Tablo 5.1 Isı Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Karşılaştırması	111

TEŞEKKÜR

“Yalıtım Malzemelerine Ait Fiziksel Özelliklerin Belirlenerek Ekonomi Analizlerinin Yapılması” konulu tezimin tespit ve incelenmesinde teşvik eden sayın hocam Prof. Dr. İsmail Teke Beye, deney düzeneklerinin hazırlanmasında fikirlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Hasan A. Heperkan Beye, tez düzenlenmesi ve yazılmasında yardımcı olan değerli arkadaşlarıma ve yardımlarından dolayı TSE çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Mak. Müh. Abdulkadir EDREMİT

ÖZET

Yalıtım malzemelerinin test metodları, malzeme türü ve kullanılan standartların şekline göre değişim göstermektedir. Dolayısıyla tüm yalıtım malzemeleri test metod şekilleri malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklılıklarına göre sınıflandırılır. Malzemelere ne tip testlerin yapılacağı ilgili standartlarla belirlenmiştir. Ancak dünyadaki kalite standartlarının çeşitlilik göstermesi nedeniyle standartlar arası farklılıkların sebep olduğu problemleri çözmek için ortak standart uygulama çalışmaları yapılmaktadır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde ısı yalıtım malzemeleri kimyasal içerikleri esas alınarak organik, anorganik ve sentetik olmak üzere üç sınıfta incelenmiştir; malzemenin fiziksel özellikleri, üretim şekilleri, içerikleri ve kullanım alanları belirtilmiş, ilgili tablolar verilmiştir.

İkinci bölümde; plastik ve sert gözenekli malzemelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için gerekli olan sekiz adet Türk Standardı belirtilmiştir. Bu standartlar; test metodu, test cihazları, numunelerin test için hazırlanması, deneyin yapılışı, hesap ve sonuçların gösterilmesi başlıkları altında incelenmiştir.

Son bölümde ise Y.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Laboratuvarlarında yapılan polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinin tayini deneyleri anlatılmıştır. Bu deney uygulamalarında standartlarda belirtilen durumların nasıl oluşturulduğu standartlardaki problemlerin nasıl ve hangi yaklaşımlarla çözümlendiği anlatılmış, yapılan deney sonuçları verilmiştir.

ABSTRACT

The test methods of insulation materials change according to the type of material and standards which are applicable. Test methods of insulation materials are classified according to their physical and chemical properties. Relevant standards determine which tests would be applied to the material. Because the quality standards vary, to overcome problems caused by the differences between these standards, the preparation of a single standard has been initiated.

In the first part of this study, thermal insulation materials have been examined in three groups ; organic, inorganic and synthetic on the basis of their chemical composition. Physical properties, production methods, compositions and application areas have been determined and related tables have been presented.

In the second part, eight Turkish Standards have been presented which determine the physical properties of rigid cellular materials. These standards are examined under titles given as; test methods, test apparatus, preparation of samples for the test, experimentation, calculation and report presentation.

In the last part, some experiments have been to determine the physical properties of polyethylene based thermal insulation materials at the Thermal Science Laboratories of Yıldız Technical University Mechanical Engineering Department. The problems encountered during the application of the standards and the achievement of the proper test conditions have been explained. Finally some experimental results related to the tests performed have been presented.

1.GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılın ortalarından itibaren enerjinin etkin kullanımı, gerek kötüleşen çevre şartları gerekse enerji üretim maliyetlerinin giderek artması sonucu tüm dünya ülkelerinin gündemine girmiştir. Enerji kaynakları enerji talebi oranında arttırılmayacağı için mevcut kaynaklardan maksimum verimde yararlanmanın gerekliliği kaçınılmazdır. Bu verim artışında yalıtımın rolü büyüktür. Dolayısıyla yalıtım aynı zamanda pasif bir enerji kaynağı olarak da düşünülebilir.

Yalıtım malzemeleri çeşitlilik göstermekte olup kullanılacağı yere göre seçim yapılması son derece önemli bir konudur. Aksi takdirde yanlış seçim durumlarında fayda sağlanması beklenen uygulamalar sistemlere zararlı etkilerde bulunabilecektir. Yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinin buldukları çevre şartlarına bağlı olarak değişmemeleri gerekmektedir.

Yalıtım malzemelerinin hassas olduğu bir konu da üretimdir. Aynı kimyasal yapıya sahip olan malzemelerin üretimindeki hatalardan dolayı fiziksel özelliklerinde büyük farklılıklar görülebilmekte,dolayısıyla malzemelerin dünya kalitesinde ürün standardına uygun olarak üretilmeleri gerekmektedir. Ayrıca kalite arttırmanın bir yolu da üretilen malzemelerin belli periyotlarda akredite edilmiş laboratuvarlarda test edilme zorunluluğunun getirilmesidir.

Türk Standartları bu konuda belli standartlara sahip olmasına rağmen her malzeme çeşidi için ilgili standartlar bulunmamakta, mevcut standartlarda birtakım revizyonların yapılması zorunlu bir hal almıştır.

2.YALITIM MALZEMELERİ

Sistemi çevresinden ayırarak olumsuz etkilerin sisteme yansımamasını sağlama işlemine yalıtım denir. Yalıtım malzemeleri bir tek olumsuz etkinin yalıtımını sağladığı gibi aynı zamanda birden çok etkinin yalıtımını da sağlayabilirler.

2.1. YALITIM MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

A - Isı Yalıtım Malzemeleri

B - Su Yalıtım Malzemeleri

C - Ses Yalıtım Malzemeleri

D - Yangın Yalıtım Malzemeleri

Bu tezde inceleme konusu ısı yalıtım malzemeleri olup bu malzemelerin sınıflandırılması, içerikleri, kullanım alanları ve fiziksel özelliklerinin tespiti için gerekli olan test metodları hakkında bilgiler verilecek ve yapılan deney sonuçları irdelenecektir.

2.2. YALITIM MALZEMELERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Gözenekli Yoğunluk

Yalıtım malzemelerinin gözenekli yoğunlukları $\rho = 10-1000 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Yalıtım malzemeleri karakterleri gereği çok sayıda gözenek içerdiklerine göre sıkıştırmaya bağlı olarak gözeneklerin hacimlerinde değişimler meydana gelir. Sıkıştırma kuvveti büyük ise malzeme demir, bakır gibi katı hal alır ki yoğunluktan bu katının birim hacminin ağırlığı anlaşılır. Gözenekli yapıda sıkıştırma basma kuvvetine bağlı olarak hacim ve dolayısıyla yoğunluk değiştiği durumda gözenekli yoğunluk değerinin kullanılması uygun görülmüştür.

Aşağıdaki tabloda değişik yoğunluktaki organik ve anorganik esaslı yalıtım malzemelerinin değişik gözenekli yoğunluklarda hacimsel olarak içerdikleri gözenek yüzdeleri verilmiştir.

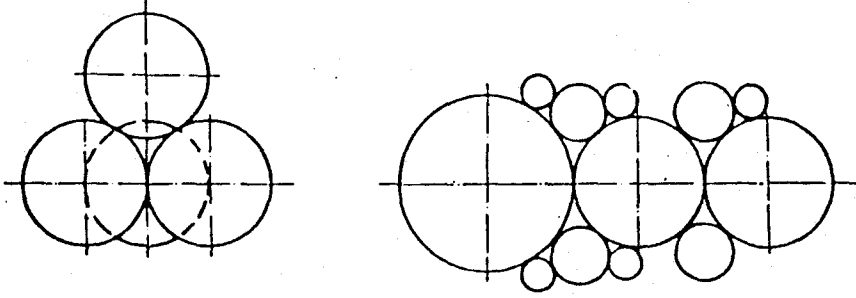
Tablo2.1. Değişik yoğunluklardaki organik ve anorganik esaslı yalıtım malzemelerinin değişik gözenekli yoğunluklarda hacimsel olarak içerdikleri gözenek yüzdeleri (DAĞSÖZ A. K.)

Gözenekli Yoğunluk (kg/m ³)	Organik Malzeme 1500 kg/m ³	Anorganik Malzeme 2600 kg/m ³
	hacimsel olarak % 'de gözenek	
10	99.5	99.7
100	93.5	96
300	80	88.5
500	67	81
1000	33	61.5
1500	-	42.5
2000	-	23

Aynı bir ham malzemedan hareketle farklı gözenekli yoğunlukta yalıtım malzeleri elde edilebilir. Gözenek yoğunluğu da ısı iletim katsayısı ile özgül ısıya tesir eder. Taneli veya toz halindeki yalıtım malzemelerinde tanelerin birbirlerine göre konumları önemlidir.

En sık ve dengeli yerleşme şekli birbirine ikişer noktadan temas eden aynı büyüklükteki üç adet kürenin üzerine yerleştirilen dördüncü küre halinin genelleştirilmiş şeklidir. Bu şekilde kürelerin büyüklüğüne bağlı olmadan ara boşluklar % 25.94 ' dür. Kurşun tane halinde % 28.3 ile 31.8 arasında, demir tane halinde ise % 35.5 civarındadır. Değerlerin değişmesinde yüzeylerin pürüzlüklerinin büyük etkisi olmaktadır.

Şayet farklı büyüklükte küresel taneler dikkate alınır Şekil 2.1. ' de görüldüğü gibi ara boşluklar daha az olur dolayısıyla yoğunluk artar.



Eşit Büyüklükte

Farklı Büyüklükte

Şekil 2.1. Taneli yalıtım malzemelerinde taneler arasındaki boşluklar

Kurutulmuş kum ile beton karışımında ara boşluk % 15 değerine düşer. Şayet iyi bir karıştırma yapılır ve tane çapları farklı olursa % 5 değerine kadar düşülebilir. Yalıtım malzemelerine ait yoğunluklar önceki bölümlerde ayrı ayrı verilmiş olup incelenince aynı malzeme için çok farklı değerlerde imalat yapıldığı görülmektedir.

2.2.2. Özgül Isı ve Nem

Yalıtım malzemesinin ısınarak kendi bünyesinde tuttuğu ısı yönünden özgül ısı önemlidir. Anorganik ısı yalıtım malzemelerinde özgül ısı $c = 0.21 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ civarında alınabilir.

Özgül ısı aslında sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir ve sıcaklıkla fazlaşır. Ayrıca yalıtım maddesinin içerdiği nem miktarı da özgül ısının yükselmesine sebep olur. Aşağıdaki tablolarda değişik malzemeler için özgül ısılar verilmiştir.

Tablo2.2. – Değişik malzemelerin farklı sıcaklık aralarındaki özgül ısıları
(DAĞSÖZ A.K.)

Adı	Özgül ısı(kcal / kg°C)			
	0°C - 100° C	0°C- 300° C	20°C- 600° C	20°C- 900 °C
Alçı	0.20	0.21		
Asbest	0.20			
Asfalt	0.22			
Beton	0.304			
Bitüm	0.41-0.46			
Curuf	0.18			
Camyünü	0.19-0.21	0.22	0.25	0.27
Ham ipek	0.33			
Jüt	0.32			
Kizelgur	0.21	0.22-0.26		
Şekillendirilmiş kizelgur	0.20		0.226	0.238
Kuvarz	0.19			
Kaolin, kil	0.22			
Kum	0.19-0.22			
Mağnetik	0.24			
Mantar	0.40			
Zifli mantar	0.31-0.36			
Porselen	0.19	0.21	0.233	
Tuğla	0.18-0.22			
Turba	0.45			

Tablo 2.3. – Nemin yalıtım malzemelerinin özgül ısılarına etkisi

Ağırlıkça Nem Yüzdesi	Özgül Isı kcal/kg°C	
	Anorganik	Tahta ve benzeri
0	0.21	0.32
1	0.22	0.33
5	0.25	0.36
10	0.28	0.39
20	0.34	0.44
50	-	0.55

2.2.3. Isı İletim Katsayısı (λ)

Isı iletim katsayısı sıcaklığa ve yoğunluğa göre değişmektedir. Ayrıca nem miktarının da bu değişimlere tesiri olmaktadır. Aşağıdaki organik yalıtım malzemelerinin değişik yoğunluklardaki ısı iletim katsayıları görülmektedir. (Dağsöz A.K.)

Malzemelerin lif durumlarına göre de iç yapı şekline bağlı olarak yani liflerin enine veya boyuna olmasına göre ısı iletim katsayısı değişmektedir. Tablo 2.4.'de tahta için bu özellik belirtilmiştir.

Tablo 2.4. – Organik yalıtım malzemelerinin 0°C sıcaklıkta değişik yoğunluklardaki ısı iletim katsayıları - J.S. Cammerer Heizung und Luftung Bd (1943) Heft 7/8 -

Yoğunluk kg / m ³		Isı iletim katsayısı			
	Mantar levha kcal/mh ⁰ C	Mineralize ağaç kcal/mh ⁰ C	Organik lifli kcal/mh ⁰ C	Organik lifli şilte kcal/mh ⁰ C	Lifsiz kcal/mh ⁰ C
20					0.030
50	0.029			0.030	0.032
100	0.032			0.030	0.033
200	0.040	0.050	0.038	0.038	0.041
300	0.048	0.056	0.040		
400	0.055	0.067	0.044		
500	0.062	0.083	0.050		
600		0.106	0.060		

Tablo 2.5. 'de 24°C tahtanın liflerine dik durumda ısı geçişi haline göre ısı iletim katsayılarının değişik yoğunlukda değişimi - F.B. Rowley Heizung und Lufutng Bd 17 (1943) Heft 7/8

Yoğunluk kg/m ³	Tam kuru $\lambda = \text{kcal /mh}^\circ\text{C}$
200	0.048
300	0.064
400	0.079
500	0.095
600	0.111
700	0.127
800	0.143
900	0.159

2.3. YALITIM MALZEMELERİNİN İSTENİLEN ÖZELLİKLERİ

Isı yalıtımı için kullanılan malzemelerin seçimlerinde kullanılan yerlerine göre bazı özellikleri gerçekleştirip gerekleştirmediklerine dikkat edilir. Mesela yalıtım malzemelerinin hafiflikleri ile sarsıntılara karşı ufalanmamaları taşıtlarda önemli olduğu gibi, nemli ortamlardaki çalışmalarda da neme karşı dayanıklı, olmaları, buhar difüzyonuna müsaade etmemeleri arzu edilir.

Değişik kullanma yerlerine göre, ısı yalıtımı malzemelerinin aşağıda yazılı özelliklerinden ilgili olanları gözönüne alınarak seçim yapılır.

1. Isı iletim katsayısının küçük değerlere sahip olması
2. Yoğunluğu

3. Dengeli olması
4. Buhar difüzyonuna mukavemetli olması
5. Su adsorbsiyonu özelliği
6. Değişik sıcaklıklarda boyut kararlılığı
7. Basma zorlanmalarına karşı şekil değiştirme mukavemeti
8. Konstrüksiyonlarda işleme kolaylığı - kolay işçilik gibi -
9. Hacim ve şekil değişimlerine karşı mukavemeti - yığılma olmaması gibi
10. Çeki zorlanmalarına karşı şekil değiştirme mukavemeti
11. Kimyasal nötrlüğü
12. Sürekli periyodik veya kısa tesirli sıcaklıklarda ısı yalıtım fonksiyonunu değiştirmemesi
13. Tatbik edilecek konstrüksiyona uygun olması - hafiflik gibi -
14. Yanıcı olmaması
15. Kokusuz olması
16. Ucuz olması
17. Çürüme ve ufalanmaya mukavemetli olması
18. Böcek ve hayvanların barınamaması

Isı yalıtım malzemeleri gözenekli bir yapıya sahiptir. Gözenekli yapı, liflerin, tanelerin, gözenekli tanelerin yığın şeklinde bulunmaları, köpüklü malzeme veya herhangi bir bileşiğin, meydana getirdiği bazı kısmi elemanlarının çıkartılması veya yakılması ile elde edilir. Mesela yanmış olan kil, sünger taşı (bims), tuf (tuf), cüruf, alçı gibi malzemelerden değişik yalıtım malzemeleri yapılmaktadır.

Malzemelerin ısı yalıtım değeri, malzeme içindeki hava boşlukları çokluğu oranında artmaktadır. Isı yalıtımında, içindeki hava boşlukları çok, dolayısıyla yoğunlukları az olan tabii ve suni olarak ısı yalıtma özelliği kazandırılmış malzemeler kullanılmaktadır.

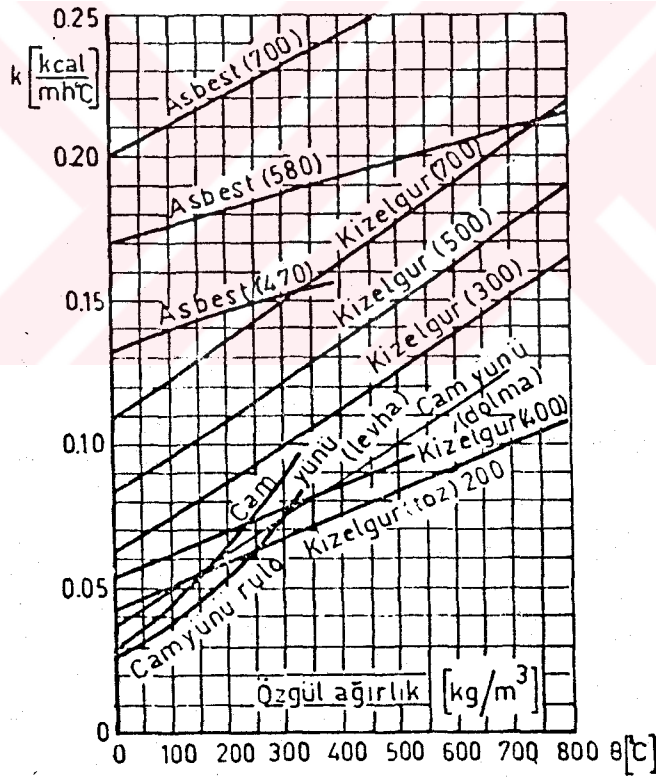
Isı yalıtım malzemeleri seçiminde yalıtılacak eyr ve şartları, yalıtım ihtiyacı, iklim ve sıcaklık şartları, ısı yalıtımı ile ilgili diğer konstrüktif şartlar gözönünde bulundurulmalıdır. Doğru bir seçim yapabilmenin en önemli şartı, kullanılacak malzemeyi her yönüyle iyi tanımak ve bu malzeme tatbik özelliklerini iyi bilmektir.

2.4. ISI YALITIM MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

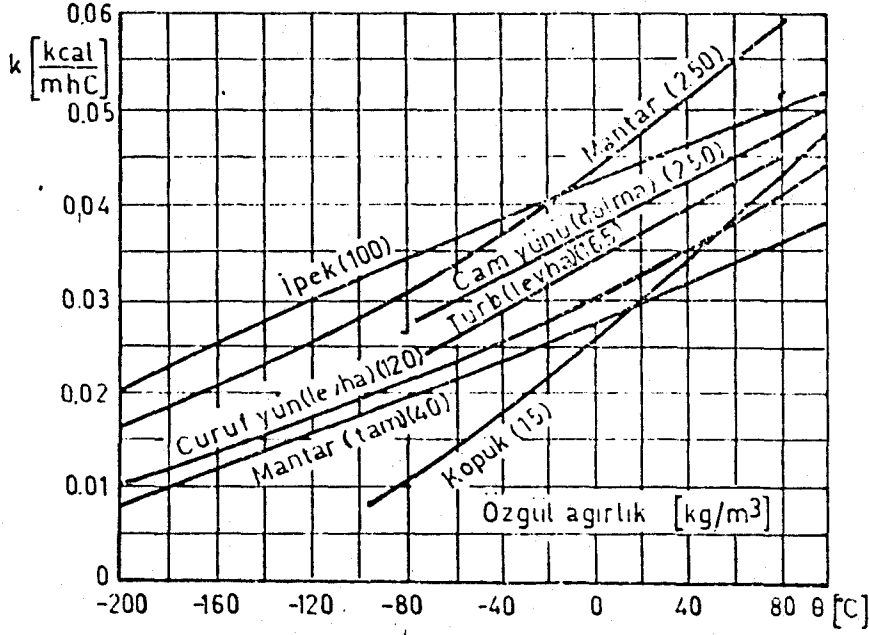
Teknikte kullanılan ısı yalıtım malzemeleri;

1. Organik asıllı
2. Anorganik asıllı
3. Sentetik asıllı

olmak üzere başlıca üç grupta toplanabilir. Bazı hallerde organik yapıda, anorganik bağlayıcı elemanlar bulunabileceği gibi, anorganik yapıda da organik bağlayıcı elemanların bulunması mümkündür. Şekil 2.2. ve Şekil 2.3.'de sıcak ve soğuk bölge yalıtımında tercih edilen yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının sıcaklıkla değişimleri görülmektedir.



Şekil 2.2. Sıcak bölge yalıtımında kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları sıcaklığa göre değişimi (VDI Waerme Atlas 1963)



Şekil 2.3. Soğuk bölge yalıtımında kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının sıcaklığa göre değişimi (VDI Waerme Atlas 1963)

2.4.1. Organik Asıllı Isı Yalıtım Malzemeleri

Lif, tane ve köpük şeklinde olabilirler. Lif şeklindeki organik yalıtım malzemeleri pamuk, yün, ipek, jüt, saç, saman, tahta, tahta kıymıkları, talaş ve turbdur. Tane şeklinde olanlar, mantar, turb, toz halinde talaştır.

Köpük şeklinde olanlar ise, sertleştirilmiş suni melamin reçinesidir. Bağlayıcı eleman olarak genellikle katran, asfalt, alçı, çimento, suni reçine, reçine, kola kullanılır.

Anorganik bağlama elemanları, λ ısı iletim katsayısını organik bağlama elemanlarına göre daha yüksektir. Asfalt, katran ve reçine gibi bağlayıcı malzemeler aynı zamanda nem yönünden muhafaza malzemesi olarak da kullanılır. Fakat yanıcıdır ve 150 - 250°C arasında bağlayıcı eleman olarak işlem görürler. Organik ısı yalıtım malzemelerine kullanma yerinin özelliklerine göre, keçe, kumaş, levha gibi değişik şekiller verilebilir.

2.4.1.1. Oluklu Mukavvalar

Tahta kıymıklarından mukavva imalinde yararlanılabilir. Bu halde bağlayıcı elemana ihtiyaç yoktur. Asfalt veya lak emdirilerek neme karşı mukavemet artırılır. Oluklu mukavvalar hava kanalları teşkil edecek şekilde monte edilerek ısı iletim katsayısı $\lambda = 0.05 \text{ kcal /mh}^0\text{C}$ değerine kadar düşülür. Yoğuşan suların birikmeleri tehlikesi sebebiyle soğutma tesisleri ile ilgili yalıtımlarda tercih edilmez. En yüksek 80^0C sıcaklığına kadar kullanışlıdır.(Özer M.)

2.4.1.2. Pamuk Keçeleri

Pamuk artıklarının keçemsi hale getirilmesi neticesinde $\lambda = 0.06 \text{ kcal /mh}^0\text{C}$ olacak şekilde $\rho = 0.5 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda yalıtım malzemesi elde edilir. Levha halindeki keçe düz ve eğik satırlar ile hava akımına mani olunacak yerlerde tercih edilirler. Yoğuşan suların birikme tehlikesi var olduğunda yoğuşmanın sıkça görüldüğü soğutma sistemlerinde kullanılmalıdır.

2.4.1.3. Odun Lifi Levhaları

Odun lifi levhaları, odunlaşmış liflerin katkı maddeli veya katkı maddesiz, yapıştırıcı maddeli veya yapıştırıcı maddesiz bir mamulüdür. Odunlaşmış lifler, bitkilerin odunlaşmış kısımlarından mekanik veya kimyasal olarak elde edilmiş sellülozlu lifler veya lif gruplarıdır.

Katkı maddesi, odun lifleri ve yapıştırıcı unsurlardan başka emdirerek doyurma (emprenye etmek) yoluyla ve bünyeyi tamamlamak maksadı ile levhaya katılan çeşitli organik ve anorganik maddelerdir. Yapıştırıcı madde olarak imali sırasında organik ve anorganik bağlayıcı maddeler kullanılır.

Kök nar kıymıkları eleklerde ayrılarak buhar ile yumuşatılır ve lifli yapı haline getirilir. Lifler su ile fenol reçinesi uygun bir oranda karıştırılarak merdaneler arasından

geçirilir belirli kalınlıkta levha halinde elde olunurlar. Kalınlıkları 6 ila 13 mm arasında olup, λ ısı iletim katsayısı ile neme bağlı olarak değişir ve aşağıda tabloda verilen değerleri alır. Binaların iç dekarasyonunda kullanımlara uygundur.(Özer M.)

Tablo 2.6. Tahta lifli yapı levhalarının ısı iletim katsayıları - λ (kcal / mh°C)

Ortalama sıcaklık °C	0	10	20	30
Ağırlıkça %7,6 nem	0,035	0,039	0,044	0,048
Kuru	0,031	0,035	0,040	0,044

Tahta kıymıklarının eleklerde ayrılarak portlant çimentosu veya diğer anorganik bağlama elemanı kullanılarak hafif yapı levhaları elde olunur. Bu levhaların basma zorlamalarına mukavemetleri çok yüksek olup, prefabrik evlerde çok kullanılır. ortalama olarak $\rho = 326 \text{ kg / m}^3$ ve $\lambda = 0,068 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$ değerindedir.

Yalıtım malzemesi olarak kullanılacak odun lif levhaları gözenekli olup yoğunlukları 230 kg/m^3 ila 400 kg/m^3 arasında olmalıdır. Yoğunlukları $\rho=850 \text{ kg/m}^3$ ve daha fazla olan levhalara sert odun lifi levhaları denir. Odun lifi levhaları ile ilgili test metodları TS 64 standardında mevcuttur.

2.4.1.4. Turb Yalıtım Levhaları

Özel bir bağlayıcı elemana ihtiyaç göstermeden turbun pres edilmesiyle elde edilen levhalardır. En yüksek 100°C sıcaklığa kadar kullanılabilir. Ortalama $\rho = 162,5 \text{ kg / m}^3$ yoğunluğunda ve $\lambda = 0,035-0,041 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$ ısı iletim katsayısı değerindedir. Hareket halindeki soğutma tesislerinde çok tercih edilir. Yoğuşmadan korunmalıdır.

2.4.1.5. Halat, Hortum Şeklindeki Organik Yalıtım Malzemeleri

Pamuk ve jüt artıkları saç örgüsüne benzer formlarda halat şekline getirilir. hortum şeklinde olanların içleri mantar taneleri, kizelgur gibi yalıtım malzemeleri gibi yalıtım malzemeleri ile doludur. Her iki şekil bilhassa sıcak su geçen boruların yalıtımında kullanılır. Yoğuşma sebebiyle soğuk yalıtımına ve 90°C'nin üzerindeki sıcaklıklar için yalıtıma uygun değildirler.

2.4.1.6. Mantar Isı Yalıtım Levhaları

Mantar levhası, doğal mantarın kırılması veya öğütülmesi ile meydana gelen parçacıkların fırınlanması ve bunların bitümlü, reçine vb. bağlayıcı madde kullanarak veya kendi yapısındaki doğal yapıştırıcı madde ile ısı ve/veya basınç altında birleştirilmesi sureti ile şekillendirilmesinden elde edilen mamüldür.

Taneli yalıtım malzemelerinin en önemlisi mantardır. Meşe mantarı tabii haliyle hava gözenekli taneler halindedir. Öğütme, ayırma, suya bastırma gibi işlemlerle kalite yükseltilir. 400°C'de hava gönderilerek hem gözenekler hem de küflenmenin önüne geçilir.

Kuru Taneli Doldurma

Isı yalıtımı yapılacak kısımda meydana getirilen boşluklara kuru mantar taneleri doldurulur. Ortalama $\rho = 40-50 \text{ kg / m}^3$ yoğunluğunda ve pratik kullanıma sıcaklığı olan 100°C'ye kadar $\lambda = 0,028-0,038 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$ değerindedir. En yüksek 150°C'ye kadar kullanılabilir. Mantar kabuklarının nemini almak, mikro organizmalarından temizlemek ve esneklik vermek için fırınlanır.

Levha ve Şekillendirilmiş Haldeki Mantar

Pratikte bilhassa işçilik ve konstruksiyon bakımlarından kolaylık olmak üzere basınçla levha haline ve boru gibi şekle getirilmiş mantar kullanılır. Mantar tanelerine zift emdirilerek istenilen şekilde pres edilirler. Bu şekilde elde edilen levha veya şekillendirilmiş haldeki mantarların yoğunlukları $\rho = 120-150 \text{ kg / m}^3$ arasında değişir ve ısı iletim katsayıları da $\lambda = 0,030 - 0,038 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$ değerini alır. Şayet izole deilecek kısımda hava geçirgenliği de önlenmek isteniyorsa, yoğunluk $\rho = 250 \text{ kg / m}^3$ olacak şekilde pres edilir. Bu halde mantar en fazla 110°C 'ye kadar kullanılabilir. Şayet alt kısmına kizelgur tabakası konursa 140°C 'ye kadar yükselen sıcaklıklarda da kullanılabilirler. Pratikte bilhassa soğuk hava tesislerinde, terleme olan duvar, döşeme ve tavanlarda, havalandırma kanallarında, ıstma va sıcak su devrelerinde, alçak basınç kazanlarında pres edilmiş mantar tercih edilir. Mantar levhalar döşenmelerinden önce temasta bulunacak yüzeylere bitün ihtiva eden harç kullanılır. mantar ısı yalıtım levhaları genellikle 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 mm kalınlığında imal edilirler. Bu malzeme ile ilgili test metodları TS 304 standartlarında mevcuttur.(Dağsöz A.K.)

2.1.4.2. Anorganik Asıllı Isı Yalıtım Malzemeleri

Anorganik asıllı ısı yalıtım malzemeleri lif, tane ve toz halindeki anorganik maddelerden meydana gelir. Cam yünü, cüruf yünü, erimiş mineraller, asbest kizelgur, sünger taşı, magnezit, baca kurumu, kömür tozu, kül ise tane şeklindeki anorganik maddelerdir. Bağlayıcı eleman olarak portlant çimentosu tercih edilmek üzere çimento, alçı kullanılır.yüksek sıcaklıklar için kil ve kuvarz gibi seramik cinsi bağlayıcı elemanlardan faydalanılır.

2.4.2.1. Cam Yünü

Cam yüksek sıcaklıkta değişik malzemelerin bir arada erimesi ve aralarında kimyasal bir bağ bulunmaması esasına dayanır. Hammadde olarak değişik cinsleri için SiO_2 (kuvarz kumu), Na_2CO_3 (soda), K_2CO_3 (potas), Na_2SO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 (dolomit), CaO , MgO , PbO , Pb_3O_4 , metaloksitleri, fosfat, çinko oksit, arsenik değişik oranlarda kullanılır.

Alkaliler (Na, K gibi) ile PbO erime noktasını düşürür ve camın mukavemet ve sertliğini azaltırlar. %71 SiO_2 , %5,4 H_3BO_3 (Bor asidi), %18 Na_2CO_3 , %9 K_2CO_3 , %14,5 CaCO_3 , %6 $\text{Al}(\text{OH})_3$ olursa 1450°C de eriyen cam elde edilir. Renksiz camda, %70 SiO_2 , %10 Na_2O , %5 K_2O , %8 CaO , %4 Al_2O_3 , %3 B_2O_3 bulunur. Ayrıca Ca_2O_3 mavi, Cu_2O kırmızı, Se (selen) kırmızı, MnO_2 menekşe rengi verirler.

Cam yalıtım malzemesi olarak çapları mikron boyutunda olan ince lifler haline getirilerek kullanılır. Cam yünü elde edilmesi için ham madde oranları yukarıda verilenlerden farklı olup, ortalama olarak %54 SiO_2 , %15,7 $\text{Al}_2(\text{OH})_3$, %0,5 Fe_2O_3 , %16 CaO , %3,8 MgO , %8 Boroksit alınır.

Özel formülüne göre uygun tarzda karşılaştırılan ham maddelerden teşkil edilen harman 1400°C 'de özel fırında ergitilir. Ergimiş cam, platin bir çubuktan akarak hızla dönen ve kenarlarında küçük küçük delikler bulunan platin bir sepete çarpar ve bu arada tazyikli hava verilir. Bu suretle merkez kaç kuvvetle çok ince lif haline gelen cam yünü bakalitsiz olup renksizdir. Cam yününün belirli bir kalınlıkta tutulabilmesi maksadı ile malzemeye yapıştırıcılık ve elastikiyet kazandırmak için bakalit ilave edilmektedir. Bunu için cam yününe sıvı bakalit püskürtülür ve bakalitlenmiş malzeme etüvde kurutulur. Bakalitlenmiş cam yünü koyu sarı renktedir.

İmal usulüne göre takriben 3-40 mikron çapındaki liflerden meydana gelmiş olup 500°C gibi yüksek sıcaklıklara kadar kullanılır. özel olarak imal edilip 700°C sıcaklığa kadar kullanılan cinsleri de mevcuttur. Daha yüksek sıcaklıklar için arada ya hava boşluğu bırakılır ya da kizelgur gibi daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı yalıtım malzemeleri araya yerleştirilir. Yoğunluk $\rho=15-200 \text{ kg / m}^3$ arasında değişip ısı iletim katsayıları 0°C sıcaklıkta $\lambda=0,028 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$ değerinden 450°C sıcaklıkta $\lambda=0,065 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$ değerine kadar artar. Özgül ısısı 0,18 kcal /kg°C gibi çok küçük değerde olduğundan aralıklı çalışmalar için uygundur. Diğer yalıtım malzemelerine göre pratikte oldukça geniş bir kullanma sahası bulunan cam yünü aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- a) Yanıcı değildir.
- b) Dış kuvvetler tesiriyle kolayca deformasyona uğrar.
- c) Higroskopik değildir.
- d) Kimyasal olarak nötrdür.
- e) Atmosferik şartlara dayanıklıdır.
- f) Asitler karşı (hidrofluorik asit hariç) dayanıklıdır.
- g) Küf tutmaz.
- h) Haşerelerin yuvalanması olmaz.
- i) Bıçakla kolayca istenilen şekilde kesilebilir.
- j) İşçiliği kolaydır.
- k) Vana gibi çok girintili parçaların yalıtımlarına uygundur.
- l) Deri ile temas edince kaşındırır, bu sebeple eldiven kullanılması tavsiye edilir.
- m) Sarsıntı ve ufalanmaya dayanıklıdır.

Pratikte özellikle buzdolaplarında, havagazı fırınlarında, merkezi ısıtma sistemlerinde, duvar, döşeme ve tavanlarda, sanayide, vana yalıtımlarında, taşıtlarada çok fazla kullanılmaktadır.

Cam yünü aşağıdaki farklı usüllere göre elde olunur.

- 1- Çubuk çekme usulü
- 2- Hazne tambur usulü
- 3- Meme çekme usulü
- 4- Meme üfleme usulü
- 5- Savurma usulü
- 6- Kombine savurma ve uzatma usulü

Çubuk Çekme Usulü

Ortalama 3-4 cm çapındaki çubuğun bir ucu 1200°C ergime sıcaklığına kadar ısıtılır ve diğer bir cam çubuk bu uca yaklaştırılarak çok hızlı olarak çekilir. Aynı prensibin daha geliştirilmiş bir hali olarak takriben 110 cm uzunluğunda ve 4 mm çapındaki 50 ila 100 adet cam çubuk 10 mm aralıkla düşey olarak hareket ettirilerek alt uçları bir alev veya elektrikli ısıtıcı ile 1200°C'ye kadar ısıtılır. Sıra halindeki cam çubukların tam altında 1m çapında ve 1 m uzunluğunda 2500 d/d hızı ile dönen tambur bulunur. 0,85 m/h hız ile düşey hareket eden cam çubukların eriyen uçlarından tambur üzerine düşen cam damlaları 6-10µ çapında ince lifler halinde tambur üzerine sarılırlar. 100 çubuktan 1 saatte 0,8-2,5 kg arasında cam yünü elde edilir.

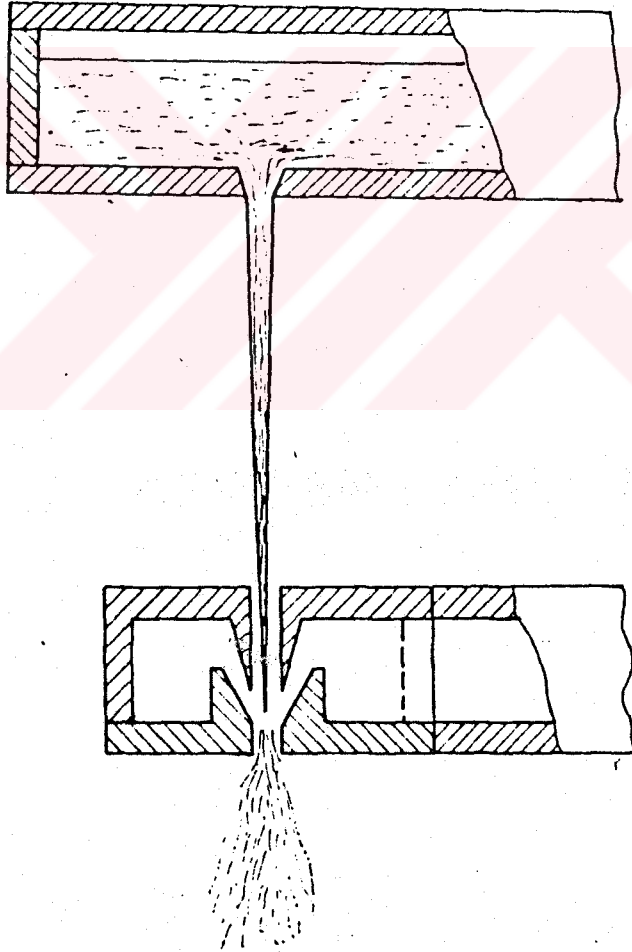
Tambur Usulü

Bir sonraki kısımda anlatılacak meme çekme usulünün ilk tatbik şeklidir. 50 cm uzunluğunda şamot kaplı bir kabın tabanında 1-2 mm çapında 20 ila 40 tane kadar delik bulunur. Kabın içinde cam kırıkları doldurularak gaz, yağ alevi veya elektriki olarak 1200°C'ye kadar ısıtılır. Kabın tarafında eriyen camın vizikotesi belirli bir değere düşünce deliklerden aşağıya akmaya başlar. Deliklerin tam altında dönmekte olan tambura sarılarak takriben 15 µ çapında cam liflerinden meydana gelmiş bir tabaka elde edilir.

Meme Çekme Usulü

Tambur üstünde kullanılan şamot kaplı kap yerine takriben 1 litre hacminde meme denilen küçük kaplar kullanılır. Alt kısımda 1-2 mm çapında platin veya platin-iridyumdan meme uçları bulunur.

1430°C'ye kadar ısına cam meme ucundan alt taraftaki yatay tambur üzerine akarak 100 m / s hız ile çekilir ve 5-6 μ çapında cam lifleri elde edilir. 1 meme ucundan takriben 0,6-0,9 kg / h cam yünü elde edilir ve 100 tane meme yanyana bulunur. Bu usule göre, ortalama % 95 üniform kalınlıkta cam lifleri elde edilmektedir. Şekil 2.4.'de prensip şeması görülmektedir.



Şekil 2.4. Meme Çekme Usulü

Meme Üfleme Usulü

Meme çekme usulü eski ve yeni usulü olmak üzere iki kısımdır. Bugün kullanılmayan eski usule parçalanma usulü denilebilir. Eritme kabında erimiş olarak akan cam sadece bir taraftan buhar veya nadiren hava üflemek suretiyle parçalanır ve parçalara ayrılan kısımlar aynı zamanda ince lifler haline getirilir. Bu sebeple de, lifler kısa olmaktadır.

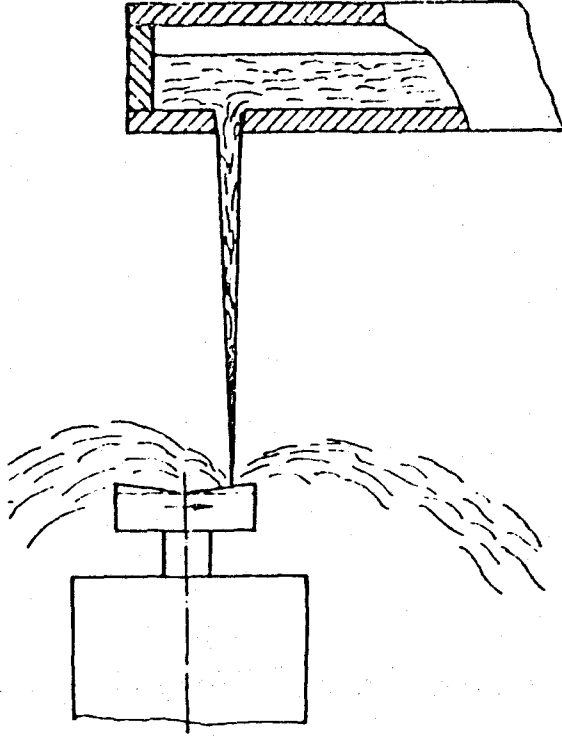
Yeni usule göre, meme uçlarından akan camın mekanik bir şekilde çekilmesi söz konusu değildir. Cam liflerin meydana gelmesi meme uçlarından akan cama, buhar hava veya gaz üflenmesi ile olur ve bu sebeple de pnömatik çekme usulü de denebilir.

Buhar, hava veya gaz meme uçlarından akan cama paralel gönderilerek oldukça uzun ve homojen lifler elde edilir. Cam yün için geliştirilen bu usul sonraları taş ve cüruf yünü için de kullanılmaya başlanmıştır. Bu usule göre 5 - 30 cm uzunluğunda 6 - 10 μ çapında lifler elde edilir. Bir tek memenin verimi saatte 1.5 2.5 kg civarındadır. % 35 ile 40 arasında tanecik ihtiva eder.

Savurma Usulü

Gaz veya yağ alevi ile ısıtılan kabın içine konan cam kırıkları 1300°C' ye kadar ısıtılır ve kabın altındaki delikten 3000 - 4000 d/d hız ile dönen seramik bir tabla üzerine cam dökülür. Merkezkaç kuvvet tesiriyle seramik tabla üzerine dökülen erimiş cam küçük bilyalar halinde savurularak, çok ince film tabakası meydana gelir.

Savrulan bilyalar arkasında bir lif meydana getirerek uzaklaşır ve küçülür. Bir yandan küçük bilyanın uzaklaşması, diğer yandan seramik tablanın dönmesi lifleri uzatır. Elde edilen lifler oldukça kalındır ve ortalama 12 - 40 μ çapında, 40 - 50 kg/h elde edilir.



Şekil 2.5. Savurma Usulü

Kombine Savurma Uzatma Usulü

Kombine savurma usulünde savurma işlemindeki merkezkaç kuvvet ile çekme işlemindeki uzatma müşterek tatbik edilerek yüksek kalitede cam yünü elde edilir.

Değişik bazı geliştirmeler sonucunda şekilde görüldüğü gibi son gelişmiş hale varılmıştır. Üstüste 9 tane olmak üzere çevrede 30° ar yani toplam 270 delik bulunur. Haznenin etrafında da halka şeklinde yanma kamerası bulunup yanmış sıcak gazlar delikleri yalıyacak şekilde yüksek hız ile aşağıya doğru üflenir. 3000 d/d veya daha yüksek devir ile dönen haznenin deliklerinden 1300°C erimiş olarak merkezkaç kuvvet ile savrulan cam lifleri yüksek hızlı gaz ile aşağıya doğru yöneltilir ve bir nevi çekme olarak uzatılır. Kombine savurma usulüne göre, 5μ çapına kadar inilen cam liflerinin uzunluğu 5 - 15 cm arasında değişir.

Sistemde ufak bir değişiklikle 25 cm uzunluğunda lifler de elde edilebilir. Bu metoda göre kullanılan ham maddenin oranları:

SiO₂.....% 60 - 65

Na₂O, K₂O.....% 14 - 16

B₂O₃.....% 2 - 6

arasında değişip, lif çapları 3 μ ' a kadar dūşürülmüştür.

Cam yünü imalinin en yaygın usulü olan kombine savurma ve uzatma usulü, gerekli lif çaplarının çok küçük olması, gerek lif uzunluklarının gaz akımına göre ayarlanabilmesi ve gerekse hiç tanecik bulunmaması gibi müsbet olan özellikleri neticesinde geniş bir tatbik sahası bulmuştur.

Tablo2.7. Değişik Özelliklere Göre Yapılan Cam Yünlerinin Özellikleri

Usül	apı μ	Uzunluğu cm	Tane %	Debi kg/h
ubuk çekme	10	5	-	2.5
Tambur	15	5	-	-
Meme çekme	6	5	-	0.9
Meme üfleme	10	5-30	40	2.5
Savurma (Hager)	12-40	10-30	50	50
Kombine (TEL)	3-5	5-25	-	-
Savurma Uzatma				

Ortalama Sıcaklık

Isı İletkenlik Katsayısı

Kcal/mh°C

0 °C

0.029

50 °C

0.035

100 °C

0.041

150 °C

0.047

200 °C	0.054
250 °C	0.063
300 °C	0.075

2.4.2.2. Cüruf Yünü

Cüruf yünü matalurji sanayinin bir yan ürünü olup, sıvı haldeki cürufun lif haline getirilmesi ile elde olunur. Cam yününe nazaran yapısı homojen olmayıp çoğu hallerde kimyasal bakımdan nötr değildir. En yüksek 750°C sıcaklığa kadar dayanıklı olup, yoğunlukları 150 ile 350 kg/m³ arasında değişir. Isı iletim katsayısı da yoğunluk ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için 100°C sıcaklık ve $\rho = 150 \text{ kg/m}^3$ ' de $\lambda = 0.041 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ değerinden 500°C sıcaklık ve $\rho = 350 \text{ kg/m}^3$ ' de $\lambda = 0.108 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ değerine kadar değişir. Cüruf yünü çoğu kez mineral yün olarak da adlandırılıp vana, flanş ve boru yalıtımlarında kullanılır. Cam yününe nazaran daha ucuz olup, biraz daha yüksek sıcaklığa dayanıklıdır.

2.4.2.3. Asbest

Kısa olan asbest lifleri, anorganik su camı potasyumlu silikat bağlayıcı eleman yardımıyla püskürtme yalıtım yapılıır. Tabanca ile ısı yalıtımı yapılacak yüzeye püskürtülen asbest lifleri ile yüzeyde hiçbir delik kalmayacak şekilde istenilen kalınlıkta yalıtım temin edilir. Bu şekilde yalıtım ses yalıtım için de faydalı olduğu gibi yangın tehlikesine karşı da tercih olunur.

2.4.2.4. Kizelgur

Aslında bitkisel bir yapıda olup, kuvarz ihtiva eder . Bitkisel yapı hayatiyetini kaybedince çok küçük gözenekler teşekkül eder. Kirecimsi hale getirilmekle içertiği organik kısımlar kaybolur ve öğütülerek arzu edilen incelikte elde olunur. Yanmaz ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir. Kizelgur sanayide değişik tatbik edilir.

Toz halinde kuru kizelgur

Ara boşlukları doldurma yoluyla ısı yalıtımında faydalanılır. Yoğunluk 210 ile 315 kg/m³ arasında değişip yoğunluğuna göre 100°C sıcaklıkta ısı iletim katsayısı $\lambda = 0.069$ kcal/mh°C değerinden 1000°C sıcaklığa kadar kullanılabilir ve bu sıcaklıkta ısı iletim katsayısı takriben $\lambda = 0.135$ kcal/mh°C değerindedir.

Şekillendirilmiş kizelgur

Kizelgur bağlayıcı eleman olarak kil veya kalker ilave yakılır ve çok yüksek sıcaklıkta ateşe dayanıklı kizelgur taşı elde olunur. Yoğunluğu $\rho = 300$ ile 700 kg/m³ arasında değişip ısı iletim katsayısı ise 100°C sıcaklıkta $\lambda = 0.069$ kcal/mh°C değerinden 1000°C sıcaklıkta $\lambda = 0.305$ kcal/mh°C değerine kadar yükselir.

Diatomit cinsi 1000°C, Diatomit F ateşe dayanıklı cinsi ise 1500°C' ye kadar kullanılır. Aşağıdaki tabloda yoğunluk ve sıcaklık değişimlerine bağlı olarak ısı iletim katsayısının aldığı değerler görülmektedir.

Tablo 2.8. Diatomin kizelgur taşının değişik yoğunluk ve sıcaklıklarda ısı iletim katsayısının değişimi

Adı	Yoğunluk kg/m ³	Isı katsayısı (kcal / mh ⁰ C)				Basınç kg/m ²
		iletim 100°C	400°C	800°C	1000°C	
Diatomit	300	0.069	0.110	0.166	-	2 - 6
	330	0.074	0.115	0.171	-	2.5 - 7
Diatomit F	700	0.127	0.169	0.225	-	27 - 45
Ateşe dayanıklı	700	0.17	0.215	0.275	0.305	30 - 40

2.4.2.5. Mağnezit

Mağnezit aslında çok gevşek ve toz halinde olup, asbest lifleri ile karıştırılarak istenilen şekilde pres edilir. Yüksek sıcaklıklarda kizelgur malzemesiyle karışık olarak kullanılır. Genellikle 200°C sıcaklığa kadar kullanışlı olup ısı iletim katsayısı $\lambda = 0.047$ ile 0.059 kcal/mh°C değerleri arasında değişir.

2.4.3. Sentetik Asıllı Isı Yalıtım Malzemeleri

Plastik köpükler olarak da adlandırılan sentetik asıllı yalıtım malzemelerini hammadde ve elde ediliş, boşluk yapısı, köpürme şekli ile sertlik derecesine göre sınıflandırmak mümkündür.

Hammadde ve elde ediliş şekilleri

Polikondenzasyon reaksiyonları sonucu Üre-Formaldehit ve Fenol-

Polimerizasyon reaksiyonları sonucu -polivinil klorür (PVC) ve polistiren (PS)-

Poliadisyon reaksiyonları sonucu -Poliüretan-

Gözenek yapısı şekilleri

Açık gözenekli -boşluklar birbirleri ve dış ortam ile ince kanallar tarafından bağlantılı olurlar-

Kapalı gözenekli -boşluklar arasında kanallar ile bağlantı yoktur-

Karışık gözenekli -açık ve kapalı gözenekler çeşitli oranlarda karışık bulunurlar-

Köpürtme şekilleri

Gaz karışımı yolu -hava veya kimyasal etkisi olmayan bir gaz ile hammaddenin çok hızlı köpüklendirilmesi-

Fiziksel yol -freon gibi organik asıllı çözücü maddelerin hammadde ile karıştırılıp belirli derecede buharlaşmaları sonucu veya inert gazların çözümlenmesi ile köpüklendirme-

Kimyasal yol -kimyasal reaksiyon sonucu-

Sertlik dereceleri

Yumuşak olanlar

Sert olanlar -gevrek veya elastik olabilirler-

Yarı sert olanlar

Çeşitli hammaddelerden elde edilen yalıtım malzemelerinin özellikleri tabloda verilmiştir.

Tablo2.9. Sentetik Asıllı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri

Hammadde	Reaksiyon Çeşidi	Gözenek Şekli	Sertlik	Yol-Usul	Tesis	Yapılış
Üre-Formaldehit	polikondenzasyon	açık	gevrek	karıştırm a	sabit veya taşınabilir	devamlı
Fenol-Formaldehit	polikondenzasyon	karışık	gevrek	fiziksel	sabit veya taşınabilir	devamlı tek form
Polistrol	polimerizasyon	kapalı	elastik	fiziksel	sabit	tek form
Sert Poliüretan	poliadisyon	karışık	gevrek	fiziksel, kimyasal	sabit veya taşınabilir	devamlı , tek form
Yumuşak Poliüretan	poliadisyon	açık	yumuşak elastik	fiziksel, kimyasal	sabit	devamlı
Sert PVC (Sert Polivinil Klorür)	polimerizasyon	kapalı veya açık	elastik	fiziksel, kimyasal	sabit	tek form
Yumuşak PVC	polimerizasyon	kapalı veya açık	yumuşak elastik	fiziksel, kimyasal	sabit	devamlı , tek form

2.4.3.1. Poliüretan (Moltopren)

İzosiyant bileşiğınn alkol ile reaksiyonu sonucu alkolün hidrojen atomu İzosiyanta kayarak üretan elde edilir. Diizosiyantın ve reaksiyonu kolaylaştıran OH gruplu uygun polialkolün kullanılmasıyla da yüksek molekülü poliüretan meydana gelir.

Pliüretanlar, kapalı gözenekli gevrek ve açık gözenekli yumuşak elastik olmak üzere iki tipte yapılırlar. Ana hammadde olarak (desmodur) poliizosiyonat ile OH grupları ihtiva eden (desmofen) polialkol kullanılır.

Kimyasal yoldan elde edilmelerinde su ile izosiyant reaksiyonu sonucunda açığa çıkan CO₂ köpürmeyi sağlar. Fiziksel yoldan elde edilmelerinde ise düşük sıcaklıkta buharlaşan Freon 11'in (Fluortriklorometan = CCl₃F) köpük hammaddesine ilave olunarak ekzotermik reaksiyonla sıcaklığın yükselmesi sonucu buharlaşması ile köpürme meydana gelir.

Yumuşak poliüretan yapımı ve özellikleri :

Sabit olan tesislerde polyester esaslı Moltopren S blok köpürtme şeklinde ve polieter esaslı Moltopren T ise blok ile form yani kalıp köpük şeklinde elde edilir.

Blok köpükte Diizosiyonat (desmodur T), polialkol (desmofen) ve su, Moltopren S için Desmofen 2200, 210 ve Desmodur T 65, Moltopren T için Desmofen 3300, 3400, 3500, 3600, 3700 ve Desmodur T 80 kullanılır. Ayrıca sübye ve stabilize hale getiren reaksiyon hızlandırıcılardan faydalanılır.

Dişli pompa ile memeli karıştırıcıya gelen polialkol burada diizosiyonat ve reaksiyon hızlandırıcı ile karıştırılır, alt tarafta hareket eden bandın üzerine akıtılır. Karıştırıcı ileri geri hareket ederek bant üzeri moltopren kaplanır. 2 metre genişlik ve 0.7 m yükseklikte saatte 8 ton kapasiteli tesisler mevcuttur.

Yumuşak moltopren -40 ile 100°C arasında kullanılabilir ve özgül ağırlığı 20-70 kg/m³ arasında değişir. 0°C'deki ısı iletim katsayısı 0.033 kcal/mh°C civarındadır.

Yumuşak moltopren duvar ve düşmelerde, taşıtlarda ısı ile ses yalıtımları için kullanılır.

Poliüretan Sert Köpük :

Poliüretan sert köpük, polyester veya polieterlerin izosiyanatlarla birleşmesinden elde edilen plastik bir ısı yalıtım malzemesidir. Poliüretan köpükleri, açık veya kapalı gözenekli, yumuşak veya sert, küçük veya büyük hacim ağırlıklı olarak imal edilebilmektedir.

Isı yalıtımında kapalı gözenekli, sert köpükler kullanılmaktadır. Bir kısım poliüretan tiplerinin çok az ısı iletkenliği olan bir gaz ile reaksiyona tabi tutulması neticesinde kapalı gözenek nisbeti %95'e çıkartılabilmektedir.

Çeşitli imalat teknolojisine göre poliüretan sert köpük, plak veya hafif yapı elemanı olarak fabrikada veya arzu edilen bir boşluğun doldurulması maksadıyla yerinde imal edilmektedir. Boşluk doldurmak şeklinde yapılacak imalatlarda meydana gelecek basınçlar dikkate alınmalıdır.

Poliüretan köpüğün tek taraflı ısınma halinde deformasyon eğilimi vardır. Bu nedenle malzemenin tek veya çift taraflı kaplanması faydalıdır. Bu maksatla poliüretana kabuk teşkil edilmek üzere sandöviç tipler de kullanılmaktadır.

Sandöviç plakaların imalinde poliüretanın, ilave yapıştırıcı gerektirmeden kendisi yapışkan durumda iken kaplama malzemesi ile temas ettirilmesi yeterlidir. Kağıt, karton, keramik, ahşap ve metal gibi malzemelerle kaplanırken yapıştırıcıya ihtiyaç olmayacak bir sistem sağlanmalıdır.

Poliüretan köpüğün techizatlandırılması mümkün ise de kaplamasız dahi görünür plaklar olarak kullanılması halinde yeterli mukavemeti vardır. Sağlanacak mukavemet, sert köpüğün yoğunluğuna bağlıdır. Poliüretan köpüğün hacim ağırlığı 30 ile 200 kg/m³ arasında değişmektedir. Statik etkilere maruz sandöviç plaklar için 80-120 kg/m³ ağırlık gereklidir. Yapıda ısı yalıtım tabakası olarak kullanılmada 30-40 kg/m³ ağırlık yeterlidir. Poliüretan köpüğün yoğunluğu azaldıkça deformasyon ihtimali de artar.

Yoğunluğa göre mukavemet değerleri şu şekildedir:

30 kg/m ³	200 kPa
50 kg/m ³	400 kPa
100 kg/m ³	1000 kPa
200 kg/m ³	2500 kPa

Poliüretan köpüğün tip ve imalatına göre ısı iletkenliği, laboratuvar değerleri 0.016-0.082 Kcal/hm°C arasındadır. Bu değerler pratikte kullanılmazlar. Köpük içindeki gaz, duruma göre uçabilir, gözenekler tekrar hava ile dolabilir. Hava dolu gözeneklerin 0°C'de ısı geçirgenliği ise;

1 mm çapında 0.024 Kcal/hm°C

5 mm çapında 0.038 Kcal/hm°C dir.

Pratikte ısı geçirgenlik hesap değeri olarak 0.035 Kcal/hm°C'nin altına şartlı olarak inilmelidir. Genellikle, difüzyon geçirmez metal kaplamalı köpüklerde 0.025-0.030 Kcal/hm°C.

Kaplamasız veya difüzyon geçirgen kaplamalı köpüklerde 0.035 Kcal/hm°C değeri kullanılır. Eksi sıcaklıklardaki soğutma tesisleri için 0.028 Kcal/hm°C'lik bir hesap değeri pratikte uygundur.

Su buharı difüzyonu direnç faktörü, 35 kg/m³ lük kapalı gözenekli bir sert köpükte 40-50 kg/m³ yüksek ağırlıklarda ise 80-120 kg/m³ dür. Püskürtme poliüretan köpüğün difüzyon direnç faktörü 3-8 civarındadır.

Köpük malzemesinin su emmesi çok azsa da polistirel köpükten daha fazladır. 24 saat su altında bırakılma halinde su emme hacim yüzdesi olarak 0.2-1.0 dir. Poliüretan köpük su buharı difüzyonuna karşı korunmalıdır.

Poliüretan köpüğün eskime ve çürümeye dayanıklılığı oldukça fazladır. Poliüretan köpüğünün hacim ve şekil dayanıklılığı ile özgül ağırlığı arasında yakın ilişki vardır. 32 kg/m³ ün altındaki kaplanmamış köpük plaklarda soğuk etkisi ile bariz büzülme görülmektedir.

Sert köpük plaklar, gözenek içindeki basınçlar ve gözenek şekline göre ısı altında genişleme ve deformasyona uğrayabilirler. Uzunluk değişimleri köpük istikametinde olmaktadır.

Köpük poliüretan, deniz suyuna, inceltmiş asitlere, benzine, diesel ve ısıtma yağına ve çeşitli eritme maddelerine dayanıklıdır.

Sıcaklık ve Yanma Durumu:

Yapıların ısı yalıtımında kullanılan asgari 32 kg/m³ lük plakalar,

- Devamlı olarak 110-120°C a kadar
- Kısa süreli 180 hatta 200°C a kadar sıcaklığa dayanıklıdır.

Alt sıcaklık sınırı ise -200°C olarak verilmektedir, yani pratikte sınırsızdır.

Poliüretan köpük yanıcı olup yardımcı madde ilavesiyle zor yanıcı yapılabilmektedir.

Poliüretan köpük pahalı bir ısı yalıtım malzemesi olmakla beraber yüksek basınç direnci, hafiflik, yüksek ısı direnci kolayca işlenebilirliği gibi özellikleri sebebiyle çok yönlü kullanma sahası bulunmaktadır. Yerinde dökme ve kaplama özelliği en kullanışlı vasıflarındandır.

Poliüretan sert köpükleri ısıtılan yapılarda, soğuk depolarda, buzdolaplarında, boru yalıtımlarında, komplike boşlukların kaplanmasında ve gemilerde kullanılmaktadır. Poliüretan köpüğün kullanılmasında 30 kg/m³ yoğunluğun altında çıplak kullanılma halinde herhangi bir arıza beklenebilir. Bu gibi plaklar düşük sıcaklıklarda büzülme, gözeneklerdeki özel gazın sıcaklık tesiriyle genişlemesi neticesinde şekil ve uzunluk değişikliklerine uğramaktadır. 32 kg/m³ ün üstünde ve basit bir kaplama ile bu mahzur ortadan kalkmaktadır. Çıplak köpüğün sıcak bitüm ile yapıştırılması önemli bir zorluk çıkartmamaktadır. Çünkü köpük kısa süreli 200°C a kadar sıcaklıklara dayanıklıdır.

2.4.3.2. PVC - Polivinilklorür- köpüğü

PVC -Polivinilklorür- yapılmasında ilk adım olarak karbon (C) ile yanmış kalk (CaO), sıcaklığı 2500 ila 3000°C ye yükseltilmiş elektrikli ocaklarda ısıtılarak kalsiyum karpit (CaC)₂ elde edilir. İkinci adımda kalsiyum karpit, su ile birleşerek Ca(OH)₂ ve asetilen (C₂H₂) meydana gelir. Üçüncü adımda asetilen (C₂H₂) ile klorürasit (HCl) yüksek basınç altında birleşerek Vinilklorür (CHCl) ve CH₂ elde edilir.

Vinilklorür ise hidrojenperoksit (H₂O₂) veya sıcaklık yükselmesi ile polimerizasyon sonucu polivinilklorür haline geçer. Polivinilklorür köpüğünün gözenek yapısı elde ediliş şekline bağlıdır.

Yüksek basınçlı halde kapalı gözenekli, düşük basınçlı halde açık ve kapalı gözenekli, basınçsız halde ise açık gözenekli yapı meydana gelir. Fiziksel yoldan köpük elde edilmesinde PVC maddesi içine atıl bir gaz veya gaz karışımı gönderilir.

Kimyasal yoldan köpük elde edilmesinde ise katı haldeki köpük malzemesinin ısı tesiri ile bozulması ve azot (N_2) açığa çıkmasından faydalanılır. PVC köpüğünün yüksek basınçlı yoldan elde edilmesinde 40 ila 60 kısım PVC 3 ila 15 kısım köpürtücü madde ile 40 ila 60 kısım yumuşatıcı madde kullanılır. Bu oranlara göre PVC köpüğü yumuşaktır. Sert PVC köpüğü için ise 100 kısım PVC ve 20 kısım da köpürtücü madde kullanılır.

PVC köpüğünün alçak basınçlı yoldan elde edilmesinde 100 kısım PVC ile 4 kısım köpürtücü madde kullanılır. Basınçsız yoldan elde edilme halinde PVC için karbondioksit (CO_2), azot (N_2) veya hava gönderilerek karıştırılır, dönene bant üzerine dökülür ve kurutma kanallarında 165-175°C ye kadar 3 ila 5 dakika arasında ısıtılır. Müddet arttıkça kapalı gözenek sayısı azalırken açık gözenek sayısı artar.

Yüksek basınçlı yoldan elde edilen Polivinilklorür köpüğü 50°C sıcaklığa kadar kullanılabilir ve 0°C sıcaklıktaki ısı iletim katsayısı 0.033 kcal/mh°C'dir.

2.4.3.3. Polistrol

Benzol (C_6H_6) ve etilen ($CH_2=CH_2$) ile alüminyum klorür ($AlCl_3$) birleşmeleri sonucu etillenzol ($C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot CH_3$) elde edilir. Polimerizasyon ile de polistrol meydana gelir. Polistrol 70°C'ye kadar dayanıklı olup ısı iletim katsayısı 0.12 kcal/mh°C dir.

Sitirofleks, 0.02 ila 0.15 mm kalınlığındaki polistrol levhaların yan yana dizilmelerinden meydana gelmiştir. Elastik ve bükülebilir özellikte olan sitirofleks sarsıntıyla ufalanmaz, özgül ağırlığı tabaka kalınlığına bağlı olmakla beraber 1 kg/m³ civarındadır ve -40 °C ila 80°C sıcaklıkları arasında kullanılabilir. 20°C sıcaklıktaki ısı iletim katsayısı 0.029 kcal/mh°C dir.

Polistrol köpükleri sitropor, eksportit, izokolor, poresta, isopor, lamipor, nobipor gibi isimlerle satılır. 75°C sıcaklığa kadar kullanılabilirler, yapıştırma için 80°C ila 85°C kadar ısıtılmış bitüm ile temas etmesinde de mahzur yoktur. Benzol, keton, madeni yağ ve benzine karşı mukavim değildir.

Isı iletim katsayıları da -150°C sıcaklıkta $0.013 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ - 100°C sıcaklıkta $0.018 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$, -50°C sıcaklıkta 0.024 , 0°C sıcaklıkta $0.0275 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ ve $+50^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta da $0.0375 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ değerini alır.

2.4.3.4. Polietilen

Etilenin ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) yüksek basınçta (100000 ile 300000 kPa) ve 20°C sıcaklıkta polimerizasyonu ile polietilen ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$) elde edilir. Düşük basınçlı yoldan da polietilen elde edilmekte olup fiziksel özellikleri farklıdır. Aşağıdaki tabloda her iki cins polietilenin özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.10. Polietilenin özellikleri

	Yüksek basınçlı yol	Düşük basınçlı yol
Kullanma sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$	-60, +95	-15, +120
Yoğunluk kg/m^3	0.92	0.95
Isı iletim katsayısı $\text{kcal/mh}^{\circ}\text{C}$	0.30	0.36

Yüksek basınçlı yoldan köpük ve ince levha alçak basınçlı yoldan köpük şeklinde elde edilir.

2.4.3.5. Styropor (polystyren köpük)

Polystyren parçacıklarının kuvvetli bir şekilde şişirilmeleri sonucu sert bir köpük malzemesi elde edilir ki buna Styropor denir.

Styropor genişleme kabiliyetine sahip maddeler içeren Styren polimerizasyon ürünüdür. Piyasaya yuvarlak veya çubuk şeklinde arz edilir. Yuvarlak şekillerin çapı $0.2 - 3.0 \text{ mm}$ arasında değişir, çubuk şeklinde olanların ise uzunluğu takriben 2.5 mm çapı 0.6 mm dir. Styropor genellikle ön şişirme, dinlendirme ve son şişirme olarak üç safhada işlenmektedir. Çeşitli styropor grupları mevcuttur. Her bir grupta bulunan tipler tane büyüklüğü, işleme özellikleri ve kullanma maksatlarına göre değişiklik gösterir.

Styropor grupları:

Styropor P : Standart köpük maddesi için

Styropor F : Zor alev alan köpük maddesi için

Styropor H : Doymuş karbonhidratlara dayanıklı köpük maddesi için

Styropor FH: Zor alev alan ve doymuş karbonhidratlara dayanıklı köpük maddesi için

Styropor G : Renkli köpük maddesi elde etmek için

Özellikleri:

Her şeyden önce dikkati çeken husus styropor köpük maddesi yoğunluğunun azlığıdır. Ön şişirme işlemindeki çeşitli metotlarla elde edilen köpük maddelerinin ağırlığı 13-40 kg/m³ arasında değişir. İnşaatlarda genel olarak 13-20 kg/m³ ağırlığında olan standart köpük maddesi kullanılmaktadır.

Diğer maddelere kıyasla son derece düşük olan yoğunluğu dikkate alındığında styropordan mamul köpük maddesinin önemli derecede basınca dayanıklı olduğu görülür. Basınç mukavemeti ve ısı altında şekil koruma mukavemeti artan yoğunluk ile paralel olarak yükselir.

Styroporun gerek işlenmesinde, gerekse köpük maddesinin kullanılmasında sağlığa zarar verecek bir durum ortaya çıkmamıştır ve bu madde, böcekler tarafından besin maddesi olarak yenmediği gibi mantarlar ve bakteriler için de müsait bir yaşama ortamı teşkil etmez.

Kullanma yerleri:

Styropordan elde edilen köpük maddeleri çok çeşitli yerlerde kullanılır.

İnşaatlarda; duvarlarda, tavanlarda, çatılarda prefabrik inşaat elemanlarında sığağa karşı yalıtım maddesi olarak styropordan yapılmış köpük maddesinin en büyük kullanma alanını teşkil eder. Diğer kullanma alanı olarak ses yalıtım, dekoratif tavan plakaları ve beton kalıplarında boşluk elemanı özellikle sayılabilir. Ön şişirmeye tabi tutulmuş olan

Tablo 2.11. Styropordan Mamul Köpük Maddelerinin Fiziksel Özellikleri

Özellik	Birim	Styropor		
Hacim ağırlığı	Kg/m ³	15	20	30
Basınç gerilimi	kPa	60-100	100-140	180-250
Makaslama mukavemeti	kPa	470-540	600-800	850-1200
Bükülme mukavemeti	kPa	(1.7-2.2)10 ⁶	(2.5-3.0)10 ⁶	(4.2-5.0)10 ⁶
Çekme mukavemeti	kPa	(1.7-2.4)10 ⁶	(2.5-3.2)10 ⁶	(3.7-5.2)10 ⁶
Kısa süreli	°C	100	100	100
Uzun süreli 500 Kg/M ²	°C	85	85	85
2000 Kg/M ²	°C	75-80	80-85	80-85
Isı iletkenliği -20°C	Kcal/mh°C	0.026	0.025	0.023
+10°C	Kcal/mh°C	0.029	0.028	0.026
+40°C	Kcal/mh°C	0.032	0.031	0.029
Su buharı sızdırma derecesi 3 cm kalınlığında plaka 20°de %85 oranındaki hava neminde	g/m ² h	1.5	1.0	0.6
Su alma derecesi 7 gün sonra	% Hacim	0.4-2	0.4-0.8	0.3-0.7
1sene sonra	% Hacim	4-6	3-5	3-4

styropor hafif beton ve hafif tuğla imalinde kullanılır. İnşaatla kullanılma sebebi sığağa ve soğuga karşı önleyici etkisidir.

Hareketsiz haldeki hava son derece düşük ısı iletkenliği olan bir maddedir. Styropordan mamul köpük maddeleri ise takriben %98 hacminde havadan oluşur. Geniş çapta sıcaklığın iletilmesini sağlayacak olan ana madde (köpük iskeleti) ise toplam hacmin sadece %2'sini teşkil etmektedir. Kaldı ki köpüğün iskeletini teşkil eden polystyren maddesi ise oldukça az iletken bir maddedir.

Styropor köpük maddesi 0.01-0.1 mm çapındaki çok küçük kapalı hücrelerden meydana geldiğinden hava hareketi ile iletilen sıcak veya soğuk her bir hacmin küçüklüğü oranında azalır, dolayısıyla yalıtım tekniği yönünden gayet uygun bir yapıya sahiptir.

Isı ışınları en iyi şekilde üst üste gelmiş tabakaların sayısındaki fazlalık ile önenebilir. Genel olarak yalıtım tekniğinde 13-25 Kg/m³ lük styropor sert köpük levhaları kullanılmaktadır.

Isı yalıtımı duvar içi, duvar dışı ve iki duvar arasında olmak üzere üç şekilde yapılabilir. Düz damlar zaman zaman yüke maruz kalabilir. Bu da sadece dam kaplamasının altındaki yalıtım maddesinin sağlam olması halinde gerçekleştirilebilir. Bu nedenle düz damlarda en az 20 Kg/m³ styropor sert köpük maddesi kullanılmalıdır. Özellikle yüksek mekanik zorlamalara maruz düz damlarda örneğin sını yapılarıdaki düz damlarda bu noktaya dikkat edilmelidir.

Soğutma tekniğinde Styropor köpük maddesi soğuk hava depolarının her türlü soğutucularını frigorifik vagon, gemi ve kamyonların ve boruların yalıtımında mükemmeliyetini ispatlamıştır.

Soğuk hava depolarının, boruların, kapların, apareylerin sığağa karşı yalıtımında ekonomik sebeplerden dolayı makul bir yalıtım tabakası kalınlığı ile sığağın nüfuz etmesine karşı mümkün mertebe yüksek bir mukavemet elde edebilmek çok önemlidir.

Bu sadece yüksek değerli yalıtım maddelerinin kullanılması sayesinde gerçekleşebilir. Bu sebeple styropordan mamul sert köpük tabakaları daima yalıtım tatbikatında tercih edilmiştir.

3. PLASTİKLER - GÖZENEKLİ SERT MADDELERİN TÜRK STANDARTLARINA GÖRE TEST METODLARI

Bu bölümde sert gözenekli ve plastik maddelerin fiziksel özelliklerinin tespiti için yapılması gerekli olan testler TS 10755 te belirtildiği üzere 8 ana başlık altında incelenecektir

3. 1. ISI İLETKENLİK KATSAYISI λ 'NIN TESPİTİ DENEYİ

Isı iletkenlik katsayısı λ 'nın tespiti iki şekilde yapılabilir.

- a) Boru Metodu İle Isı İletkenliği Tayini
- b) Isı Akış Ölçer İle Isı İletkenliğinin Tayini

3.1.1. Boru Metodu İle Isı İletkenliğinin Tayini (TS 389)

Bu standart homojen boru yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliğinin tayininde kullanılır. Plastikler ve sert gözenekli malzemelerde homojen bir yapıya sahip olduklarından bu yöntem uygulanır. Standart ayrıca ısı iletkenliği 1 kcal/mh°C den daha düşük olan boru biçimindeki (içi delik silindir) homojen yalıtım malzemesinin kuru veya havada kurutulmuş durumdan, 1000°C'ye kadar olan sıcaklıklarda ısı iletkenliği tayini metodunu kapsamaktadır. Bu standart ayrıca boru şekline getirilebilen levha ısı yalıtım malzemelerinde uygulanabilir.

Muayene cihazları şu kısımlardan oluşmaktadır.

A.)Test Cihazları

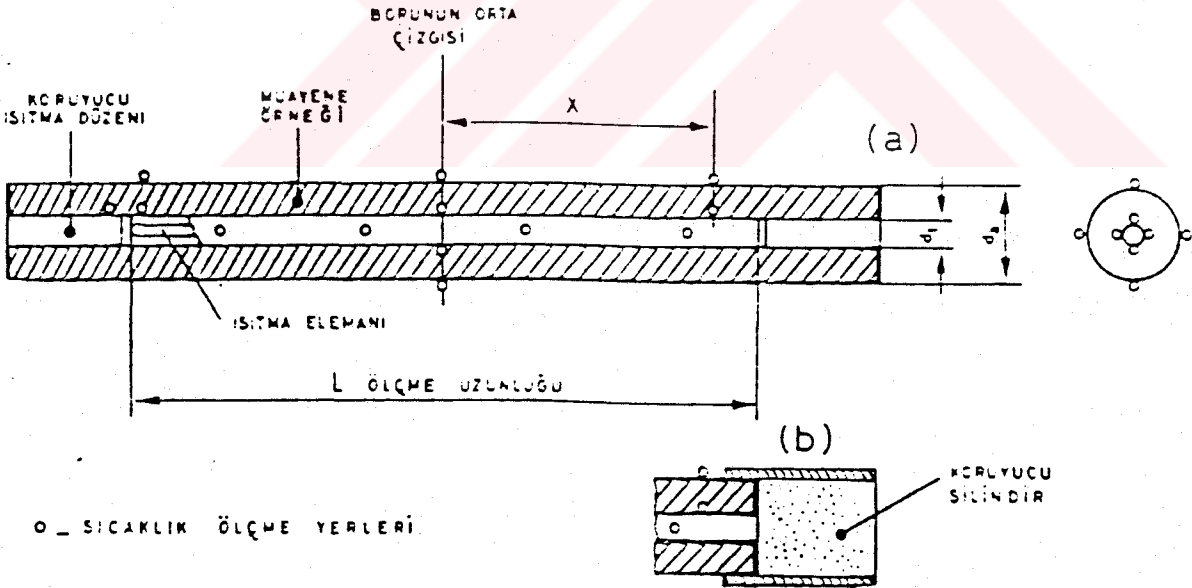
- a) Muayene borusu
- b) Sıcaklık ölçme düzeni
- c) Isı enerjisi sağlama düzeni

a) Muayene borusu:

Yatay durumda bakır, pirinç, çelik bir boru parçası olup bunun üzerine muayene edilecek yalıtım malzemesi uygulanır. Boru dış çapı 50-80 mm ve uzunluğu en az 1 m olmalıdır. Borunun içine elektriksel olarak yalıtılmış bir ısıtma elemanı yerleştirilmelidir. Isıtma elemanı borunun uç kısmına kadar uzanmalıdır. Isıtma muntazam bir şekilde sarılan direnç telleri veya levhası yardımıyla olur.

Uç kısımdaki ısı kayıplarını azaltmak için muayene borusunun uçlarına koruyucu ısıtma düzeni veya koruyucu silindirler tespit edilmelidir. Koruyucu ısıtma düzeni elektriksel olarak ısıtılabilir en az 200 mm uzunlukta ve muayene borusu ile aynı çapta boru parçadan yapılmalıdır. Koruyucu ısıtma düzeni ile muayene borusu arasında az bir aralık bırakılmalıdır.

Koruyucu ısıtma düzeni kullanılmadığı takdirde koruyucu silindirler kullanılmalıdır. Bu silindirler en az 200 mm uzunlukta olup muayene borusunun dışına ve uçlarına takılmıştır. Bu silindirlerin içine curuf yünü gibi ısı yalıtımı yüksek bir malzeme doldurulur.



Şekil 3.1. Muayene Borusu Örneği ve Tespit Edilen Termokupul Yerleri

b) Sıcaklık ölçme düzeni:

Muayene örneğinin iç ve dış yüzeylerindeki sıcaklıklar termokupullar (termo-element) yardımıyla ölçülür. İç ve dış yüzeyler için en az 6 termokupula ihtiyaç vardır ve bunlar Şekilde gösterildiği gibi muayene borusunun ve örneğin çevresine ve uzunluğu boyunca dağıtılır. Muayene borusu ile muayene örneği arasında hiçbir hava boşluğu kalmayacak şekilde sıkı bir geçme sağlanmalıdır. Bu sağlandığı takdirde ısı iletkenliğini hesaplarken muayene borusunun dış yüzeyinde ölçülen sıcaklık muayene örneğinin iç yüzeyindeki (sıcak yüzey) sıcaklık olarak alınabilir. Termokupulların uçlarını muayene borusuna tesbit etmek için ya termokupul telleri boruda delinen birbirinden en çok 3 mm uzak olan küçük deliklere sokulup çekiçle sıkıştırılır, veya lehimle bir araya getirilen uçlar yarıklara sokulur ve yapıştırıcı bir çimento ile üzerleri sıvanır. Kaynakla birleştirilen uçlar borunun dış yüzeyi ile aynı seviyede olmalı ve bu yüzeyde bir kabarıklık meydana getirmemelidir. Termokupullarda meydana gelen potansiyeli ölçmek için duyarlılığı 5 mV'den daha iyi olan potansiyometreler kullanılmalıdır.

c) Isı enerjisi sağlama düzeni:

Isı enerjisi elektriksel olarak sağlanır. Çekilen elektrik enerjisinin voltajı yakın sınırlar içinde ayarlanabilmelidir. Sağlanan elektrik gücü bir wattmetre veya benzeri bir düzenle $\pm \%1$ doğrulukla ölçülebilmelidir.

B.) Numunelerin Hazırlanması

Numuneler, muayene edilen yalıtım malzemesini ortalama temsil edebilecek ve onun gerçek özelliklerini verecek şekilde seçilmeli ve bu özellikleri elde etmek için yeter boyut ve miktarda olmalıdır. Numuneler genel olarak, fabrikanın aynı gündeki üretiminden veya bu fabrikanın aynı andaki teslimatından olmadığı bilinen malzeme arasından, değişik yerlerden seçilir.

Numuneler kuru durumda olmak zorundadır. Öncelikle üzerinde hiçbir kılıf veya benzeri bir muhafaza bulunmayan numuneler tartılır. Daha sonra nemi dışarı atmak için değişmeyen ağırlığa ulaşıncaya dek 60°C 'de kurutulmalıdır. Muayene sırasında numunenin nem almasını önlemek için su buharını geçirmeyen bir kılıfla sarılması gerekir.

Numunelerin her biri için delik dairesel bir silindir biçiminde hazırlanır ve muayene borusunun üstüne aynı merkezli (kentsentrik) olarak sıkıca geçmelidir. Numune muayene borusuna yerleştirildikten sonra bunun çevresi kıvrılabilen bir çelik metre ile ölçülür. Ölçmeler eşit aralıkla en az 6 yerde yapılır. Bulunan değerlerin ortalaması π sayısına bölünerek dış çap $d_{dış}$ tayin edilir. Numunenin iç çapı muayene borusunun çapı olarak alınır. Numunenin kalınlığı $(d_{dış} - d_{iç})/2$ ile hesaplanır.

C.) Deneyin Yapılışı

Numune dış yüzey ve iç yüzey sıcaklığı kararlı duruma ulaşıncaya kadar boru ısıtılır. Bu durumda iki sıcaklık arasındaki farkın 10°C 'den fazla olması gerekir. Deney en az üç sıcaklıkta yapılmalı ve bunlar arasındaki sıcaklık farkı en az 15°C olmalıdır. Bu ortalama sıcaklıklar malzemenin asıl kullanma yerinde karşılaşılabilecek sıcaklık sınırı içinde bulunmasına dikkat edilir. Bu yüzden sıcaklık dalgalanmasını önlemek için deneyin yapıldığı odada hava cerryanı bulunmamalı, oda sıcaklığının sabit tutulması sağlanmalı ve ortam ile numune arasındaki radyasyonla ısı transferinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Kararlı duruma ulaşıldıktan sonra bilgisayar ekranından 6 numune dış yüzeyi 6 numune iç yüzeyi olmak üzere 12 adet sıcaklık değeri kaydedilmeli bu sırada Wattmetrenin göstermiş olduğu değer de kaydedilmelidir.

D. Hesaplamalar ve Sonuçların Gösterilmesi

Numune iç yüzey sıcaklığı 6 değerlerin ortalaması olarak dış yüzey sıcaklığı yine 6 değerlerin ortalaması olarak alındıktan sonra verilen ısı miktarı wattmetreden direkt olarak alındığında numunenin ısı iletkenlik katsayısı λ aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\lambda = \frac{q \cdot \ln \frac{d_d}{d_i}}{2 \cdot L \cdot \pi (t_{i0} - t_{d0})}$$

Burada;

λ : Isı iletkenlik katsayısı (W/m.k)

q : Verilen ısı miktarı (W)

d_d : Numune dış çapı (mm)

d_i : Numune iç çapı (mm)

L : Numune boyu (m)

t_{i0} : Numune iç yüzey ortalama sıcaklığı (°C)

t_{d0} : Numune dış yüzey ortalama sıcaklığı (°C)

3.1.2. Isı Akış Ölçeri İle Görünür Isı İletkenliği Tayini (TS 6240)

Bu standart sert gözenekli plastik maddelerin görünür ısı iletkenlik tayininde kullanılır. Gözenekli plastiklerde ısı transferinin önemli bir bölümü yapılarıdaki ısı radyasyondur. Bunun sonucu ölçülen ısı iletkenliğinin değeri deneye tabi tutulan numunenin kalınlığından bağımsızdır. Bundan dolayı görünür ısı iletkenliği terimi kullanılır.

Muayene cihazları iki tiptir:

a) Simetrik Düzenleme (S Metodu): Aynı iki numune arasına merkezi olarak ısı-akış ölçeri yerleştirilmiş cihaz.

b) Asimetrik Düzenleme (AS Metodu): Isı akış ölçerinin tek numune boyunca yerleştirilmiş cihaz.

Bu standart S metodu için ısı iletkenlik katsayısı λ 'nın $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerinden küçük AS metodu için ısı iletkenlik katsayısı λ 'nın $5 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerinden küçük malzemeler için uygulanır. Genel amaçlarda ısı akış ölçeri ile termostaki yüzeylerin -50°C ve $+100^\circ\text{C}$ arasında olması gerekmektedir. Deneyler göstermiştir ki, sıcak ve soğuk plakalar arasındaki sıcaklık farkının en az 15°C olması kaydıyla, sıcaklık değişimi 4°C/cm ile 10°C/cm arasında olan deney parçaları için emniyetli ısıtıcı-plaka cihazı ile elde edilen sonuçlar bu metot ile elde edilen sonuçlara uyar.

A. Test Cihazları

S Metodu:

Deney cihazı şu kısımlardan oluşmaktadır:

- a) Soğuk ve sıcak plakalar
- b) Isı akış ölçer
- c) Sıcaklık ölçme düzeni

a) Soğuk ve sıcak plakalar:

Soğuk ve sıcak yüzeylerin çalışma yüzeyleri bakır, alüminyum veya çelik gibi iyi ısı iletkenliğe sahip metallere yapılmalı ve yüzeyi 0.5 mm/m olacak şekilde parlatılmalıdır. Çalışma yüzeylerinin toplam ısı yayımı en az 0.8 olmalıdır. Plaka boyutları en az ısı-akış ölçerindeki gibi olmalıdır. Plakaların yüzeylerine birkaç yiv açılarak sıcaklık ölçümü için termokupullar yerleştirilir.

Her plakanın sıcaklığını istenilen seviyede tutacak bir alet vardır. Örneğin ısıtılmış ve soğutulmuş sıvının plakalarda sirkülasyonu veya soğutma ve elektrik ısıtmasının kombinasyonu ile istenilen kontrol derecesine ulaşılır.

b) Isı-akış ölçer:

Bu cihaz düz paralel yüzeylere olan, yuvarlak veya kare destek içine oturtulmuş boyutları 100 mm'den küçük olmayan yuvarlak veya kare termopilden oluşmuştur.

Termopil: Termopil boyutları ısı-akış ölçer boyutlarının yarısına eşit olmalıdır. Termopil desteğinin malzemesi homojen, nem kapmayan ve deney şartlarında termal olarak kararlı olmalıdır. Isı akış-ölçerin yüzeyleri boyalı olmalı (siyah mat boya) veya çalışma sıcaklığında ısı yayma en az 0.8 olacak şekilde işlem görmelidir. Isı akış ölçerinden bir elektromotor kuvvet elde edilir ki bunun da 0.5 mV'dan az olmaması gerekir.

c) Sıcaklık ölçme düzeni:

Sıcaklıklar soğuk ve sıcak yüzeylerden buralara yerleştirilmiş termokupullar vasıtasıyla ölçülür. Kurulan cihazın çevresi deney sırasında $T \pm 5^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında tutulmalıdır. Bu odaya sabit sıcaklık odası denir. T $^\circ\text{C}$ olarak aşağıdaki bağıntıya uygun olmalıdır.

$$T = T_h + T_c / 2$$

T_h : Sıcak yüzey sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

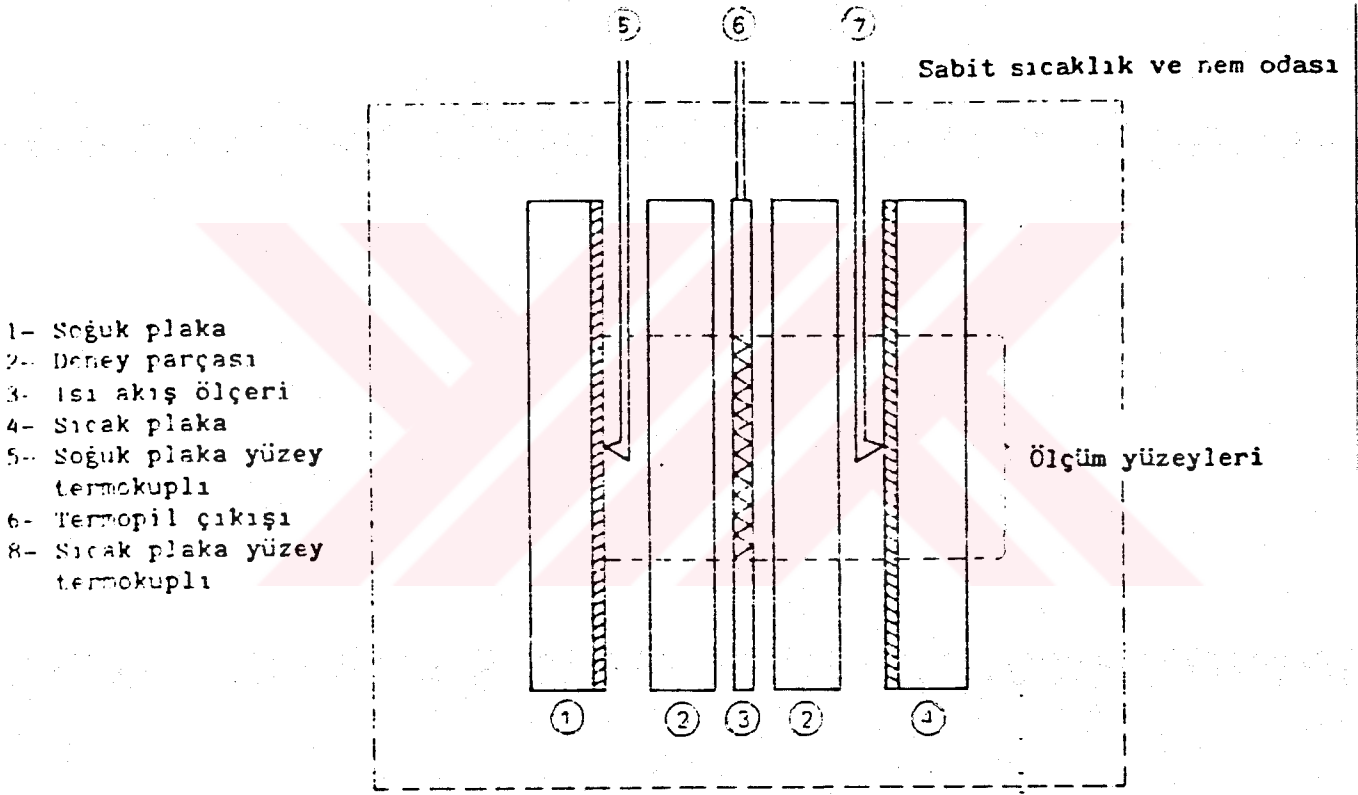
T_c : Soğuk yüzey sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

Sabit sıcaklık odasındaki ikinci önemli bir parametre ise bağıl nemdir. Havadaki bağıl nem deney sırasında soğuk plaka üzerinde yoğuşma olmayacağı oranda olmalıdır. Bu nedenle soğuk plaka yüzeyinin havanın çığ noktasının 5°C üstünde olması gerekir.

Bir çift numunenin L kalınlığı ısı-akış ölçerinin boyutunun %25'inden daha büyük olmalıdır. Minimum kalınlık L_{min} , mm olarak müsaade edilen maksimum ısı iletkenlik kuvvetine (λ) bağlı olmak üzere aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$L_{min} = 10^3 \lambda / 2.5$$

S metodu için bir çift numunenin minimum kalınlığı 15 mm'dir.



Şekil 3.2. Numuneler ile ısı-akış ölçerinin (S metodu) cihazı (stand 6240 syf 4 12cm)

B) Deneyin Yapılışı

Numuneler TS 720'ye göre kondisyonlanır. Benzer şekilde eşit kalınlık ve yoğunluktaki bir çift numune, deneye tabi tutulan gözenekli malzemeden kesilir ve sıcak ve soğuk plakalar arasına ve ısı akış ölçerinin her iki tarafına yerleştirilir. Bu numunelere sabit en üst ve en alt sıcaklıklardaki iki izotermal yüzeyden elde edilen ısı akışı uygulanır. Sisteme ısı enerjisi verildiğinde yüzey sıcaklıklarında artış görünecektir. Daha sonra iki

numune arasına daldırılan ısı-akış ölçerinden elektromotor kuvvet (E) elde edilir. 10 dakika aralıklarla yapılan üç ölçümden elde edilen sıcak yüzey sıcaklığı (Th) ile soğuk yüzey sıcaklığı (Tc) arasındaki fark ve elektromotor kuvveti (E) ortalama değerinden en fazla %1 sapma yapmadığı durumda kararlı hale erişilmiş yani sistem rejim haline gelmiştir. Gözenekli malzemenin ısı iletkenliği bu elektromotor kuvvet değerinden, numunelerin toplam kalınlığından ve yüzey sıcaklıklarından hesaplanır.

C.) Hesaplamalar Ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Cihaz kalibrasyon sabiti tespiti.

Kararlı halde ortalama sıcaklık T'deki cihazın kalibrasyon sabiti C_T kcal/m²μV olarak aşağıda verilmiştir.

$$C_T = \frac{\lambda_T \times \Delta T}{L \times E_T}$$

λ_T : Standart deney parçası çiftinin T ortalama sıcaklığında görünür ısı iletkenliği
W/mK

ΔT : Sıcak ve soğuk plakaların (Th-Tc) sıcaklık farkı (°C)

L : İki numunenin toplam kalınlığı (m)

E_T : Isı akış ölçülerinin T ortalama sıcaklığında ürettiği elektromotor kuvvet (μV)

T : Ortalama deney sıcaklığı (°C,K) dir.

Numunelerin ortalama deney sıcaklığı T'de görünür ısı iletkenliği λ kcal/mh°C, W/mK olarak aşağıdaki formülle verilir.

$$\lambda = \frac{C_T \cdot L \cdot E_T}{\Delta T}$$

3.2. AÇIK VE KAPALI GÖZENEKLERİNİN HACİM YÜZDESİ TAYİNİ DENEYİ (TS 4202)

Bu standart ; gözenekli sert plastiklerde açık ve kapalı gözeneklerin hacim yüzdesinin tayininde kullanılır. Açık gözeneklerin görünür hacim yüzdesi deney parçasının geometrik hacim - hava girmez hacim farkının , hava girmez hacim içinde yüzdesidir. W_r ile temsil edilir. Açık gözeneklerin görünür hacim yüzdesi , deney

parçasının kesilmesi sırasında açılan gözeneklerin hacminide içerir ve deney konusu gözenekli plastiğin tipine ve deney parçasının yüzey / hacim oranına bağımlılık gösterir.

Açık gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdesi; (W_0)

Açık gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdesi, açık gözeneklerin görünür hacim yüzdesinin (W_r), deney parçalarının hazırlanması sırasında kesilerek açılan yüzey gözeneklerini de göz önünde bulunuracak şekilde düzeltilmiş değeridir.

Kapalı gözeneklerin Düzeltilmiş Hacim yüzdesi; (γ_0)

Kapalı gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdesi, açık gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdesinden (W_0) geriye kalan yüzde ($100 - W_0$) olup gözenek çeperlerinin hacminide içerir.

Genel Kurallar

Geometrik yüzey / hacim oranları farklı olan deney parçalarının yüzey alanları (S) ve geometrik hacimleri (V_s) bulunur.

Deney parçalarının hava girmez hacimleri (V_i);

a) basınç değişimi (piknometre)

b) hacim genişlemesi

metodlarından biriyle, Boyle-Mariotte yasasının şekli bozulmaz bir odacık içinde tutulan bir gaza, önce deney parçası olmadan, sonra da deney parçasının varlığında uygulanması esasına dayanılarak tayin edilir.

Açık gözeneklerin görünür hacim yüzdesi hesaplanır;

$W_r = f (r)$ grafiğe geçirilir ve $r = 0$ 'da ekstrapole edilir. Daha sonra açık ve kapalı gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdeleri (W_0 ve γ_0) bulunur.

A) Numunelerin Hazırlanması

Her numuneden, her biri dikdörtgen prizma şeklinde üç adet deney parçası (Şekil 3.3.) içeren en az üç deney parçası takımı hazırlanır. Her takımda yer alan deney parçaları r_1 , r_2 , r_3 olarak adlandırılır.

Deney parçaları, başlangıçtaki hücre yapısındaki bozulma en az düzeyde olacak şekilde ince bir testere ile kesilerek ve gerektiğinde makina ile işlenerek hazırlanmalı, üzerinde toz, boşluklar ve kalıplama izleri bulunmamalıdır.

Deney parçalarının hazırlanmasında sıcal tel ile kesme işlemi kullanılmamalıdır. Deney parçalarının boyutları hava girmez hacmin ölçümünde kullanılacak metoda göre belirlenmelidir. Deney parçaları başlangıç boyutları aşağıda belirtilen değerler uygun olacak şekilde kesilmelidir.

Metod 1 = basınç değişimi (piknometre)

Uzunluk = 40 mm

Genişlik = 30 mm

Kalınlık = 20 mm

Metod 2 = hacim genişlemesi

Uzunluk = 100 mm

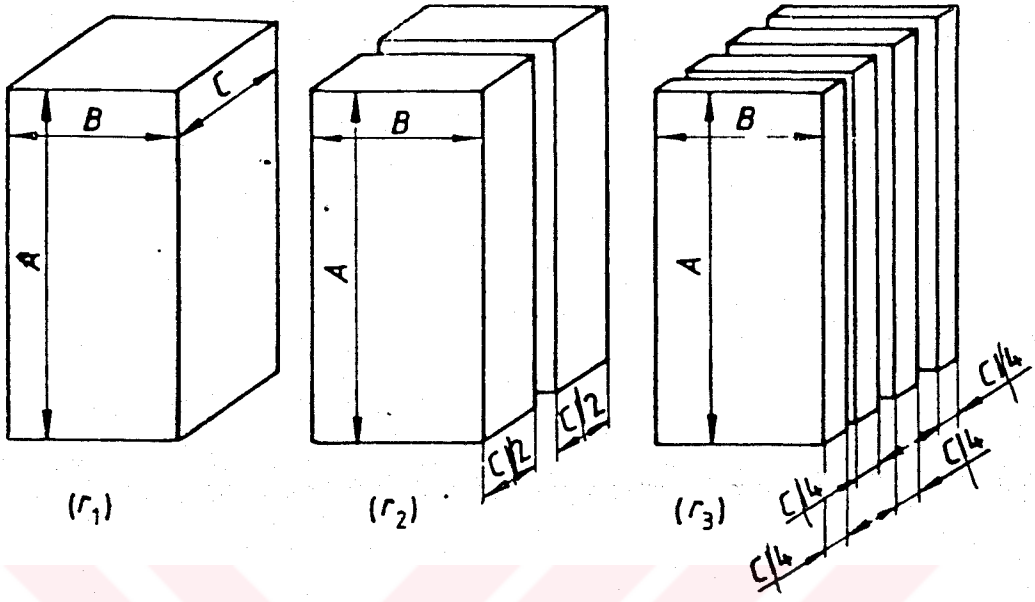
Genişlik = 30 mm

Kalınlık = 30 mm

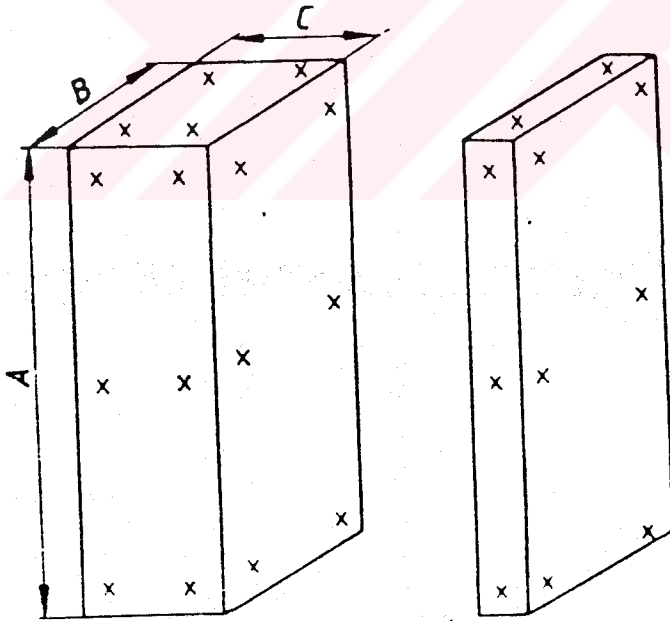
Her deney parçası takımında r_2 ve r_3 olarak adlandırılan deney parçaları şekil 3.3. 'de gösterildiği gibi deneyler için gerekli yüzey / hacim oranı aralığını sağlamak üzere sıra ile 2 ve 4 eşit parçaya kesilerek bölünür.

Deney parçaları, deneylere başlamadan önce en az 16 s süre ile $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 30 \pm \% 5$ bağıl nem koşullarında kondisyonlanmış olmalıdır. Deneylerin $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve öncelikle kontrol edilebilen orta bir nemlilik düzeyinde yapılması önemlidir (Örneğin : $\% 50 \pm \% 5$ bağıl nem).

Her deney parçasının doğrusal boyutları TS 1856 'da belirtildiği gibi ve 0.05 mm duyarlılıkla belirlenir. Deney parçaları r_1 (bir prizma), r_2 (iki prizma) ve r_3 (dört prizma) için ortalama doğrusal boyutlar yüzey alanı (S) ve geometrik hacim (Vg), her işlem basamağında anlamlı sayı basamağı korunarak hesaplanır. Yüzey alanı (S) ve geometrik hacim (Vg) için bulunan değerler sırası ile en yakın 0.01 cm^2 ve 0.01 cm^3 'e yuvarlatılır.



Şekil 3.3. Deneş Numunelerinin Bölünme Düzeni



Şekil 3.4. Ölçüm Noktalarının Yerleri

3.2.1. Hava Girmez Hacmin (V_i) Hacim Genişlemesi ile Tayin Metodu

Genel Kurallar:Boyle - Mariotte yasasına göre kapalı bir yerde tutulan gazın hacminin artması basıncının orantılı olarak düşmesine neden olur. Odacık hacmi, deney parçası varlığında ve deney parçası bulunmadan eşit olarak artırıldığında, boş odacık için basınç düşmesi daha az olacaktır. Bu metotta önceden standart hacimleri kalibre edilen görelî basınç düşmesi dış ortama bir manometrenin skala değerlerindeki farklılığa dayanılarak tayin edilir.Açık gözeneklerin yüzdesi arttıkça bu metodla ölçülen hava girmez hacmin değeri daha küçük olur.

A) Test Cihazı

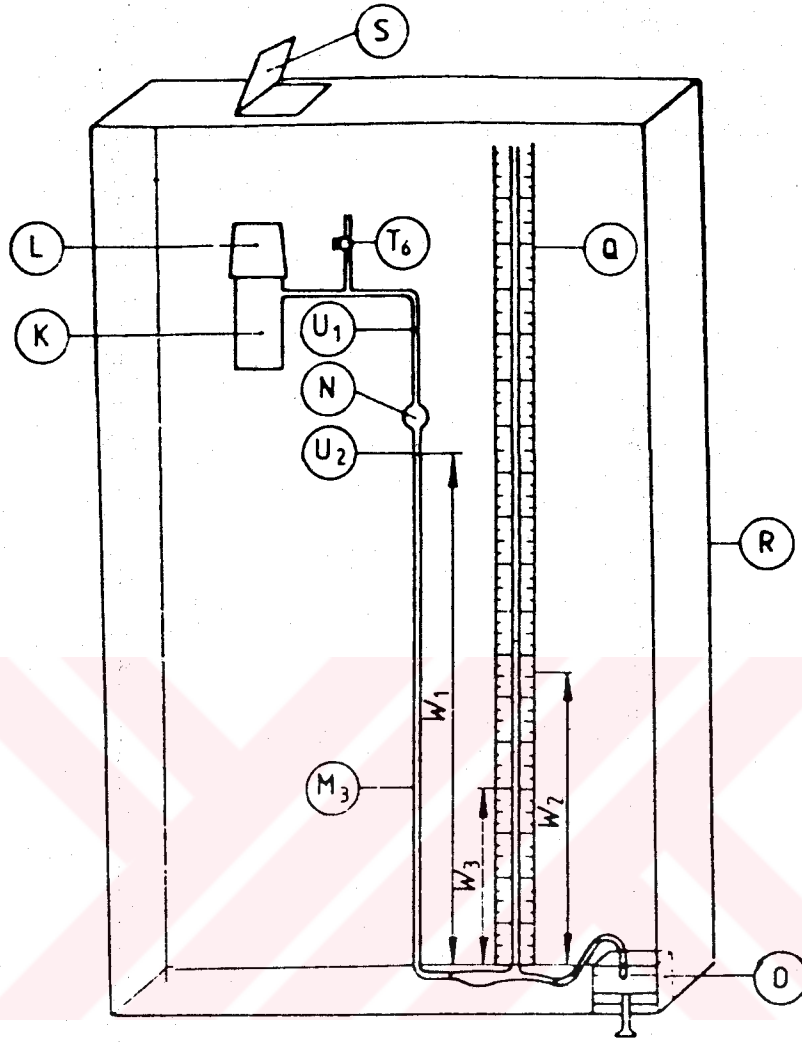
Cihazcam boru donanımlı bir manometre düzeneğinden oluşur (Şekil 3.5.) Deney parçası odacığı (K), vakum presi kullanılarak yerine oturtturulurken deney odacığının hava sızdırmazlığını sağlayacak şekilde taşlanmış cam bir kapak ile donatılmıştır. Odacık (K),bir genişleme balonu (N) ile birkaç damla yüzey aktif madde ve renklendirici katılmış su içeren bir manometreye (M_3) bağlıdır. Manometre içindeki sıvı düzey depo (O) ile ayarlanır (Bu da bir şırınga ile kontrol edilebilir). Odacık (K) içindeki gaz, vana (T_6) kullanılarak deney sırasındaki ortam basıncına getirilir. Milimetre bölüntülü bir skala (Q) manometrenin açık kolona takılıdır.

Ortam sıcaklığındaki oynamalardan kaynaklacak hatalardan kaçınmak amacıyla tüm cihaz, önce camı saydam olan ve ayrıca, deney parçalarının odacık içine yerleştirilebilmeleri için bir kapak (S) ile donatılmış ve içinde hava dolaşımı almayan bir muhafaza içine yerleştirilmiştir.

- (a) Odacığın(K) hacmi(V_k) ile cam boru donanımının U_1 işaretine kadar hacmi: 310 cm^3
- (b) U_1 ve U_2 işaretleri arasında kalan genişleme balonunu hacmi $V_N : 10.5 \text{ cm}^3$
- (c) U_2 işaretinin manometrenin dip noktası üzerinden yüksekliği : en az 650 mm
- (d) Cam boru donanımının en düşük iç çapı 10 mm

Cihazının Kalibrasyonu

Kalibrasyon için 150 cm^3 'e kadar olan ve 0.1 cm^3 duyarlıklığı bilinen 6 adet kalibre edilmiş standart hacim (Örneğin : pirinç silindirler kullanılır. Vana (T_6) açık tutularak manometre (M_3) 'deki sıvı düzeyi U_2 işaretine ayarlanır ve manometrenin açık kolundaki düzey 1 mm yaklaşımla kaydedilir.



K: Deney Parçası Odacığı

L: Sızdırmaz Kapak

M₃: Manometre

N: Genleşme Balonu

O: Depo

Q: Skala

S:Kapak

T₆: Vana

U₁, U₂: İşaret Çizgileri

W₁, W₂, W₃: Sıvı Düzeyleri

R :Hava Dolaşimsız Muhafaza

Şekil 3.5. Hacim Genleşmesi Metodu İle Hava Girmez Hacmin Tayininde Kullanılan Cihazın Şematik Gösterilişi

Sıvı düzeyi U_1 işaretine yükseltilir. Vana (T_6) kapatılır. Odacığın (K) hacmi U_1 'e kadar olan boru donanımı dahil olmak üzere V_k ; 0 andaki ortam basıncı ise Port olarak adlandırılır.

Kapalı manometre kolundaki δV_k lık bir genişlemeye karşılık olan U_2 işaretine erişinceye kadar her iki sıvı düzeyi de depodan sıvı çekilerek düşürülür. Bu işlem sıvı düzeyi U_1 işaretinden U_2 işaretine $60 s \pm 1 s$ 'de gelecek şekilde kontrol edilerek yapılır. Genleşme balonun iç yüzündeki sıvının manometre sıvısı ile birleşmesi için sıvı düzeyi U_2 ' de sabit tutularak $30 s \pm 1 s$ beklenir. Bu sürenin sonunda manometrenin açık kolundaki sıvı düzeyi okunur ve en yakın mm'ye yuvarlatılır. Daha sonra vana (T_6) yavaşça açılır, sıvı U_1 işaretine getirilir ve daha önce anlatılan işlemler, birbirine eşit ve mm' ye yuvarlatılmış iki değer elde edilene kadar yinelenir.

Kapak (L) çıkartılır. Odacık (K) içine kalibre edilmiş bilinen bir standart hacim (V_c) yerleştirilir ve kapak yeniden takılır.

$$R = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_2}$$

oranı hesaplanır.

Burada;

W_1 = Başlangıçtaki manometre değeri

W_2, W_3 = Sırasıyla kalibre edilmiş standart hacim olduğunda ve standart hacim olmadan deney odacığı (K)' nın genişlemesinden sonra elde edilen manometre değerleridir.

Kalibre edilmiş hacim standardının yerine deney parçası kullanılarak daha önce yapılan işlemler sırasıyla izlenir.

B)Hesaplama

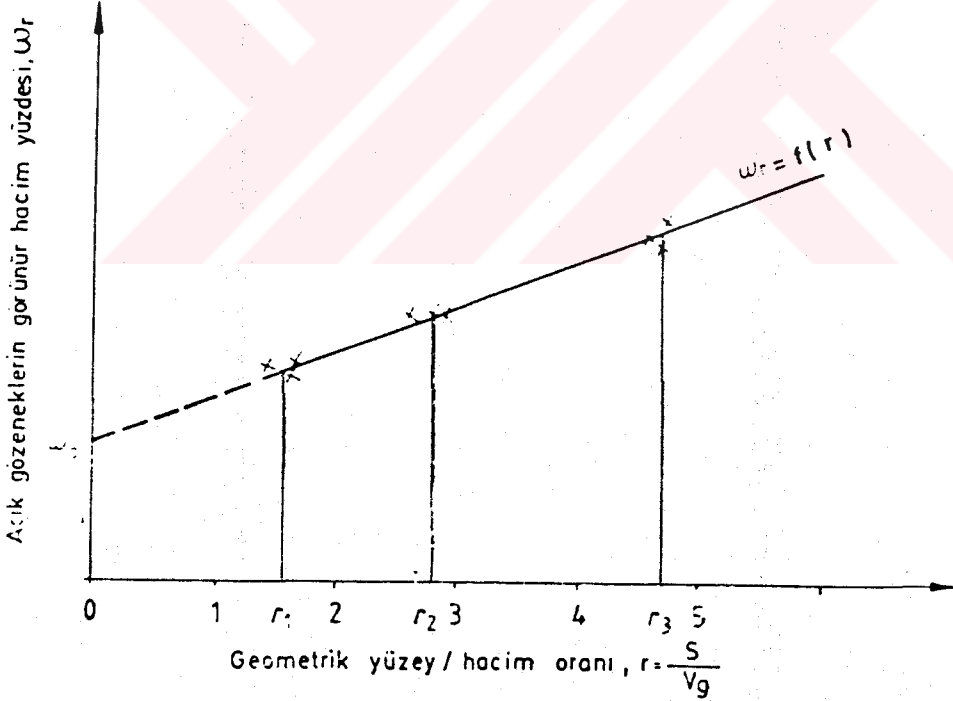
$$R = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_2}$$

oranı deney parçası için hesaplanır ve kalibrasyon grafiğinden karşılık olan hava girmez hacim (V_i) okunur.

Kesme Sırasında Açılan Yüzey Gözenekleri İçin Düzeltme Yapılması

Deney parçalarının, değişik $r = s / V_g$ değerlerine karşılık olan görünür açık gözenek hacim yüzdeleri tayin edilir. Bunun için r ' nin üç değerinden her biri için en az 3 deney parçası kullanılır (r_1 için bir prizma, r_2 için iki prizma r_3 için dört prizma). Bu değerler $W_r = f (r)$ doğrusunun çizilmesi ve W_0 değerini elde etmek üzere $r = 0a$ ekstrapolasyonu için kullanılır.

$W_r = f (r)$ doğrusuna bir örnek şekil 3.6. 'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Deney Parçalarının Hazırlanması Sırasında Açılan Düzeltme Faktörü Grafiği

Elde edilen doğru ordinatı başlangıç noktasından daha aşağıda keserse aygıtın iyi çalışmadığı veya deney işlemlerinin doğru yapılmadığı anlaşılır.

C) Sonuçların Gösterilmesi

Açık Gözeneklerin Görünür Hacim Yüzdesi

Deney parçalarının açık gözeneklerinin görünür hacim yüzdesi (W_r) aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$W_r = \frac{V_g - V_i}{V_g} \times 100$$

Burada;

V_g = deney parçalarının hesaplanan geometrik hacmi, cm^3

V_i = deney parçalarının basınç değişimi (piknometre) metodu veya hacim genişlemesi metodu ile hesaplanan hava girmez hacmi, cm^3 dür.

Açık Gözeneklerin Düzeltilmiş Hacim Yüzdesi

$W_r = f (r)$ eğrisi grafiğe geçirilir ve $r = 0$ 'da ekstrapole edilerek açık gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdesi (W_0) tayin edilir.

Kapalı Gözeneklerin Düzeltilmiş Hacim Yüzdesi

Kapalı gözenekleri düzeltilmiş hacim yüzdesi (γ_0) aşağıdaki bağıntı

$$\gamma_0 = 100 - W_0$$

3.3.SU BUHARI GEÇİRGENLİK TAYİNİ DENEYİ (TS 1971)

Bir maddenin bir tabakasının su buharı geçirgenliği belirlenen sıcaklık, bağıl nem ve kalınlık koşullarında her 24 saatte bir metrekaresinin geçirdiği gram su buharı kütlesidir. Birim [$g/(m^2.24h)$] olarak ifade edilir.

Bu standart belli koşullardaki ortamlarda tutulan sert köpük plastiklerinden geçen su buharı geçiş hızının tespitinde uygulanacak metodu içerir. Bu koşulları iki şekilde alabiliriz.

1. 38°C sıcaklık ve %0-%88.5 bağıl nem
2. 23°C sıcaklık ve %0-%85 bağıl nem

Deney sonuçları ancak aynı sıcaklık ve aynı bağıl nem koşullarında ve numunenin aynı kalınlıkta olduğu durumlarda karşılaştırılabilir.

A) Test Cihazları

1. Beherler: 250 ml'lik, kalsiyum klorürden etkilenmeyen cam veya metalden yapılmış, iç çapı yaklaşık olarak 65 mm ve mumla kapatmak için ağzı hafif dışa kıvrık olan beherler kullanılmalıdır.

2. Ölçme Düzenleri: 0.5 mm doğrulukla doğrusal boyutları ölçebilen şekilde olmalıdır.

3. Dairesel Metal Kalıp: Çapı 65 ± 0.1 mm

4. Küçük Tabak: Mum eritmek için.

5. Terazi: Beherleri ± 1 mg doğrulukla tartabilen terazi olmalıdır.

6. Sabit Sıcaklık Ortamı: İçerisinde en az beş beher bulunan bir desikatörün yerleşebileceği büyüklükte ve $38 \pm 1^\circ\text{C}$ veya $23 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta fırın veya benzeri bir ortam olmalıdır.

Gerekli deney koşullarını sağlayabilen sıcaklık ve bağıl nemin gözlendiği bir dolap da olabilir.

7. Plastikleştirilmiş Parafin Mumu: İçerisinde %90 mikrokristal mum ve %10, 23°C'da %85 ve bağıl nem ve 38°C'da %88.5 bağıl nemden etkilenmeyen bir plastikleştirici, örneğin; düşük molekül ağırlıklı poliisobütülen olabilir.

8. Kalsiyum klorür, susuz, granüle.

9. Kap: Örneğin desikatör, içerisinde gerekli oranda bağıl nemi sağlayabilen ek özelliklere sahip.

Bu desikatör, içerisine deney parçaları ile birlikte en az beş beher alabilmeli, değişmez sıcaklıkta bir ortam içerisinde bulunmalıdır.

10. Çözeltiler:

38°C'da, bağıl nem oranı %0-%88.5 olan deney koşulları için: 38°C'da aşırı oranda, çözünmemiş potasyum nitrat içeren bir doymuş potasyum nitrat çözeltisi deney parçası ile beher arasında etkin bir sızdırmazlık sağlanabilmesi için deney parçası çevresinin parafin ile mumlanması gerekir.

Beher, ağzına deney parçası yerleştirilmeden önce ısıtılmalıdır.

23°C'da bağıl nem oranı %0-%85 olan deney koşulları için: 23°C'da aşırı oranda, çözünmemiş potasyum klorür içeren bir doymuş potasyum klorür çözeltisi.

B) Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numunesi, maddeyi temsil etmeli homojen bir yapıda olmalıdır. Deney parçaları üzerinde herhangi bir kalıplama sonucunda oluşan kabuk giderilmeli, yüzey, esas yapı bozulmayacak biçimde kesilmelidir.

Deney numuneleri yüksekliği 25 ± 0.5 mm ve kesit çapı, kullanılan beherin tabanını tüm kaplayacak büyüklükte, silindirik bir biçimde olmalıdır. En az beş deney parçası üzerinde deney yapılmalıdır.

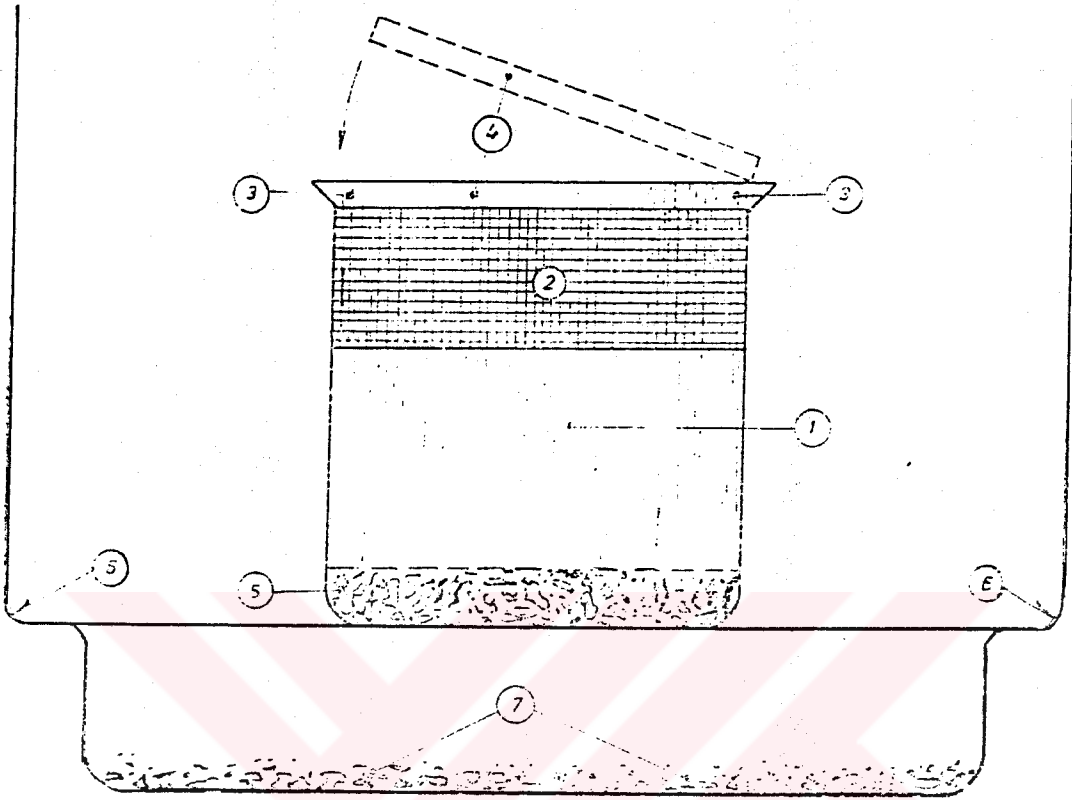
Deney parçaları TS 720'ye göre kondisyonlanmalıdır.

C) Deneyin Yapılışı

Herbir beher içerisine yaklaşık olarak 25 g susuz kalsiyum klorür konulup deney numunesi, üst yüzü beher ağzının hemen altında olacak şekilde sıkıca yerleştirilmelidir.

Metal kalıp deney parçasının üst yüzeyi ortasına yerleştirilir, deney parçası ve beher çeperi arasında tam bir sızdırmazlık sağlamak ve deney parçası üst yüzeyinde uygun bir açıklık sağlamak üzere deney parçası etrafı ile beher arasına sıvı parafin mum dökülerek tümüyle kapatılır. Parafin mum doldurulduktan sonra, kalıp dikkatle kaldırılır. Şekil 3.7. deney parçasının beher içerisine yerleştirilmesini göstermektedir.

38°C'da ve bağıl nem oranı %0-%88.5 olan ortamda en az beş beher içerisine uygun şekilde yerleştirilmiş deney parçası ile tartılır ve doymuş potasyum nitrat çözeltisi içeren bir desikatörde saklanır. Desikatör, beherlerle birlikte sıcaklığın 38 ± 1 °C'da tutulduğu, değişmez sıcaklık ortamında 24 saat bekletilir. Beş beher istenilen deney koşullarında tutulan sıcaklık ve nem kontrollü bir dolapta da saklanabilir.



1. Beher
2. Deney Parçası
3. Parafin Mum
4. Kalıp
5. Kalsiyum Klorür
6. Desikatör
7. Potasyum Nitrat veya Potasyum Klorür Çözeltisi

Şekil 3.7. Buhar Geçiş Hızı Tayini Deney Düzenegi

Herbir beher hemen ortamdan alınır, oda sıcaklığına getirilir ve 1 mg doğrulukla tartılarak tekrar değişmez sıcaklıklı ortama konular ve 24 saat bekletilir. İşlemler sırasında gereksiz kesintilerden kaçınılmalıdır. Birbirini izleyen iki 24 saatlik süre sonunda ağırlık değişmesi %2 veya daha az ise deney sonuçlanmış olur.

23°C'da ve %0-%85 bağıl nemde desikatör, doymuş bir potasyum klorür çözeltisi içermek üzere, yukarıda belirtilen işlem uygulanır. Ölçümler en çok [300g/(m².24h)] buhar hızına kadar yapılmalıdır.

D) Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Herbir deney parçası için su buharı geçiş hızı (BGH), aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$BGH_{(38)} = M/A \times 10^4 \text{ veya}$$

$$BGH_{(23)} = M/A \times 10^4$$

Burada;

M = Birbirini izleyen iki 24 saat sonunda beher ve içerdiği madde ağırlığı, g

A = Deney parçasının, parafin mum dışında kalan kısmının 0.1cm² doğrulukla ölçülmüş alanı, cm²

$$BGH_{(38)} = 38^\circ\text{C}'da \text{ su buharı geçiş hızı, g/(m}^2 \cdot 24\text{h)}$$

$$BGH_{(23)} = 23^\circ\text{C}'da \text{ su buharı geçiş hızı, g/(m}^2 \cdot 24\text{h)} \text{ dır.}$$

Su buharı geçirgenlik hızı 1 g/(m².24h) doğrulukla ifade edilir.

BGH sı 300 g/(m².24h) olan deney numuneleri için, sonuç >300 g/(m².24h) olarak gösterilir.

3.4.SU ADSORPSİYONU TAYİNİ DENEYİ (TS 4502)

Bu standart,sert gözenekli plastiklerin su adsorpsiyonu tayininde kullanılan bir metoda ait bilgileri içermiş olup gerekli olan malzeme cihazlar ile hesap metodu aşağıda belirtilmiştir.Bu standartta verilen metot kalite kontrol amaçları içindir.

Su adsorpsiyonu, hacim yüzdesi veya birim yüzey alana düşen hacim olarak belirtilebilir. Bu değişik değerlerin önemi hem plastik maddeye ve hem de plastik maddenin son kullanım alanına bağlıdır. Bu nedenle deney sonuçlarının her iki şekilde de belirtilmesi uygun olur.Bir maddenin tüm su adsorplama özelliklerinin tayini istendiğinde deneyler değişik daldırma süreleri ile tekrarlanarak zamana karşı adsorpsiyon grafiği çizilir.

Deney numunesinin 50 mm su basıncı altında 7 gün süre ile damıtık suya daldırılması sonucunda yukarı kaldırma kuvvetinde meydana gelen değişikliğin ölçülmesi ile su adsorpsiyonu tayinidir. Numune hacminde meydana gelebilecek herhangi bir değişikliği ve de numunenin kesik yüzey gözeneklerindeki su hacmini karşılayacak düzeltmeler standartta gösterilmiştir.

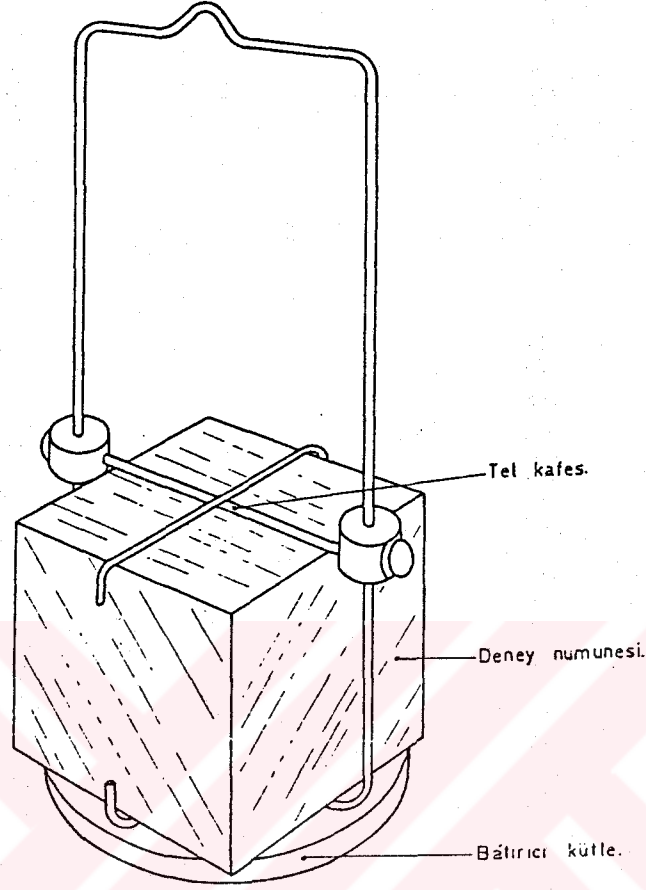
A)Test Cihazları

- 1- Terazi, 0.01 g doğrulukla tartabilen.
- 2- Tel örgü kafes, damıtık sudan etkilenmeyen ve numuneleri alacak büyüklükte, paslanmaz çelikten yapılmış. Deney numunelerinin yukarı kaldırma kuvvetini karşılayabilecek yaklaşık 125 kg'lık bir bastırıcı kütle kafesin baplanmış olmalı ve kafes, kendisini askıda tutabilecek bir düzenek ile teraziye oturtulmalıdır.
- 3- Silindirik kap, yaklaşık 3 litre hacminde, 120 mm çapında ve 240 mm yükseklikte olmalı .
- 4- Taksimatlı kap, en az 150 ml hacminde, içindeki su hacminin ± 0.5 ml doğrulukla ölçülebilmesine uygun olmalı.
- 5- Havası kaynatılarak giderilmiş olan damıtık su.
- 6- Plastik film, geçirgenliği düşük olan, polietilen gibi .

B)Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri kenarları $50 \pm 0,5$ mm ve yüzeyleri arasındaki paralellik toleransı %1 olan küpler şeklinde hazırlanmalıdır. Sağlanan plastik maddenin kalınlığı 50 mm'den az olduğunda, kalınlığı 15 mm'den az olmamak şartıyla daha ince numuneler kullanılabilir. Kalınlık deney raporunda belirtilmelidir.

Numuneler kalıplama kalıntılarından arındırılır, yüzeyleri maddenin başlangıç yapısı değiştirilmeksizin mekanik testere ile kesilir, gerektiğinde işlenir ve tozlar giderilir. Numuneler en az 12 saat arayla birbiri ardına yapılacak tartım sonucu, bu tartımların ortalama değerinden %1'den fazla sapma göstermeyinceye kadar oda sıcaklığında bir



Şekil 3.8. Tel Kafese Yerleştirilmiş Deney Numunesi

desikatörde kurutulur. Numuneler, TS 720'de belirtilen standart atmosfer şartlarından herhangi birine göre kondisyonlanır.

Deneylerde en az 3 deney numunesi kullanılmalıdır.

C) Deneyin Yapılışı:

Deneyler sıcaklığı TS 720'ye uygun olarak korunan bir odada yapılmalıdır. Silindirik kap, oda sıcaklığında bulunan havası giderilmiş damıtık su ile doldurulur. Numune, 0,01 g doğrulukla tartılır (kütle m_1). Suyu daldırılmadan önce numunenin boyutları TS 1856'ya uygun olarak ölçülür. Tel kafes düzeneği suya daldırılır, yüzeyleri üzerinde hava kabarcıkları giderilir, teraziyi tutturulur ve görünür kütle (m_2) 0,01 g

doğrulukla tartılır. Daha sonra , numune kafese yerleştirilir, kafes, suyun yüzeyi ve numunenin tabanı arasındaki uzaklık yaklaşık 100 mm olacak şekilde yeniden suya daldırılır. Numune üzerindeki görünür hava kabarcıkları bir fırça yardımıyla veya karıştırma yoluyla giderilir.

7 gün sonra veya önceden karşılaştırılmış daldırma süresi sonunda numuneyi içeren daldırılmış kafesin görünür kütlesi (m_3) 0,01 doğrulukla tartılır. Tartımlar arasında, silindirik kap geçirgenliği düşük olan bir plastik film ile örtülmelidir. Numunenin, daldırma süresi sonunda, düzensiz şekil bozukluğu göstermemesi halinde işlem aşağıdaki belirtildiği şekilde sürdürülür.

Numune sudan çıkarılır ve boyutları yeniden ölçülür. Numunenin düzenli şişmesi için düzeltme, S_0 , aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$S_0 = \frac{V_1 - V_0}{V_0}$$

Burada ;

V_0 = Numunenin başlangıç hacmi, ml,

$$V_1 = \frac{d_1 l_1 b_1}{1000} = \text{Numunenin son hacmi, ml,}$$

d_1 = Numunenin daldırmadan sonraki kalınlığı, mm,

l_1 = Numunenin daldırmadan sonraki uzunluğu, mm,

b_1 = Numunenin daldırmadan sonraki genişliği, mm, dir.

Kesik yüzey gözeneklerindeki su hacmi düzeltilmesi için aşağıdaki işlem uygulanır.

TS 4202 'de belirtilmiş kullanılarak, su adsorplayan numuneler aynı başlangıç noktasından elde edilen en az üç numune için açık gözeneklerin yüzdesi, yüzeyin / hacmine oranının bir fonksiyonu olarak tayin edilir. Bu hacime grafikten kesik yüzey gözenekleri için düzeltme faktörü 'C' aşağıdaki açıklandığı gibi hesaplanır:

1. Yüzeyin hacmine oranının sıfıra eşit olduğu noktada açık gözenek gözdesi, O_1 , grafikten okunur.
2. Su adsorplayan numunenin yüzey / hacim oranı, A / V , için açık gözenek yüzdesi, O_2 , grafikten okunur.
3. Düzeltme faktörü, 'C', aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$C = \frac{O_2 - O_1}{100}$$

Numunenin düzensiz şekil bozukluğu göstermesi halinde işlem aşağıda belirtildiği şekilde sürdürülür.

Taşkanlı bir silindirik kap, taşkandan su akıncıya kadar su ile doldurulur. Su düzeyi dengeli hale geldiğinde taşkanın altına taksimatlı bir kap yerleştirilir. Numune ve tel kafes, taşkanlı kaba özenle daldırılır ve çıkan su hacmi V_2 , hesaplanır. Bu işlem, kafesin hacmi V_3 , tesbit etmek için boş kafes kullanılarak tekrarlanır. Bileşik şişme ve düzeltme faktörü, S_1 , aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$S_1 = \frac{V_2 - V_3 - V_0}{V_0}$$

Burada,

V_0 = Numunenin belirtildiği şekilde elde olunan başlangıç hacmi, ml' dir.

D) Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Numunenin başlangıç hacmi, V_0 ml cinsinden aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$V_0 = \frac{d_0 l_0 b_0}{1000}$$

Burada,

d_0 = Numunenin başlangıç kalınlığı, mm,

l_0 = Numunenin başlangıç uzunluğu, mm,

b_0 = Numunenin başlangıç genişliği, mm,

Numunenin yüzey alanı, A, santimetre kare (cm^2) cinsinden aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$A = \frac{l_0 b_0 + l_0 d_0 + b_0 d_0}{50}$$

Numunenin su adsorpsiyonu (SA_v), hacim yüzdesi olarak aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır.

$$SA_v = \frac{m_3 - (m_1 + m_2)}{V_0} \times 100$$

Numunenin birim yüzey alana göre su adsorpsiyonu, SA_A , ml/m^2 cinsinden aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır.

$$SA_A = \frac{m_3 - (m_1 + m_2)}{A} \times 10^4$$

3.5.GÖRÜNÜR YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ (TS 1975)

Bu standart, köpük maddelerin görünür yoğunluğunun tayininde uygulanan test metodunda izlenecek yolu gösterir. Bu metodun başlıca kullanım yeri esnek köpük maddeleridir.

Görünür yoğunluk, bir köpük maddenin birim hacminin verilen sıcaklık ve bağıl nem koşullarındaki havadaki ağırlığıdır.

A)Test Cihazları

1-Terazi, %0.5 veya 0.01 g doğrulukta tartabilen

2-Deney parçasının boyutlarını ölçmek için cihaz, TS 2011 'e uygun nitelikte

B) Numunelerin Hazırlanması

Deney parçaları, hacmi kolayca hesaplanabilecek bir biçimde ve maddenin köpük yapısını bozmayacak şekilde kesilmiş olmalıdır.

Deney parçasının hacmi en az 100 cm³ olmalı, numunenin biçimine ve kullanılan cihazın büyüklüğüne uygun olmak koşulu ile olabildiği kadar büyük hacimde deney parçası kullanılmalıdır. Deney parçasının kesildiği yer ve yüzeysel bir kirlilik olup olmadığı kaydedilmelidir. Kütük halindeki numunelerden kesilen deney parçalarının dış yüzey kabukları giderilmelidir.

Deneyler, üretimden en az 72 saat sonra yapılmalıdır. Deneyden önce, deney parçalarının çıkarılacağı numune en az 16 saat 23 ± 2 °C sıcaklıkta ve %50 ± 5 nisbi nemte veya 27 ± 2 °C sıcaklık ve %65 ± 5 nisbi nemte kondisyonlanmalıdır.

C) Deneyin Yapılışı

Deney parçaları kondisyonlandıktan sonra, boyutları TS 2011 de belirtilen yöntemle ölçülür. Her bir boyut için ölçülerek bulunan üç değer aritmetik ortalaması alınır ve numune hacminin hesabında bu ortalama değer kullanılır.

Deney parçası %0.5 doğrulukta tartılır ve ağırlığı g olarak kaydedilir.

D) Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Deney parçalarının görünür yoğunluğu, D, kg/m³ cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$D = \frac{m}{V} * 10^6$$

Burada;

m = Deney parçasının ağırlığı, g

V = Deney parçasını hacmi, mm³'dür.

2.6. YANMA ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ DENEYİ (TS 6999)

Gözenekli Plastik Ve Gözenekli Lastik Maddeler - Küçük Bir Aleve Maruz Bırakılan Küçük Numunelerin Yatay Yanma Özelliklerinin Laboratuar Değerlendirilmesi(TS6999) adlı standartta belirtilen metod ile test edilir.

Bu standart zayıf enerji kaynaklı bir ısıya maruz bırakılmış gözenekli plastik ve gözenekli lastik maddelerin küçük numunelerin bağıl yatay yanma özelliklerinin tespitini içermekte olup yatay yanma özelliklerinin basit bir şekilde ve kısa bir sürede değerlendirilmesi için tasarlanmıştır. Bu maddelerin ve bunlardan yapılan mamullerin hangi iklim şartlarında kullanıldığı hesaba katılmaz, bu tür maddelerin veya ürünlerin kullanıldığı işletme şartlarında göstermiş olduğu performans ile bu deney sonuçları arasında bir ilişki kurulamaz. Kalınlığı 5mm'den fazla olan malzemeler için yapılan bu deneyde çeşitli kalınlıktaki aynı malzeme deney sonuçları birbiri ile karıştırılmamalıdır. Yapılan deney sonuçları farklı maddelerin yatay yanma özelliklerinin karşılaştırılmasında, imalat işlemlerinin kontrolünde ve kullanım sırasında meydana gelebilecek değişikliklerin değerlendirilmesinde kullanılır. Yangın tehlikesi değerlendirilmesi yapılırken yakıt ikmali, yanma şiddeti, yanma ürünleri, yakıt kaynağının şiddeti, yanan maddenin konumu ve havalandırma şartları gibi çevre faktörleri de gerektiğinden deney sonuçları ile birlikte bu faktörler de göz önüne alınarak değerlendirme yapılmalıdır.

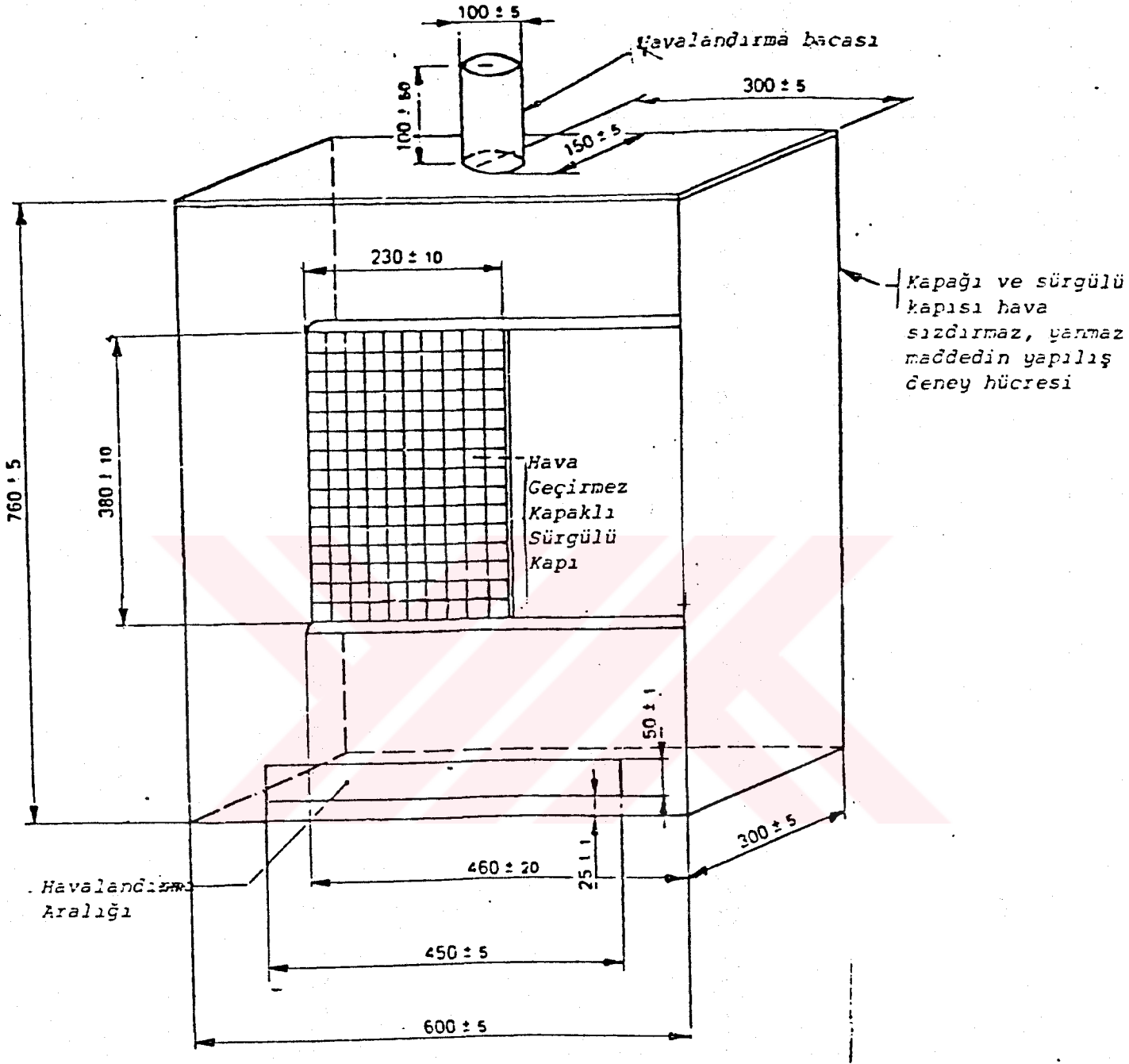
Yatay yanma özellikleri yoğunluk, gözenekli maddenin herhangi bir anizotropisi ve numunenin kalınlığı gibi faktörlerden etkilenir. Dolayısıyla deney numunelerinin homojen bir yapıda ve sabit kalınlıkta olması gerekir.

Bazı numuneler uygulanan alevden dolayı yanmayıp sadece büzülürler ki bu durum deneyin iptalini gerektirir. Tüm numunelerde aynı durum söz konusu ise bu durum görülen maddenin bu deney metodu ile değerlendirmeye uygun olmadıkları anlaşılır.

A) Test Cihazları

Deney hücresi yanmaz maddeden, örneğin çelik bir çerçevenin üzeri aspest ile kaplanarak yapılabilir. İçten içe uzunluğu 600 ± 5 mm, genişliği 300 ± 5 mm ve yüksekliği 760 ± 5 mm olmalıdır. Test cihazı Şekil.3.9.de görülen kısımlardan oluşur.

Deney hücresi üzerinde camdan pencere bulunan ön kapak deneyler arasındaki geçişi kolayca sağlayabilmek için gerektiğinde çıkabilmeli ve kapalı durumda iken bir conta ile hava sızdırmazlığını sağlamalıdır. Deney hücresi bir çeker ocak içerisine konulmalıdır. Yanma sırasında hava normal olmalı ancak deney hücresinde hava akımı olmamalıdır.



Şekil.3.9. Yanma Hızı Tespiti Deney Hücresi

Alev beki iç çap 9.5 ± 0.5 mm olan Şekil 3.10 'da görülen standart alevi sağlamak için gaz halinde hidrokarbon yakıtlar kullanılmalıdır. Bu alev bekin tepesinden itibaren 13 ± 1 mm yükseklikte, $1000 \pm 100^\circ\text{C}$ lik bir sıcaklıkta olmalıdır. Çapı 0.3 ± 0.1 mm olan bir bek vasıtasıyla yakılan en az %93 safıktaki propan istenilen alev yüksekliği ve

sıcaklığı şartlarını sağlar. Bu çaptaki bir bekten istenilen standart alevi sağlamak için gerekli propan basıncı 0.07 kgf/cm^2 (7 Kpa) den az olmamalıdır. Bek başlığı ağız açıklığının boyu içten içe $48 \pm 1 \text{ mm}$, eni ise içten içe $3.0 \pm 0.2 \text{ mm}$ olup beke geçirilmiş olmalıdır.

Tel ızgara 215 mm uzunluğunda 75 mm genişliğinde ve 13 mm 'lik bir ucu 90° meydana getirecek şekilde bükülmüş olmalı 0.8 mm çaplı paslanmaz çelik telden göz açıklığı 6.4 mm olacak şekilde imal edilmelidir. Deney odasının önünden, arkasından ve yanlarından eşit uzaklıkta olup deney odası tabanından $175 \pm 25 \text{ mm}$ yukarıdadır. Tel ızgaradan en az 4 adet bulunmalıdır.

Izgara desteği yumuşak çelikten şekil 3.10.da görüldüğü gibi imal edilmelidir. Izgara uzun eksenine yataya göre 1° kadar eğik olmalı ve deney hücresinin 600 mm 'lik boyutuna paralel olmalıdır, numunenin en alt ucu bek başlığından $13 \pm 1 \text{ mm}$ yukarıda olmalıdır. Beki deney parçasına göre uygun bir duruma getirmek için bir aparat gereklidir. Numunenin altında ve üstünde bir şey olmamalıdır.

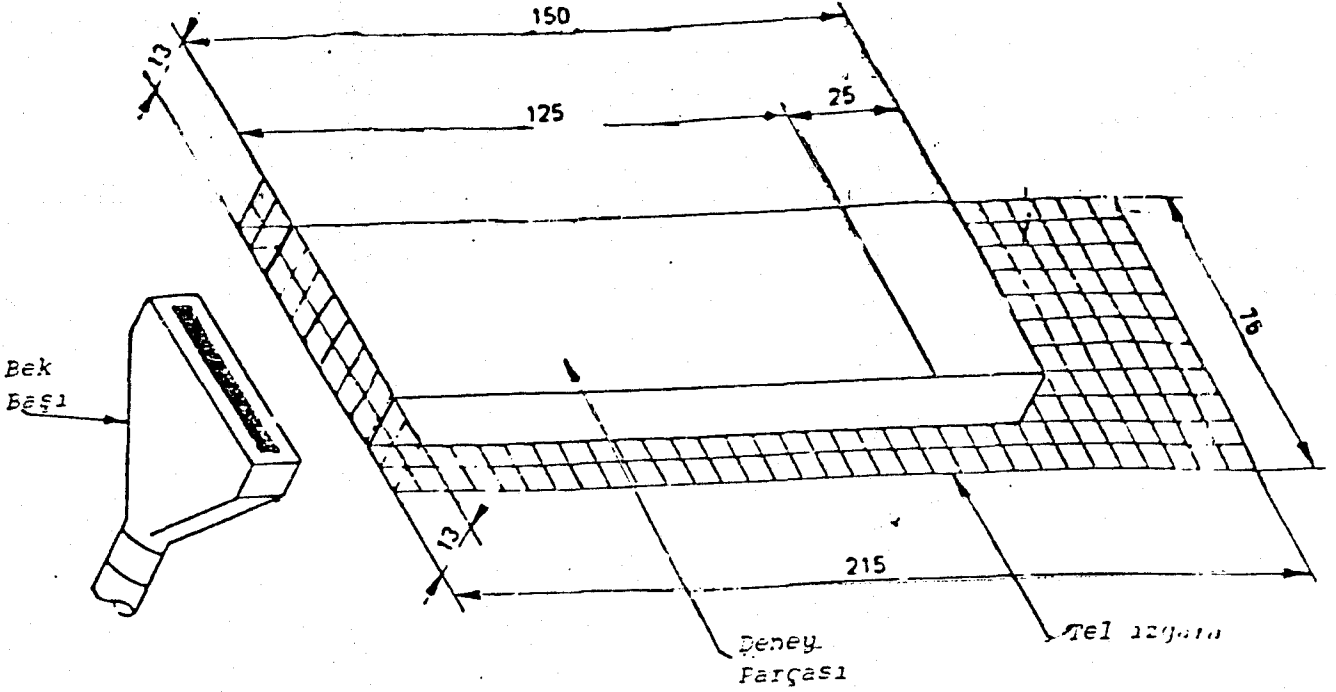
B) Numunelerin Hazırlanması

Standart numune $150 \pm 1 \text{ mm}$ uzunluğunda ve $50 \pm 1 \text{ mm}$ genişliğinde olmalıdır. 13 mm 'den daha kalın olan malzemelerden alınan numuneler kalınlıkları $13 \pm 1 \text{ mm}$ olacak şekilde kesilmeli varsa üzerindeki zar tabakası alınmalıdır. Kalınlık 13 mm 'den az ise herhangi bir işleme tabi tutulmadan olduğu gibi deneye tabi tutulur ancak kalınlığı 5 mm 'den az olan malzemeler deneye tabi tutulmaz. Her deney için 10 adet numune hazırlanmalı ve yüzeylerinin temiz olmasına dikkat edilmelidir, numune üzerindeki herhangi bir madde yanma hızını etkileyebilir. Numuneler imalatından en az 72 saat sonra deneye tabi tutulmalı ve TS 720'ye uygun olarak kondisyonlanmalıdır. Numunelere son olarak eni boyunca ucundan 25 mm içeride bir çizgi çizilir ki buna işaret çizgisi denir.

C) Deneyin Yapılışı

a) Alev Ayarı

Bek başlığından itibaren $13 \pm 1 \text{ mm}$ yükseklikte, sıcaklığı $1000 \pm 100^\circ \text{C}$ olacak şekilde mavi bir alev elde edilinceye kadar gaz basıncı ayarlanır. Alevin görünen kısmı $38 \pm 1 \text{ mm}$ yüksekliğinde ve içteki kubbe $6 \pm 1 \text{ mm}$ yüksekliğinde olmalıdır. Bu değerler sağlanınca gaz kapatılır.



Şekil 3.10. Deney Parçası ve Tel Izgara

b) Numunenin Yerleştirilmesi

Deney hücresi sürgülü penceresi açılır ve deney parçası işaret çizgisinin olduğu yüzey üstte ve çizgi tel ızgaranın bükülmüş olmayan tarafında ve uzun eksenine tel ızgaranın eksenine paralel olacak şekilde yerleştirilir.

c) Testin Yapılışı

İlk olarak önceden ayarları yapılmış olan gaz açılarak alevlendirilir ve aynı anda kronometre çalıştırılır. Deney hücresinin sürgülü cam kapısı hemen kapatılır. Numunenin şekil değiştirmesi, kömürleşmesi, erimesi, damlaması ve düşen damlaların deney odasının tabanında yanmaya devam edip etmedikleri gibi yanma özellikleri kaydedilir. 60 saniye sonra gaz kapatılarak bek dışarıya alınır. Alev işaret çizgisine geldiğinde kronometre durdurulur ve zaman (t_b) saniye olarak kaydedilir. Numunenin tamamı yanmadan alevin sönme süresi (t_e) kaydedilir. Deney hücresinin kapağı açılarak tel ızgara ile birlikte numune dışarı çıkarılır ve yanan kısmın uzunluğu (l_e) ölçülür ve kaydedilir. $l_e = 150 -$ (yanmamış kısmın uzunluğu) olarak hesaplanır.

Bu işlemler 10 adet numune için yapılmalıdır. Bir sonraki numuneye geçmeden ızgara üzerinde kalan artıklar yakılarak temizlenir ve ızgaranın oda sıcaklığına gelmesi

sağlanır. Test süresinin kısılması için 4 adet ızgara kullanılmalıdır. En az 4 deneyden sonra alev boyu kontrol edilir gerekirse gaz basınç ayarı değiştirilerek standart alev boyu tekrar elde edilir.

D)Hesaplamalar ve Sonuçların Gösterilmesi

a) Alevin İşaret Çizgisini Geçmesi Halinde

Yanma hızı mm/s cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$u = 125/tb$$

tb : Alevin işaret çizgisine gelme süresi (s)

b) Alevin İşaret Çizgisine Kadar Gelmemesi Halinde

Yanma hızı mm/s cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$u = Le/te$$

te : Alevin sönme süresi (s)

Le : Numunenin yanan kısmının uzunluğu (mm)

3.7.BOYUT KARARLILIK DENEYİ (TS 2251)

Bu standart,sert köpük plastiklerin belirli sıcaklık bağıl nem koşullarında boyut kararlılığının tayininde kullanılan test metodunda izlenecek yolu gösterir. Deney parçası belirli bir süre belirlenmiş koşullarda bekletildikten sonra birbirine dik üç boyutunda geri kazanılmayan değişiklikler bulunmaması boyut kararlılığı olarak adlandırılır. Bu standartta yapılan test sonuçları, oluşan boyutsal değişiklikleri içermektedir.

A)Test Cihazları

1. Aşağıdaki ortamlardan birini sağlayacak özelliklerdeki ortam (bu bir fırın veya etüv olabilir).

Kuru Ortam Kullanımı İçin:

$$-55 \pm 3^{\circ}\text{C}$$

$$-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$$

$$-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$$

$$0 \pm 3^{\circ}\text{C}$$

+23 ± 2°C

+40 ± 2°C

+70 ± 2°C

+85 ± 2°C

+100 ± 3°C

+110 ± 3°C

+125 ± 3°C

+150 ± 3°C

%90-100 bağıl nemdeki kullanımlar için:

+40 ± 2°C

+70 ± 2°C

Numunelerin boyutlarının ölçülmesi için TS 1856'de belirtildiği gibi kumpas veya mikronometre

3. Numunelerin istenilen boyutlarında kesilmesi için metal kesici alet

B) Numunelerin Hazırlanması

Deney parçaları yüzeyleri düzgün ve çatlaksız olacak şekilde kesilir. Aksi belirtilmedikçe parça üzerindeki köpük zar çıkarılmalıdır.

Deney parçalarının ölçüleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

Uzunluk : 100 ± 1 mm

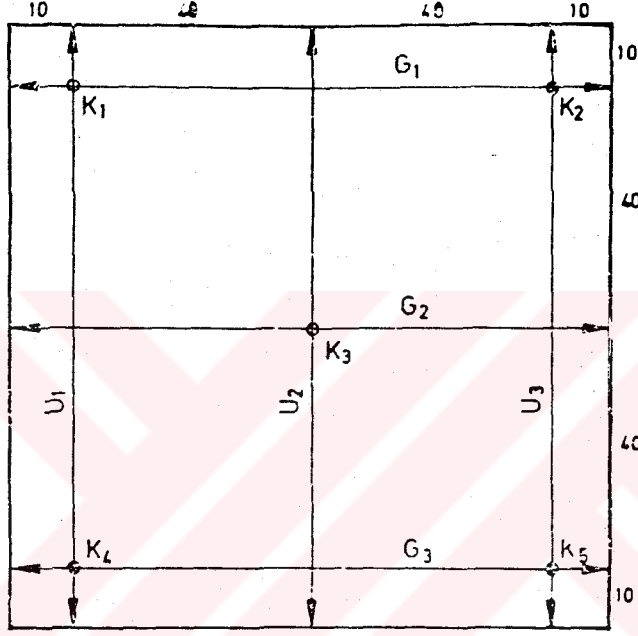
Genişlik : 100 ± 1 mm

Kalınlık : 25 ± 0,5 mm

Herbir numune için seçilen tüm koşullar grubunda en az 3 deney parçası denenmelidir. Deney parçaları TS 720'deki standart atmosferlerden birisinde kondisyonlanır.

C)Deneyin Yapılışı

Deney parçalarının uzunluk ve genişlikleri 3 değişik doğrultudan, kalınlıkları ise 5 noktadan şekil 3.10.TS 1856'daki yöntemlerle ölçülür.



Şekil 3.10. Boyut Ölçme Konumları

Deney parçaları deney ortamına yatay konumda ve birbirlerinden en az 25 mm uzunlukta olacak şekilde sert bir tel elek veya delikli metal plaka üzerine yerleştirilir. Böylelikle deney parçaları etrafında serbest hava dolaşımı sağlanır. Deney parçaları ısıtıcılardan gelen radyasyonun doğrudan doğruya etkisinde bırakılmamalıdır.

20 ± 1 saat sonra, deney parçaları ortamdaki çıkarılır, en az 1 saat ve en çok 3 saat deney başında kondisyonlama için kullanılan atmosferde yeniden kondisyonlanır.

Deney parçalarının uzunluk, genişlik ve kalınlıkları yukarıda belirtilen yöntemle ölçülür ve deney parçaları gözle muayeneden geçirilir. Gecikmeden deney parçaları yeniden aynı koşullardaki ortama bırakılır. 48 ± 2 saat sonunda ortamdaki alınan deney

parçalarına yukarıda belirtilen işlemler uygulanır. İstenirse deney parçaları 7 gün 28 gün aynı koşullardaki ortamda bırakılır. Aynı işlemler tekrarlanır.

D) Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Deney parçalarının uzunluk değişmesi, U , yüzde olarak, aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$U = 100 \frac{U_t - U_0}{U_0}$$

Deney parçalarının genişlik değişmesi, G , yüzde olarak, aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$G = 100 \frac{G_t - G_0}{G_0}$$

Deney parçalarının kalınlık değişmesi, K , yüzde olarak, aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$K = 100 \frac{K_t - K_0}{K_0}$$

Burada;

U_0 , G_0 , K_0 = Deneyden önce deney parçalarının uzunluk, genişlik, kalınlıkları, mm

U_t , G_t , K_t = 20 saat, 48 saat, 7 gün, 28 gün sonunda deney parçasının ortalama uzunluk, genişlik, kalınlıkları, mmdir.

3.8. BASMA DENEYİ (TS 1696)

Bu standart, sert köpük plastiklerinin, basma dayanımını, veya %10 deformasyonda basma gerilimini tayin etmede uygulanan test metodunda işlenecek yolu gösterir.

Malzemeden alınana bir deney parçasının tüm kesit alanına değişmez bir deformasyon hızı ile deformasyon %10'na ulaşmaya kadar artan bir basma yükü uygulanır ve deney parçasının dayanabildiği en büyük gerilme hesaplanır. En büyük

gerilme değerine %10 deformasyondan önce ulaşırsa sonuç, basma dayanımı olarak kaydedilir. En büyük gerilme değerine %10 deformasyondan önce ulaşırsa sonuç, basma dayanımı olarak kaydedilir. En büyük gerilme değerine %10 deformasyonda ulaşırsa sonuç basma gerilmesi olarak kaydedilir.

Basma dayanımı, köpük maddeyi kırarak en büyük yükteki gerilmedir. Bu değer ilk (orijinal) kesit alanından hesaplanır.

%10 deformasyondaki basma gerilmesi, %10 deformasyondaki basma kuvvetinin ilk kesit alanına bölümüdür.

Deformasyon, basma yükü etkisi altında deney parçasının kısalma miktarıdır. Bu değer ilk yüksekliğin yüzdesi olarak gösterilir.

A) Test Cihazları

1-Basma Deneyi Cihazı

Değişmez hızla çalışan, yerine takılıp çıkarılabilen, kafası bulunan uygun bir basma deneyi cihazı kullanılabilir. Basma plakalarından birinin konumunu kendi kendine düzenleyebilecek yetenekte olması tavsiye edilir.

2-Yük Gösterme Düzeni

Yükü \pm %1 duyarlıkla ölçebilen.

3-Deformasyon Gösterme Düzeni

Deformasyonu \pm %5 veya \pm 0.1 mm (hangisi daha duyarlıklı ise) duyarlıkla ölçebilen.

Kadranlı mikrometre, kumpas veya cetvel, deney parçasının boyutlarını \pm %1 duyarlıkla ölçebilen.

B) Numunelerin Hazırlanması

Deney parçası, kesiti 50 mm * 50 mm ve yüksekliği 50 mm veya daha küçük (en az 25 mm) olan, ilk köpük yapısını bozulmadan \pm %1 duyarlıkla kesilmiş bir dik prizmadır. Deney parçasının bir veya birkaç yüzünde kabuk olabilir, varsa bu durum kaydedilmelidir.

Her deney numunesi için en az 5 deney parçası hazırlanmalı ve denenmelidir.

Deney malzemesinin anizotropik olduğu tahmin ediliyorsa, eksenleri tahmin edilen anizotropi, eksenini doğrultusuna dik ve paralel olmak üzere iki dizi deney parçası hazırlanmalıdır. (5 tanesi anizotropi eksenine dik, 5 tanesi anizotropi eksenine paralel)

Deney parçaları TS 720'ye göre kondisyonlanmalıdır.

C) Deneyin Yapılışı

Boyutlar ölçüldükten sonra deney parçası, basma deneyi makinasının iki paralel plakası arasına ve tam ortasına yerleştirilir. Deformasyon hızı dakikada ilk kalınlığın %10 \pm 1'ri olacak şekilde deney parçası ilk kalınlığın %90 'ına ininceye kadar bastırılır. Kalınlık azalması arasında ulaşılan en büyük yük değeri kaydedilir. Deney parçasının yüksekliği yükleme krozedi ile asbit krozed arasında ölçülmelidir.

Anizotropi varsa, uygulanan yükün doğrultusuna göre köpük oluşumunun doğrultusu kaydedilmelidir.

D) Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Ulaşılan en büyük yük değerinini, deney parçası ilk kesit alanına bölümü, aşağıdaki değerlerden biri olarak kaydedilir.

Malzemenin,

a-Basma dayanımı, bar

b-%10 deformasyondaki basma gerilmesi, bar

4.POLİETİLEN ESASLI ISI YALITIM MALZEMELERİNİN TÜRK STANDARTLARINA GÖRE TEST METODLARI

Plastikler ve sert gözenekli maddelerin fiziksel özelliklerinin tespiti için yapılması gereken testler cihaz, metod, hesaplama ve sonuçların gösterilmesi başlıkları altında 3.bölümde verilmiştir. Bu bölümde Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Laboratuvarlarında yaptığım polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinin tespiti deneylerinin yapılışı, karşılaşılan durumlar ve sonuçlar verilecektir.

4.1.Boru Metodu İle Isı İletkenliğinin Tayini (TS 389)

Polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayısı (λ) nın tayini testleri TS389'a göre yapılmakta olup ayrıntılı açıklamalar bölüm 3.1 de verilmiştir. Muayene cihazları Y.T.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği laboratuvarında mevcut olup şu kısımlardan oluşmaktadır.

A)Test Cihazları

- a) Muayene borusu
- b) Sıcaklık ölçme düzeni
- c) Isı enerjisi sağlama düzeni

a) Muayene Borusu:

İki adet muayene borusu mevcut olup büyük boru yatay durumda dış çapı $d_{dış}=115$ mm ve uzunluğu $l= 1020$ mm, küçük boru dış çapı $d_{dış}= 25$ mm ve uzunluğu $l= 1035$ mm olan bakır malzemedeki yapılmıştır. Boruların içine tam merkezinden geçecek şekilde yerleştirilmiş elektriksel olarak yalıtılmış bir ısıtma elemanı yerleştirilmiştir. Isıtma elemanı boyu her iki boruda da $l= 1095$ mm olup borunun iki ucundan eşit miktarda dışarı çıkar. Isıtma muntazam bir şekilde sarılan direnç telleri yardımıyla olur.

Uç kısımlardaki ısı kayıplarını azaltmak için muayene borularının uçlarına koruyucu başlıklar yerleştirilmiştir. Koruyucu başlıklar büyük boru için (200 mm×200 mm×200 mm) ve küçük boru için (140 mm×140 mm×140 mm) dikdörtgenler prizması şeklinde poliüretan malzeme olup muayene örneğinin dış yüzeyinin daha dışına ve

uçlarına takılmıştır. Polietilen esaslı ısı yalıtım levhalarının ısı iletkenliği tespiti büyük çaplı boru vasıtasıyla yapılır. Levha silindirik şeklinde boru dışına sarılıp yapılan deneyde malzeme silindirik malzeme olarak düşünülebilir. Dış çapı $d_{dış} = 151\text{mm}$ olan ve iç çapı $d_{iç} = 115\text{mm}$ olan boru malzemenin testi de büyük boru ile yapılır. Dış çapı $d_{dış} = 55\text{ mm}$, iç çapı $d_{iç} = 25\text{ mm}$ olan boru malzemenin testi ise küçük boru ile yapılır.

b) Sıcaklık Ölçme Düzeni:

Muayene örneğinin iç ve dış yüzeylerindeki sıcaklıklar termokupullar (termo-element) yardımı ile ölçülür. İç ve dış yüzeyler için 6'şar adet K tipi termokupul kullanılmış olup diziliş Şekil 4.1.de gösterilmiştir. Termokupulların bir ucu sıcaklığı ölçülmesi istenilen yere tespit edilmiş olup diğer uçları dataloger cihazına bağlanmıştır. Böylelikle dataloger cihazına gelen sıcaklık verileri buradan bilgisayara gönderilir. Dataloger software programı vasıtası ile istenilen sıcaklıklar bilgisayar ekranında görünür. Termokupulların boru dış yüzey (aynı zamanda malzeme iç yüzey) sıcaklığını ölçümü için yerleştirilmesi malzeme üzerine delik açıp termokupulu yerleştirdikten sonra yine aynı malzeme ile deliğin kapatılması şeklinde gerçekleştirildi. Burada malzeme ile muayene borusu arasında hava boşluğu kalmamasına dikkat edildi. Şekil 4.5. de de görüldüğü gibi termal kamera ile çekilen fotoğrafta yüzeydeki sıcaklık dağılımının hemen hemen homojen olduğu görülmüş ayrıca koruyucu silindirelerden de ısı kaydı olmadığı anlaşılmıştır.

c) Isı Enerjisi Sağlama Düzeni

Isı enerjisi elektriksel olarak sağlandı. Çekilen elektrik enerjisinin voltajı yakın sınırlar içinde ayarlanabilir olup sağlanan elektrik gücü bir Wattmetre ile ölçüldü.

B) Numunelerin Hazırlanması

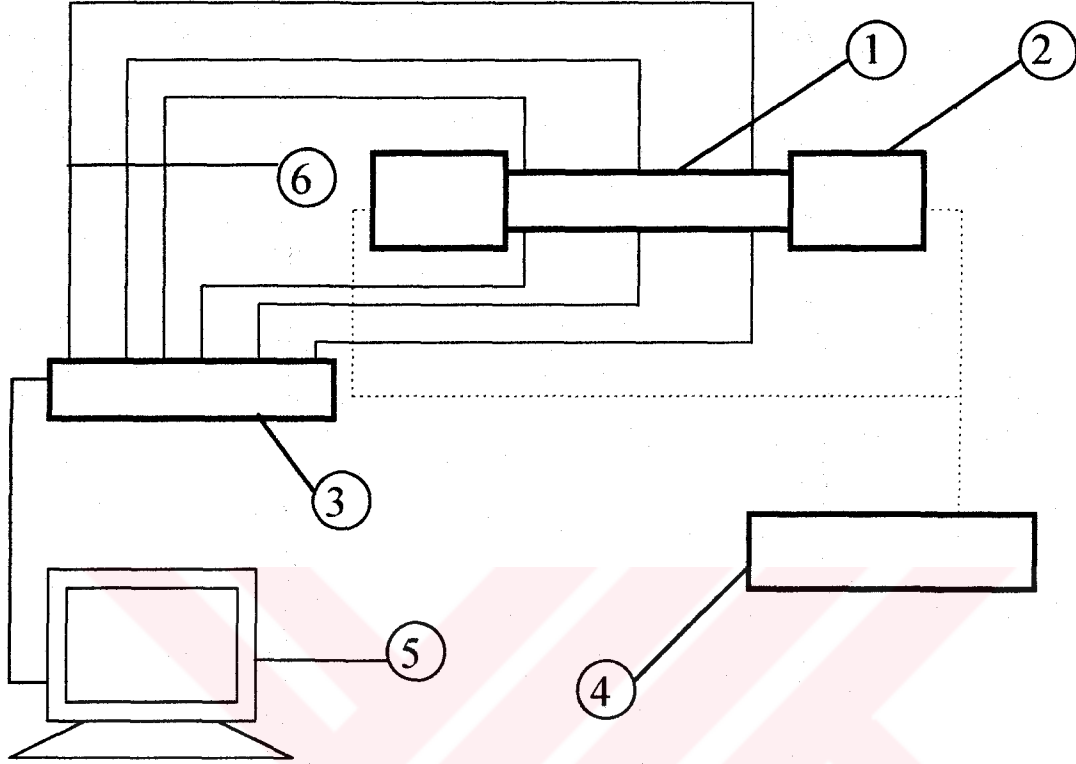
Isı iletkenlik katsayısı λ 'nın tespiti deneyleri aşağıdaki malzemeler için yapılmıştır.

1. Polietilen esaslı ısı yalıtım levhası kalınlığı $h = 9\text{ mm}$

2. Polietilen esaslı boru ısı yalıtım malzemesi

a) İç çapı $d_{iç} = 25\text{ mm}$, dış çapı $d_{dış} = 55\text{ mm}$

b) İç çapı $d_{iç} = 115\text{ mm}$, dış çapı $d_{dış} = 151\text{ mm}$



1.) Muayene Borusu

4.) Wattmetre

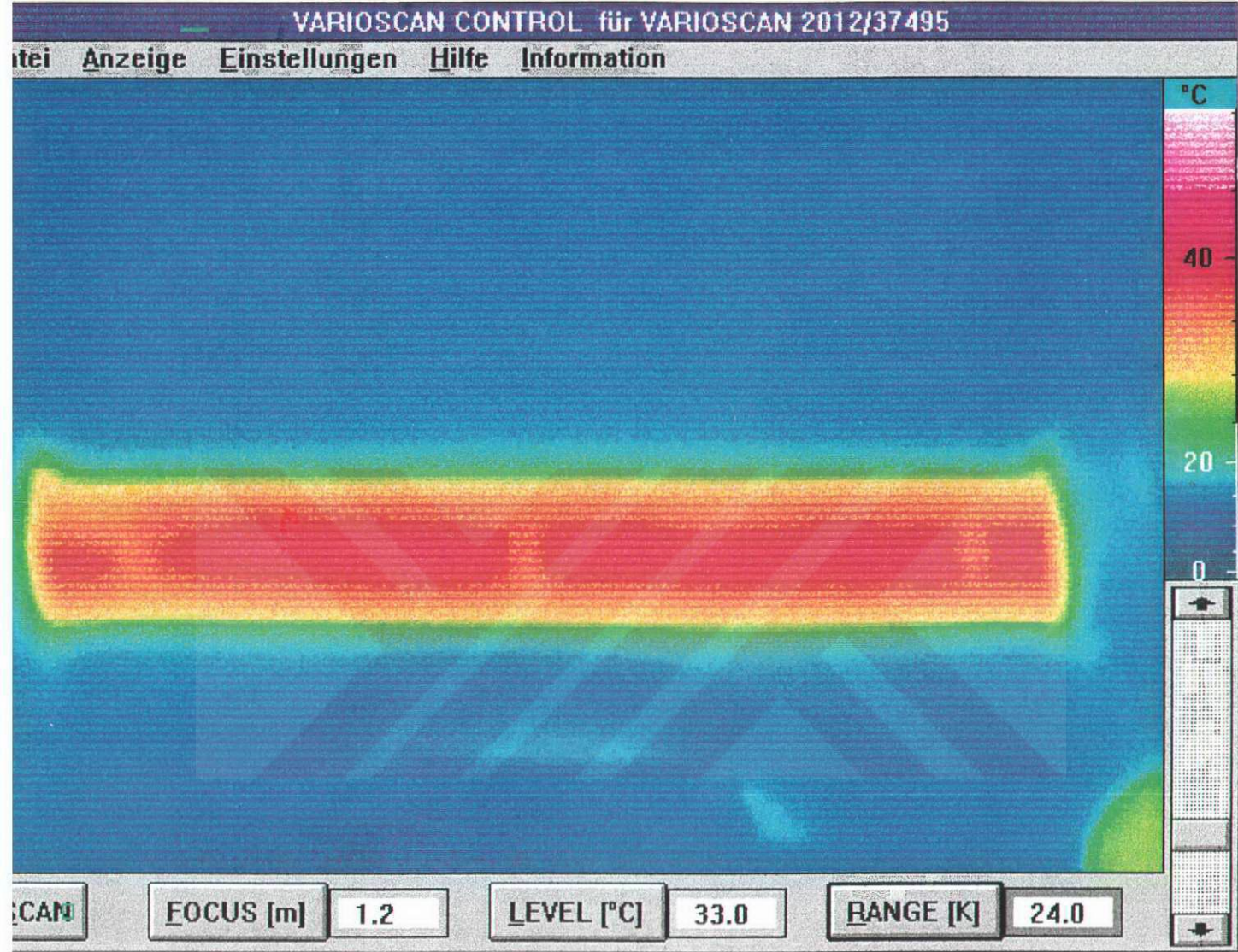
2.) Isı Yalıtım Başlıkları

5.) Bilgisayar

3.) Dataloger

6.) Termokupullar

Şekil 4.1. Isı İletkenlik Katsayısı Tespiti Deney Düzenegi



Şekil 4.2. Muayene Borusunun Termal Fotoğrafi

Malzemeler gözenekli yapılarının bozulmaması için metal bir kesici ile kesildi. Polietilen boru yalıtım malzemeleri 1095mmboyunda kesilerek küçük ve büyük çaplı 3'er adet numune hazırlandı. Levha malzemeler ise 361mm eninde 1095m boyunda kesilerek üç adet hazırlandı. Levha malzemenin eni borunun çevresi olarak alındı. Hazırlanan numuneler 65°C sıcaklıkta 16-18 saat arası bekletildiğinde 1 saat arayla yapılan kütle tespitlerinde aradaki kütleli farkın %1'in altına indiği görülmüş olup malzemenin kondisyonlanma işleminin yapıldığı anlaşılmıştır.

Kondisyonlanma işlemini biten numune muayene borusuna sıkı bir şekilde geçirilir ve Şekil 4.1.de belirtildiği gibi termokupullar tespit edildi. Koruyucu silindirler yerleştirildi.

C) Deneyin Yapılışı

Isıtıcı düzene elektrik enerjisi verildi. Verilen enerjinin miktarı Wattmetreden okunarak tabloya işlendi. Bu sırada boruya ve malzeme yüzeyine tespit edilmiş olan 12 adet termokupul sıcaklığı bilgisayardan okunarak tabloya işlendi. Tabloda belirli aralıklarla yapılan bu okumalar ile okumanın yapıldığı saat işlenmiştir. Sistemin tamamen kararlı hale gelmesi işleminin hızını arttırmak için verilen enerji ilk anda biraz fazla olup belli aralıkla elle kumanda ile konumlu kontrol sağlandı.

Bilgisayarda okunan değerler sabit kaldığı zaman sistem dengeye gelmiş demektir ve yapılan hesaplamalarda kullanılan verilen bu anda alınan sıcaklık ve ısı miktarı değerleridir.

Aynı tip malzeme için çeşitli 3 sıcaklık aralığında deneyler yapıldı. Ayrıca bu deneyler aynı malzeme için 3 ayrı numunede yapıldı. Aşağıda bulunan örnekte ısı iletkenlik katsayısı λ 'nın nasıl hesap edildiği ve hesap sonuçlarının raporda nasıl gösterildiği verilmiştir.

D) Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

$d_{dış}/d_{iç} = 55 \text{ mm}/25\text{mm}$ olan boru malzeme ile yapılan deneyin ölçülen değerleri ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

Örnek Hesaplama:

I. numune II. deney hesap örneği:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \ln(d_{dış} / d_{iç})}{2\pi \cdot L \cdot \Delta T}$$

$$\lambda = \frac{9,6 \cdot \ln(55 / 25)}{2\pi \cdot 0,97(48,6 - 23,8)} * \frac{97}{109,5} = 0,044 \text{ W/mK}$$

Not: Muayene borusu boyu: 970 mm

Toplam rezistans boyu: 1095 mm

a) Ölçülen Değerler :**1) Sıcaklıklar:****1. Numune için ölçülen sıcaklıklar :****I. Deney:****Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)**

$T_{A1} = 26.7^{\circ}\text{C}$

$T_{A2} = 26.1^{\circ}\text{C}$

$T_{A3} = 27.0^{\circ}\text{C}$

$T_{A4} = 27.1^{\circ}\text{C}$

$T_{A5} = 26.7^{\circ}\text{C}$

$T_{A6} = 26.2^{\circ}\text{C}$

$T_{ort} = 26.6^{\circ}\text{C}$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$T_{U1} = 19.1^{\circ}\text{C}$

$T_{U2} = 19.3^{\circ}\text{C}$

$T_{U3} = 19.3^{\circ}\text{C}$

$T_{U4} = 19.4^{\circ}\text{C}$

$T_{U5} = 18.6^{\circ}\text{C}$

$T_{U6} = 18.5^{\circ}\text{C}$

$T_{ort} = 19.0^{\circ}\text{C}$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 22.8°C

II. Deney :**Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)**

$T_{A1} = 47.7^{\circ}\text{C}$

$T_{A2} = 47.7^{\circ}\text{C}$

$T_{A3} = 49.3^{\circ}\text{C}$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$T_{U1} = 23.3^{\circ}\text{C}$

$T_{U2} = 24.2^{\circ}\text{C}$

$T_{U3} = 23.7^{\circ}\text{C}$

$$T_{A4} = 49.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 48.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 47.6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 48.6^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 36.2°C

$$T_{U4} = 24.7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 25.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 23.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 23.8^{\circ}\text{C}$$

III. Deney :

Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)

$$T_{A1} = 76.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 75.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 79.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 78.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 79.1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 76.7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 77.5^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 54.7°C

2. Numune için ölçülen sıcaklıklar :

I. Deney :

Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)

$$T_{A1} = 27.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 26.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 27.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 26.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 25.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 26.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 26.7^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 22.8°C

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$$T_{U1} = 19.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U2} = 18.7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U3} = 19.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U4} = 19.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 18.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 19.6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 19.0^{\circ}\text{C}$$

II. Deney :**Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)**

$$T_{A1} = 48.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 47.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 49.4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 50.1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 49.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 47.6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ort} = 48.7^{\circ}\text{C}$$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$$T_{U1} = 23.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U2} = 24.4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U3} = 23.7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U4} = 24.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 23.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 23.4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ort} = 23.9^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 36.3°C

III. Deney :**Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)**

$$T_{A1} = 76.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 75.6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 80.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 79.6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 79.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 76.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ort} = 78.1^{\circ}\text{C}$$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$$T_{U1} = 32.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U2} = 33.7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U3} = 33.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U4} = 32.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 32.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 32.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ort} = 32.5^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 55.3°C

3. Numune için ölçülen sıcaklıklar :**I. Deney :****Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)**

$$T_{A1} = 27.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 28.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 26.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 28.5^{\circ}\text{C}$$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$$T_{U1} = 19.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U2} = 18.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U3} = 20.1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U4} = 20.4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 27.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 27.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 27.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 19.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 19.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 19.7^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 23.6°C

II. Deney :

Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)

$$T_{A1} = 50.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 49.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 49.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 50.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 49.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 49.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 49.7^{\circ}\text{C}$$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$$T_{U1} = 25.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U2} = 24.1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U3} = 24.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U4} = 23.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 24.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 24.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 24.4^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 37.0°C

III. Deney :

Sıcak Yüzey (Alt Yüzey)

$$T_{A1} = 80.5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A2} = 79.4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A3} = 81.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A4} = 80.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A5} = 79.8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{A6} = 80.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 80.2^{\circ}\text{C}$$

Soğuk Yüzey (Üst Yüzey)

$$T_{U1} = 32.9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U2} = 32.3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U3} = 33.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U4} = 32.1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U5} = 33.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{U6} = 32.1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = 32.6^{\circ}\text{C}$$

Ortalama Muayene Sıcaklığı : 56.4°C

2) Verilen Isı Miktarları :

Tablo 4.1. Verilen Isı Miktarları

Numune No	Verilen Isı Miktarı (W)		
	1	2	3
Deney No			
1	2.8	2.8	2.8
2	9.6	9.5	9.6
3	18.5	18.6	18.7

b) Sonuçlar:

Tablo 4.2. Isı İletkenlik Katsayısı Değerleri

Numune No	Isı İletkenlik Değeri (W / mK)		
	1	2	3
Deney No			
1	0.042	0.042	0.042
2	0.044	0.044	0.043
3	0.045	0.046	0.045

4.2. AÇIK VE KAPALI GÖZENEK HACİM YÜZDESİ TAYİNİ (TS 4202)

Polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinden biri olan açık ve kapalı gözeneklerin hacim yüzdesi TS 4202' de belirtildiği şekilde yapılır. TS 4202' nin ayrıntılı açıklamaları bölüm 3.2.de verilmiştir.

Y.T.Ü. Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilimdalı Laboratuvarında hazırlanmış olan test cihazı ile yapılan deneylerde karşılaşılan durumlar aşağıda anlatılacaktır.

A) Numunelerin Hazırlanması

Deneyler aşağıda verilen malzemeler için yapılmıştır.

a) Polietilen esash ısı yalıtım levhası kalınlık $h = 9 \text{ mm}$

b) Polietilen esash boru yalıtım elemanı $\frac{d_i}{d_d} = \frac{25\text{mm}}{55\text{mm}}$

Polietilen esash boru yalıtım elemanı $\frac{d_i}{d_d} = \frac{115\text{mm}}{151\text{mm}}$

c) Polietilen esash derz dolgu ısı yalıtım elemanı $\phi = 40 \text{ mm}$

Hacim genişlemesi metodu ile yapılan deneylerde kullanılan numune boyutları uzunluk $l = 100 \text{ mm}$, genişlik $a = 30 \text{ mm}$ ve kalınlık $h = 30 \text{ mm}$ olması gerektiği standartta belirtilmiştir. Bu numune boyutları deneylerin ilk aşaması için geçerli olup ikinci ve üçüncü aşamalarda numunelerin ikiye ve dörde bölünmesi gerekmektedir. Yukarıda belirtilen numune boyutları bu boyutlara uygun olmadığı için yapılan deneylerde numuneler aşağıdaki boyutlarda hazırlandı.

1) 9 mm levha malzeme $l = 100\text{mm}$, $a = 30\text{mm}$, $h = 9\text{mm}$

2) $\frac{d_i}{d_d} = \frac{25\text{mm}}{55\text{mm}}$ boru için $d_i = 25\text{mm}$, $d_d = 55\text{mm}$, $l = 63\text{mm}$

3) $\frac{d_i}{d_d} = \frac{115\text{mm}}{151\text{mm}}$ boru için $l = 100\text{mm}$, $a = 30\text{mm}$, $h = 18\text{mm}$

4) $\phi = 40 \text{ mm}$ derz dolgu için $\phi = 40\text{mm}$, $l = 74\text{mm}$

Hazırlanmış olan bu boyuttaki numuneler 20 saat süre ile $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık $\% 50 \pm 5$ bağıl nemdeki fırında bekletilerek kondisyonlama işlemi yapılmış oldu. Kondisyonlanmış numunelerin boyutları 0.01 mm duyarlılıkta kumpas ile ölçülüp

kaydedildi. Bu ölçümlerin sonunda bulunan hacim numunelerin kütlelerinin yoğunluğuna bölünmesiyle bulunan değere eşit olması ölçümlerin doğru olduğunu gösterir.

Cihazın Kalibrasyonu :

Kalibrasyon için hacimleri aşağıda belirtilmiş olan 6 adet alüminyum silindir parça kullanıldı.

Standart Hacimler:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. 31,216 cm ³ | 4. 30,419 cm ³ |
| 2. 31,614 cm ³ | 5. 18,490 cm ³ |
| 3. 30,867 cm ³ | 6. 18,390 cm ³ |

W₁=Başlangıç manometre değeri

W₂=Standart hacim yokken manometrenin sağ kolunun değeri

W₃=Standart hacimler varken manometrenin sağ kolunun değeri

Kalibrasyon grafiğini R basınç değişimi oranı ile bu değişimin meydana gelmesine neden olan hacimsel değişim apsis ve ordinatları oluşur.

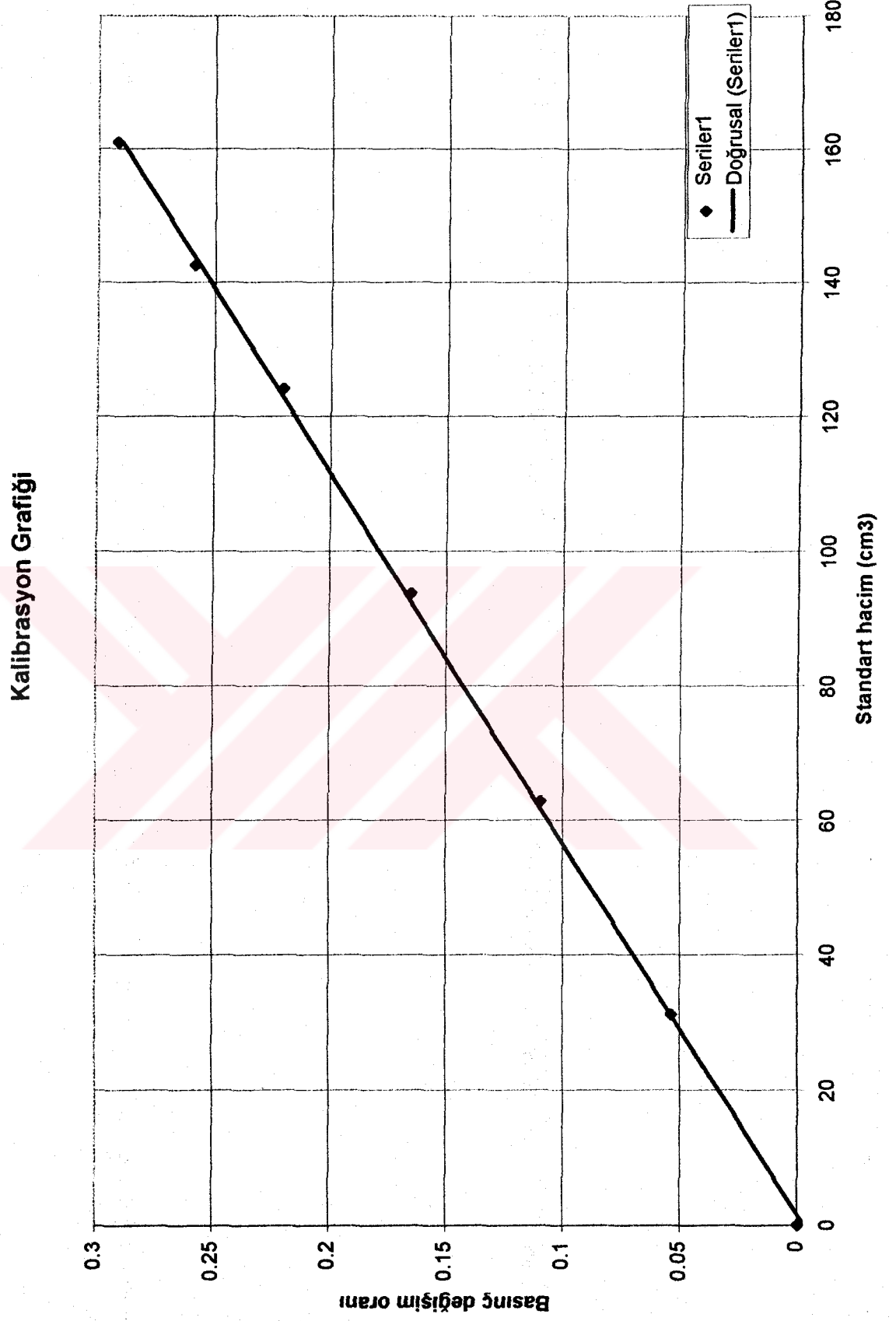
$$\text{Basınç değişim oranı } R = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_3}$$

$$W_1 = 707\text{mm}$$

$$W_2 = 385\text{mm}$$

Standart hacimler konulup bölüm 3.2 de belirtilen işlemler yapıldığında ulaşılan manometre değerleri

1 adet standart	hacim için	W ₃ = 371mm
2 adet standart	hacim için	W ₃ = 350mm
3 adet standart	hacim için	W ₃ = 326mm
4 adet standart	hacim için	W ₃ = 299mm
5 adet standart	hacim için	W ₃ = 278mm
6 adet standart	hacim için	W ₃ = 259mm



şekil 4.3 .Kalibrasyon grafiği

B) Deneyin Yapılışı

Testler daha önce belirtilen 4 adet malzeme için 3 kez yapılmış olup örnek olarak derz dolgu fitili testi anlatılacaktır.

Numune boyutları $\phi = 40 \text{ mm}$ $h = 80 \text{ mm}$ silindir.

Hacim $V = 100.53 \text{ cm}^3$

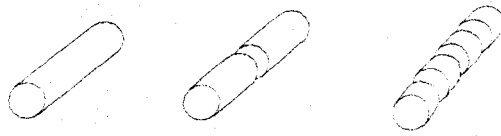
Basınç değişim oranları tespiti (R)

$$R = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_3}$$

$W_1 = 707 \text{ mm}$

$W_2 = 389 \text{ mm}$

W_1 ve W_2 değeri sabit olup W_3 değeri silindir derz dolgu fitilinin şekil 4.4. ' de belirtildiği şekilde kesilmiş sonucu yapılan deneylerde tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Derz Dolgu Malzemesinin Kesilme Düzeni

Numune tek parça $W_3 = 335 \text{ mm}$

Numune iki parça $W_3 = 337 \text{ mm}$

Numune dört parça $W_3 = 340 \text{ mm}$

Açık Gözenekli Görünür Hacim Tayini (%)

$$W_r = \frac{V_g - V_i}{V_g} \cdot 100$$

V_g = geometrik hacim (cm^3)

V_i = kapalı gözenek hacmi (cm^3) kalibrasyon grafiğinden

$$W_{r1} = \frac{100.53 - 81}{100.53} = 0.194$$

$$W_{r2} = \frac{100.53 - 78}{100.53} = 0.224$$

$$W_{r3} = \frac{100.53 - 73}{100.53} = 0.274$$

(Yüzey / Hacim) oranlarının tespiti (r) kesilmeden dolayı yüzey alanları artmakta ve dolayısıyla yüzey / hacim oranı değişim göstermektedir.

$$r_1 = \frac{125.66}{100.53} = 1.2499$$

$$r_2 = \frac{150.79}{100.53} = 1.4999$$

$$r_3 = \frac{201.05}{100.53} = 1.999$$

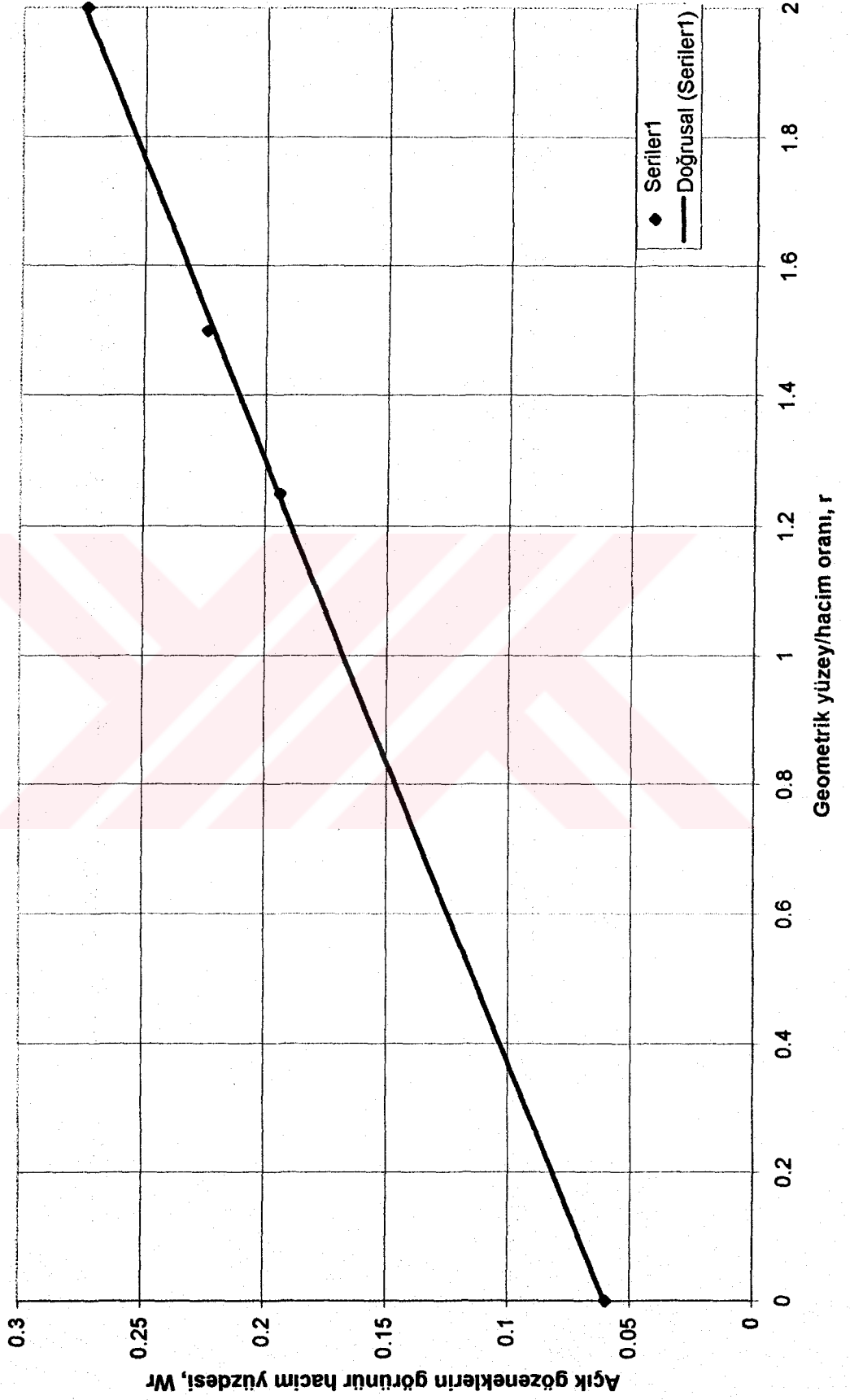
Açık Gözenekli Düzeltilmiş Hacim Yüzdesi

$$W_r = f(r) \quad r=0 \quad \text{için} \quad W_0 = 0.06$$

Kapalı Gözenekli Düzeltilmiş Hacim Yüzdesi

$$Y = 1 - W_0 = 0.94$$

Açık gözeneklerin düzeltilmiş hacim yüzdesi grafiği



Şekil 4.5. Açık Gözenek Yüzdesi Grafiği

4.3.SU BUHARI GEÇİRGENLİK TAYİNİ (TS 1971 'e göre)

Polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin su buhar geçirgenliğinin tayininde TS 1971 de belirtilen işlemler ve hesap metodu uygulanır. TS 1971 ayrıntılı bir şekilde bölüm 3.3. de anlatılmıştır.

Deney için kullanılan numuneler:

1. 9mm kalınlığında levha malzeme için $\phi = 65 \text{ mm}$, $h = 9 \text{ mm}$
2. 5mm kalınlığında levha malzeme için $\phi = 65 \text{ mm}$, $h = 5 \text{ mm}$
3. $\frac{d_i}{d_d} = \frac{115\text{mm}}{151\text{mm}}$ boru için $\phi = 65 \text{ mm}$, $h = 18 \text{ mm}$

Deney için kullanılan ortamlar:

1. 38°C sıcaklıkta %0-%88.5 bağıl nemde
2. 23°C sıcaklıkta %0-%85 bağıl nemde

A)Test Cihazları

1. 5 adet 250 ml lik cam iç çapı 65 mm ve ağzı hafif dışa kıvrık beher.
2. 0.5 mm hassasiyette kumpas
3. ± 1 mg hassasiyete sahip terazi
4. 240 mm yüksekliğinde 300 mm çapında desikatör
5. Kalsiyum klorür
6. Silikon esaslı malzeme
7. Çözünmemiş potasyum nitrat içeren doymuş potasyum nitrat çözeltisi. (38°C sıcaklıkta %0-%88.5 bağıl nem için).
8. Çözünmemiş potasyum klorür içeren doymuş potasyum klorür çözeltisi. (23°C sıcaklıkta %0-%85 bağıl nem için).

B)Numunelerin Hazırlanması ve Deneyin Yapılışı

Numuneler çapı 65 mm olacak şekilde her malzeme için 5'er adet kesildi. Daha sonra TS 720'de de belirtildiği şekilde $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ bağıl nemde bekletildi. Beherlere yaklaşık 25 g kalsiyum klorür konulup numunenin üst yüzü beherin ağzına gelecek şekilde yerleştirildi. Daha sonra beherle polietilen ısı malzemesi arasında su buharı geçişini önlemek için silikon esaslı malzeme kullanılmıştır. Standartta belirtilen parafin mum kullanıldığında yüksek sıcaklıktan dolayı polietilene temasta olan yüzeyin

yapısal değişikliğe uğradığı görüldüğünden dolayı silikon bazlı malzeme tercih edildi. Deneye silikon esaslı malzeme kuruduktan sonra başlandı. İlk olarak beherler tartılıp kaydedildi ve 23°C sıcaklık %85 bağıl nemde ortalama 24 saat bekletilmek üzere desikatöre konuldu. Desikatör içindeki çözelti ortam bağıl neminin sabit kalmasını sağlarken desikatörün içinde bulunduğu fırında ortam sıcaklığının sabit kalmasını sağlamış olur. 24 saat sonra desikatörden alınan beherler ortamdan alındı ve oda sıcaklığına getirildi. Daha sonra tekrar aynı ortama konulan beherlerdeki kütleli değişim %2'nin altına düştüğü anda deneyler sona erdirildi. Bu işlemler 38°C sıcaklık ve %88.5 bağıl nemdeki ortamda yapıldı.

Aşağıda örnek hesaplama ile yapılan deneylerde ulaşılan değerler verilmiştir.

C) Hesaplama

Örnek hesap olarak $d_{iç}=115\text{mm}$, $d_{dış}=151\text{mm}$ olan polietilen esaslı boru ısı yalıtım malzemesinin su buharı geçiş hızı aşağıda verilmiştir.

$$BGH_{(23)} = \frac{(M_{son} - M_{ilk})}{A} * 10^4$$

$$BGH_{(23)} = \frac{(149,7052 - 149,6923)}{19,635} * 10^4 = 6,57 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$$

D) Sonuçların Gösterilişi

1) Boru $D_{iç}=115\text{mm}$ $D_{dış}=151\text{mm}$ için

23°C deki Potasyum Klorür Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm^2)	BGH ($\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$)
1	149,7052	149,6923	19,635	6,57
2	161,5965	161,5842	19,635	6,26
3	153,9610	153,9484	19,635	6,42
4	162,2555	162,2430	19,635	6,37
5	157,4659	157,4533	19,635	6,42

Ortalama: $6,37 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$

2) Boru $D_{iç}=115\text{mm}$ $D_{dış}=151\text{mm}$ için

38°C deki Potasyum Nitrat Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm ²)	BGH (g/m ² 24h)
1	141,3846	141,3496	19,635	17,83
2	134,1318	134,0978	19,635	17,32
3	139,7704	139,7359	19,635	17,57
4	133,5172	133,4820	19,635	17,93
5	139,5444	139,5068	19,635	19,25

Ortalama: 17,98 g/m² 24h

3) Levha Kalınlık 9mm için

23°C deki Potasyum Klorür Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm ²)	BGH(g/m ² 24h)
1	160,5555	160,5438	19,635	5,96
2	156,9339	156,9227	19,635	5,70
3	161,6439	161,6321	19,635	6,01
4	155,0082	154,9968	19,635	5,81
5	153,3755	153,3460	19,635	5,86

Ortalama: 5,87 g/m² 24h

4) Levha Kalınlık 9mm için

38°C deki Potasyum Nitrat Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm ²)	BGH(g/m ² 24h)
1	139,5444	139,5114	19,635	16,81
2	144,0163	143,9816	19,635	17,67
3	134,5272	134,4945	19,635	16,65
4	134,1318	134,1006	19,635	15,89
5	141,3846	141,3475	19,635	18,89

Ortalama: 17,18 g/m² 24h

5) Levha Kalınlık 5mm için

23°C deki Potasyum Klorür Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm ²)	BGH (g/m ² 24h)
-----------	----------------	----------------	---------------------------------	----------------------------

5	141,3846	141,3475	19,635	18,89
				Ortalama: 17,18 g/m ² 24h

5) Levha Kalınlık 5mm için

23°C deki Potasyum Klorür Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm ²)	BGH (g/m ² 24h)
1	148,6690	148,6454	19,635	12,02
2	155,1552	155,1320	19,635	11,82
3	157,0268	157,0034	19,635	11,92
4	161,0896	161,0667	19,635	11,66
5	161,2872	161,2637	19,635	11,97
				Ortalama: 11,88 g/m ² 24h

6) Levha Kalınlık 5mm için

38°C deki Potasyum Nitrat Doymuş Çözeltisinde

Numune No	Son Ağırlık(g)	İlk Ağırlık(g)	Numune Yüzeyi(cm ²)	BGH(g/m ² 24h)
1	140,3220	140,2533	19,635	34,50
2	139,7051	139,6449	19,635	30,66
3	133,4310	133,3617	19,635	35,29
4	143,9308	143,8637	19,635	34,17
5	132,4252	132,3594	19,635	33,51
				Ortalama: 33,63 g/m ² 24h

4.4.SU ADSOPSİYONU TAYİNİ (TS 4502 ' ye göre)

Polietilen esash ısı yalıtım malzemelerinin su adsorbsiyonu tayininde TS 4502'de belirtilen işlemler ve hesap metodu uygulanır. TS 4502 standardı ayrıntılı bir şekilde bölüm 3.4.'de anlatılmıştır.

A)Test Cihazları :

- 1) 0,0001 g hassasiyetli ölçüm yapabilir terazi

2) Paslanmaz çelik telden yapılmış tel örgü kafes. Bu kafesin altına batırıcı kütle olarak 150 gr ağırlığında pirinç plaka bağlantı.

3) 3 lt hacminde 120 mm çapında 250 mm yükseklikte silindirik cam kap

4) 150 ml hacminde 0,5 ml taksimata sahip cam kap

5) Damıtık su havası kaynatılarak giderilmiş olan

B) Numunelerin Hazırlanması

Numuneler boyutları itibariyle standartta belirtildiği gib 50 mm kenerli küpler şeklinde kesilemez. Dolayısıyla her malzeme en uygun şekilde kesilmiştir. Bu boyutlar sonuçlar kısmındaki tablolarda sunulmuştur. Her malzeme için 3'er adet numune kullanılmış olup numuneler boyutları TS 1856'ya göre yapılmıştır. TS 720'ye uygun olarak $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve $\% 50\pm 5$ bağıl nemde kondisyonlanmıştır.

C) Deneyin Yapılışı

Öncelikle hazırlanmış olan numuneler tartıldı. Tartılmış olan numune boyutları sonuç kısmındaki tabloda mevcuttur. Tel kafes düzeneği suya daldırıldı. Üzerindeki hava kabarcıkları titreşim oluşturularak giderildi. Terazide tutturulmuş kol ile kütlesi ölçüldü. Kafes çıkarıldı ve numune yerleştirildikten sonra tekrar suya daldırıldı. Bu deneyin yapıldığı oda $20-25^{\circ}\text{C}$ arasındadır. 7 gün bekledikten sonra numune ile birlikte tel kafesin görünür kütlesi ölçüldü ve tabloya işlendi. Numune boyutları sudan çıkarıldığında boyut değişimi olmadığı yapılan ölçümlerle belirlendi.

D) Hesaplama

$d_{iç}=25\text{mm}$ $d_{dış}=55\text{mm}$ olan boru yalıtım malzemesine ait örnek hesaplama ile diğer numunelerin hesap sonuçları aşağıda verilmiştir.

$$S_{AA} = \frac{m_3 - (m_2 + m_1)}{A} 100$$

$$S_{AA} = \frac{138.7331 - (134.5715 + 3.4133)}{50.08} 100$$

$$S_{AA} = 149.4 \text{ ml} / \text{m}^2$$

E) Sonuçlar

1) Boru $D_{iç} = 25\text{mm}$ $D_{dış} = 55\text{mm}$ için

No	$m_1(\text{gr})$ (ilk durum)	$m_2(\text{gr})$ (boş kafes)	$m_3(\text{gr})$ (son durum)	boyutlar(mm)	$V_0(\text{ml})$	$A(\text{cm}^2)$
1	3,4133	134,5715	138,7331	52x10x32	16,64	50,08
2	3,4213	134,5714	138,7570	54x10x32	17,28	51,76
3	3,4181	134,5712	138,7245	52x10x32	16,64	50,08

No	SA_v	$SA_A(\text{ml}/\text{m}^2)$
1	% 4,5	149,4
2	% 4,4	147,7
3	% 4,4	146,8
Ortalama	% 4,43	150,0

2) Boru $D_{iç} = 115\text{mm}$ $D_{dış} = 151\text{mm}$

No	$m_1(\text{gr})$ (ilk durum)	$m_2(\text{gr})$ (boş kafes)	$m_3(\text{gr})$ (son durum)	boyutlar(mm)	$V_0(\text{ml})$	$A(\text{cm}^2)$
1	0,8268	136,6746	138,8948	41,8x24,2x17,9	18,11	43,86
2	0,8143	136,6746	138,8924	41,8x23,9x17,9	17,88	43,50
3	0,8894	136,6742	138,9198	41,8x24,8x17,9	18,56	44,58

No	SA_v	$SA_A(\text{ml}/\text{m}^2)$
1	% 7,7	317,7

2	% 7,8	322,6
3	% 7,3	304,3
Ortalama	% 7,60	314,9

3) Dolgu Fitili $\phi=40$ mm için

No	m1(gr) (ilk durum)	m2(gr) (boş kafes)	m3(gr) (son durum)	boyutlar(mm)	Vo(ml)	A(cm ²)
1	0,3675	136,6706	137,8223	30x25,1x23,5	17,70	40,96
2	0,3744	136,6710	137,8422	30x25,1x23,9	18,00	41,40
3	0,376	136,6703	137,8392	30x25,1x23,9	18,00	41,40

Örnek	SA _v	SA _A (ml/m ²)
1	% 4,4	191,5
2	% 4,4	192,5
3	% 4,4	191,5
Ortalama	% 4,40	191,8

4) Levha 9mm kalınlığında için

No	m1(gr) (ilk durum)	m2(gr) (boş kafes)	m3(gr) (son durum)	boyutlar(mm)	Vo(ml)	A(cm ²)
1	0,3014	134,5712	135,3752	30x28,5x9	7,70	27,63
2	0,3126	134,5712	135,3771	30x29,1x9	7,86	28,01
3	0,2981	134,5715	135,3505	30x28,4x9	7,67	27,55

No	SA _v	SA _A (ml/m ²)
1	% 6,5	181,9
2	% 6,3	175,6
3	% 6,3	174,5
Ortalama	% 6,33	177,3

4.5.GÖRÜNÜR YOĞUNLUK TAYİNİ DENEYİ (TS1975 'e göre)

Polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinden biri olan görünür yoğunluk tayini TS 1975' te belirtilen yöntemle yapılır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgi bölüm 3.5. de verilmiştir.

Numunelerin Hazırlanması ve Deneyin Yapılışı

Örnek olarak derz dolgu fitili malzemesinin yoğunluk tayini verilecektir. Numune sayısı 3 olup aşağıdaki boyutlarda kesildi: Boyut ölçümü TS 1856' ya göre yapıldı. Kütle tayini ise 0.0001 g hassasiyete sahip dijital terazi ile yapıldı.

I nolu numune

Çap $\phi = 40$ mm

$m_1 = 5.7317$ g

Yükseklik $h = 193.4$ mm

II nolu numune

Çap $\phi = 40$ mm

$m_1 = 5.8062$ g

Yükseklik $h = 194.2$ mm

III nolu numune

Çap $\phi = 40$ mm

$m_1 = 5.6589$ g

Yükseklik $h = 192.8$ mm

Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

$$D = \frac{m}{V} \times 10^6$$

Hacimlerin Hesaplanması

Numuneler silindirik olduklarından hacim:

$$V = \left(\frac{\pi \cdot R^2}{4} \right) h \quad \text{formülü ile hesaplanır.}$$

$$V_1 = \left(\frac{\pi \cdot 40^2}{4} \right) \cdot 193.4 = 243.033 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = \left(\frac{\pi \cdot 40^2}{4}\right) \cdot 194.2 = 244.038 \text{ mm}^3$$

$$V_3 = \left(\frac{\pi \cdot 40^2}{4}\right) \cdot 192.8 = 242.279 \text{ mm}^3$$

$$D_1 = \frac{5.7317}{243033} \cdot 10^6 = 23.58 \text{ kg / m}^3$$

$$D_2 = \frac{5.8082}{244038} \cdot 10^6 = 23.8 \text{ kg / m}^3$$

$$D_3 = \frac{5.6589}{242279} \cdot 10^6 = 23.36 \text{ kg / m}^3$$

$$D_{ort} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3} = \frac{23.58 + 23.8 + 23.36}{3} = 23.58 \text{ kg / m}^3$$

4.6. YANMA DENEYİ (TS 6999 ye göre)

Polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin yanma testleri TS 6999'a göre yapılmakta olup ayrıntılı açıklamalar bölüm 3.6. verilmiştir.

A) Test Cihazı

Deney hücresi 1.5 mm kalınlığında plaka sacdan imal edilmiş olup içten içe uzunluğu 596 mm, genişliği 298 mm ve yüksekliği 760 mm'dir. Test cihazı kısımları ilgili standart açıklamaları kısmında verilmiştir.

Deney hücresi üzerinde sıcaklığa dayanıklı pyrex cam pencere bulunan ön kapak hareketli olup istenildiğinde çıkabilmektedir. Deney esnasında hava akımını engellemek için conta kullanılmıştır. Standartta resmi verilen bek başı yerine atmosferik brülör kullanılmış ve alevin bekin tepesinden itibaren 14 mm yükseklikte 1000°C'lik sıcaklıkta olması sağlanmıştır. Bekte kullanılan gaz bütan propan karışımıdır.

Tel ızgara 210 mm uzunluğunda, 97 mm genişliğinde ve bir ucu 20 mm'lik ve 90°'lik açı yapacak şekilde bükülmüştür. 1 mm çaplı paslanmaz çelik malzemeden göz açıklığı 5 mm'dir. Tel ızgara deney odası çeperlerinden 100 mm uzaklıkta ve tabandan

180 mm yukarıdadır. Numunenin tabanı ile bek arasındaki mesafe 200mm'dir. Bek bir aparat ile sabitleştirilmiştir.

B) Numunelerin Hazırlanması

Yanma özelliklerinin tespiti deneyi aşağıdaki malzemeler için yapılmıştır.

1. Polietilen esaslı ısı yalıtım levhası;

a) Kalınlığı $h=9$ mm

b) Kalınlığı $h=5$ mm

2. Polietilen esaslı boru ısı yalıtım malzemesi;

a) İç çap $d_{iç}=25$ mm, dış çap $d_{dış}=55$ mm

b) İç çap $d_{iç}=115$ mm, dış çap $d_{dış}=151$ mm

3. Polietilen esaslı silindirik ısı yalıtım derz dolgu malzemesi; çap, $\phi=40$ mm

5 mm ve 9 mm kalınlığındaki levha malzeme 150 mm uzunluğunda 50 mm genişliğinde kesildi. $d_{iç} / d_{dış}=25\text{mm} / 55\text{mm}$ olan boru malzeme standartta belirtilen ölçülerde kesilmesi imkansız olduğundan (12mm×40mm×150mm) boyutlarında kesildi. $d_{iç}/d_{dış}=115\text{mm}/145\text{mm}$ olan boru yalıtım malzemesi (15mm×45mm×150mm) boyutlarında kesildiler. Derz dolgusu malzemesi (15mm×38mm×150mm) boyutlarında kesildiler. Her numuneden 10'ar adet hazırlandı. Kesme işlemi gözeneklere zarar verilmemesi düşünülerek metal kesme aleti ile yapıldı. Son olarak numunelerin eni boyunca 25 mm içeriden işaret çizgisi çizilir.

Numunelerin Kondisyonlanması

Numuneler TS 720'ye göre kondisyonlanmıştır. Kondisyonlama şartları sıcaklık $t=27^\circ\text{C}$ bağıl nem $\phi= \%65$ olup süre 24 saattir.

B) Deneyin Yapılışı

Teste başlamadan önce standartta belirtilen alev boyu sağlanmalıdır. İlk olarak gaz açılıp ateşleme yapıldı ve alev elde edildi. Ucundan 13 mm kıvrılmış metal bir tel ile alev boyu ölçülür. Alev boyu tel ile aynı yüksekliğe gelmesi için gaz ayar vanası ayarlandı ve istenilen alev boyu elde edilince ana vana kapatıldı. Böylelikle ana vananın her açılışından sonra yapılacak olan ateşleme ile oluşan alev boyunun 13 mm yüksekte olması sağlanmış oldu.

Deney hücresinin sürgülü penceresi açıldı ve deney parçası çizgi üst kısma gelecek şekilde yerleştirildi. Gaz açılıp ateşlendirilerek alev oluşturuldu, aynı anda kronometre çalıştırılıp sürgülü pencere kapatıldı. 60 saniye sonra gaz kapatıldı. Bu zaman zarfında alevin işaret çizgisine ulaştığı numunelerde bu süre kaydedildi. Alevin işaret çizgisine ulaşmadığı numunelerde alev işaret çizgisine ulaştığı anda kronometre durdurularak toplam yanma süresi kaydedildi. Bu deney her grup aynı özellikteki malzemeler için 10 adet numune üzerinde gerçekleştirildi. Her deneyden sonra ızgara üzerindeki erimiş malzemeler temizlenerek ızgaranın soğuması beklendi. Ayrıca her 3 deney sonunda alev boyu kontrolü yapıldı.

Yapılan deneylerde numunelerin aniden sönme durumu, aniden kömürleşme veya ızgaraya yapışma durumunun gözlemlendiğinde, bu durumdaki numuneler sonuçlar kısmındaki hesaplamalara katılmadı.

C) Hesaplamalar ve Sonuçların Gösterilmesi

Hesaplamaların yapılış şekli bölüm 3.6.da verilmiştir. Aşağıdaki tabloda

kalınlığı $h=5\text{ mm}$ olan levha malzeme için yapılan deney sonuçları verilmiştir

Tablo 4.3. Yanma Hızı Değerleri

Numune No	Yanma Süresi t_e (sn)	Çizgiye Gelme Süresi (t_b)	Yanan Boy L_e (mm)	Yanma Hızı (mm / sn)
1	75	64	150	1.95
2	72	62	150	2.02
3	67	58	150	2.15
4	65	57	150	2.19
5	70	59	150	2.11
6	73	62	150	2.01
7	76	65	150	1.92
8	70	61	150	2.05
9	70	60	150	2.10
10	72	58	150	2.15

Not : Sadece üst yüzeyleri yanan maddelerde kütle kaybı ölçülmesi gerekmektedir. Numunelerde bu durum olmadığı için kütle kaybı hesaplamalarına gerek yoktu

D)Sonuç

Ortalama Yanma Hızı :2.07 mm/s

4.7.BOYUT KARARLILIĞI DENEYİ (TS 2251'e göre)

Polietilen esaslı ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinden biri olan boyut kararlılığı TS 2251' de belirtilen yöntemle belirlenir.TS 2251 bölüm 3.7. de ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

A) Numunelerin Hazırlanması

Aşağıda belirtilen boyutlarda hazırlanan numuneler 24 saat süre ile sıcaklığı 23 ± 2 °C ve bağıl nemi $\% 50 \pm 5$ olan ortamda bekletildi. Buradan alınan numune boyutları şekilde gösterildiği gibi ölçüldü. Örnek olarak levha malzemelerin ölçüm ve hesap değerleri verilecektir. Numune boyutlarının tespiti dijital kumpas ile yapıldı.

Levha malzeme için

K1 = 5.1mm	U1 = 100.1mm	G1 = 100.0mm
K2 = 5.1mm	U2 = 99.8mm	G2 = 99.9mm
K3 = 5.0mm	U3 = 99.9mm	G3 = 99.9mm
K4 = 5.0mm	U4 = 100.1mm	G4 = 100.0mm
K5 = 5.1mm	U5 = 99.8mm	G5 = 100.1mm

Boyutları belli olan numuneler 85 ± 2 °C sıcaklıktaki fırında 20 saat bekletildi.

Ortamdan çıkarılan numuneler 2 saat süre ile 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 50 \pm 5$ bağıl nemli ortamda bekletildi ve boyutları tekrar ölçüldü.

$$K1 = 5.0\text{mm}$$

$$U1 = 93.4\text{mm}$$

$$G1 = 93.3\text{mm}$$

$$K2 = 5.0\text{mm}$$

$$U2 = 93.6\text{mm}$$

$$G2 = 93.4\text{mm}$$

$$K3 = 4.9\text{mm}$$

$$U3 = 93.3\text{mm}$$

$$G3 = 93.5\text{mm}$$

$$K4 = 4.9\text{mm}$$

$$U4 = 93.3\text{mm}$$

$$G4 = 93.4\text{mm}$$

$$K5 = 5.0\text{mm}$$

$$U5 = 93.5\text{mm}$$

$$G5 = 93.4\text{mm}$$

B) Hesaplama

Deney parçasının uzunluğundaki yüzdesel değişim

$$U = 100 \frac{U_t - U_0}{U_0}$$

$U_0 = 20$ saat sonrası uzunluk ortalaması

$U_t =$ Deney öncesi uzunluk ortalaması

$$U = 100 \frac{100 - 93.3}{100} = 0.067$$

Deney parçasının genişliğindeki yüzdesel değişim

$$G = 100 \frac{G_t - G_0}{G_0}$$

$G_0 = 20$ saat sonrası genişlik ortalaması

$G_t =$ Deney öncesi genişlik ortalaması

$$G = 100 \frac{100 - 93.3}{100} = 0.067$$

100 °C için yapılmış değerler**1) 5mm Levha için**

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	93,3	100,0	6,7
2	93,3	100,0	6,7
3	93,5	100,0	6,5
			Ortalama: %6,63

2) 9mm Levha için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	99,0	100,0	1
2	99,1	100,0	0,9
3	99,2	100,0	0,8
			Ortalama: % 0,9

3) Boru $D_{iç}=115\text{mm}$ $D_{dış}=151\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	95,3	100,0	4,7
2	95,5	100,0	4,5
3	95,2	100,0	4,8
			Ortalama: % 4,67

4) Boru $D_{iç} = 25\text{mm}$ $D_{dış} = 55\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	94,4	100,0	5,6
2	94,6	100,0	5,4
3	94,7	100,0	5,3
			Ortalama: % 5,43

5) Dolgu Fiteli $\phi = 40\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	96,1	100,0	3,9
2	96,1	100,0	3,9
3	96,3	100,0	3,7
			Ortalama: % 3,83

70 °C için yapılmış değerler

1) 5mm Levha için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	99,5	100,0	0,5
2	99,5	100,0	0,5
3	99,4	100,0	0,6
			Ortalama: % 0,53

2) 9mm Levha için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	99,9	100,0	0,1
2	99,9	100,0	0,1
3	99,9	100,0	0,1
			Ortalama: % 0,1

3) Boru $D_{iç} = 115\text{mm}$ $D_{dış} = 151\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	99,9	100,0	0,1
2	99,8	100,0	0,2
3	99,8	100,0	0,2
			Ortalama: % 0,17

4) Boru $D_{iç} = 25\text{mm}$ $D_{dış} = 55\text{mm}$

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	99,5	100,0	0,5
2	99,6	100,0	0,4
3	99,6	100,0	0,4
			Ortalama: % 0,43

5) Dolgu Fiteli $\phi = 40\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	96,4	100,0	0,6
2	96,5	100,0	0,5
3	96,6	100,0	0,4
			Ortalama: % 0,5

15 °C için yapılmış değerler

1) 5mm Levha için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	100	100,0	0,0
2	100	100,0	0,0
3	100	100,0	0,0
			Ortalama: % 0,0

2) 9mm Levha için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	100	100,0	0,0
2	100	100,0	0,0
3	100	100,0	0,0
			Ortalama: % 0,0

3) Boru $D_{iç} = 115\text{mm}$ $D_{dış} = 151\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	100	100,0	0,0
2	100	100,0	0,0
3	100	100,0	0,0
			Ortalama: % 0,0

4) Boru $D_{iç} = 25\text{mm}$ $D_{dış} = 55\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	100	100,0	0,0
2	100	100,0	0,0
3	100	100,0	0,0
			Ortalama: % 0,0

5) Dolgu Fiteli $\phi = 40\text{mm}$ için

Numune No	Son Uzunluk(mm)	İlk Uzunluk(mm)	% Değişim
1	100	100,0	0,0
2	100	100,0	0,0
3	100	100,0	0,0
			Ortalama: % 0,0

3.8.BASMA DENEYİ (TS 1696'ya göre)

Polietilen esashi ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerinden biri olan basma gerilmelerine karşı dayanım tespiti TS 1696 'ya göre hesaplanır.Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgi bölüm 3.8.'de verilmiştir.

A)Test Cihazları

Testler Dizayn Teknik Plastik Boru ve Elemanları San. ve Tic. A.Ş. laboratuvarlarında yapılmıştır.

Basma cihazı: hızı ayarlanabilen ev yerine takıp çıkarılan kafası bulunan ilerleme hızı vemiaktarı ve kuvvet değeri dijital olaral ölçülebilir. Basma disk çapı 15.8 mm'dir.

B)Numunelerin Hazırlanması

Numunelerin standartta 50 mm * 50 mm * 50 mm boyutlarında olması istenmiş olup 50 mm kalınlığa sahip olunmadığı için aşağıdaki ebatlarda 5'er adet numune hazırlanmıştır.

- | | | |
|---|--|------------------------|
| 1-Levha malzeme (9 mm kalınlık) için | | 50 mm * 50 mm *9 mm |
| 2-Boru malzeme için | $\frac{D_{iç}}{D_{dış}} = \frac{25\text{mm}}{55\text{mm}}$ | 50 mm * 42 mm *14.8 mm |
| 3-Boru malzeme için | $\frac{D_{iç}}{D_{dış}} = \frac{115\text{mm}}{151\text{mm}}$ | 50 mm * 50 mm *18 mm |
| 4-Derz dolgu malzemesi (silindir $\phi=40$) için | | 50 mm * 35 mm *12.5 mm |

C) Testin Yapılışı:

Örnek deney olarak büyük çaplı boro malzeme anlatılmıştır. Numune kalınlığı 18 mm olup makina hızı kalınlığın %10'u olması istediği için 1.8 mm 7dakika'ya ayarlandı. Parça iki plaka arasına yerleştirildi. Kafanın ilerleme miktarı dijital olarak ölçülür ve 1.8 mm ilerlediğinde %10 deformasyona ulaşmış olduğu anlaşılır ve aynı anda kuvvet değeri yine dijital olarak ölçülür.

D) Hesaplama

$$\frac{D_{iç}}{D_{dış}} = \frac{115mm}{151mm} \text{ boru malzeme için 1. numunenin \%10 deformasyonda ortalama}$$

basma gerilmesi;

$$\text{BasmaGerilmesi} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{BasmaAlanı}}$$

$$\text{BasmaGerilmesi} = \frac{3.1N}{196.06mm^2} = 158.1kPa$$

Tablo 4.6. 9 mm Kalınlığında Levha Malzeme İçin Basma Gerilmeleri

Numune	Basma Çapı (mm)	Basma Alanı (mm ²)	Kuvvet (N)	Basma Gerilmesi(kPa)
1	15.8	196.06	3.1	15.810
2	15.8	196.06	3.0	15.300
3	15.8	196.06	3.0	15.300
4	15.8	196.06	3.1	15.810
5	15.8	196.06	3.2	16.320

Sonuç:%10 deformasyonda ortalama basma gerilmesi: 15.708 kPa

Tablo 4.5. Boru Malzeme $\frac{D_{iç}}{D_{dış}} = \frac{25mm}{55mm}$ için Basma Gerilmeleri

Numune	Basma Çapı (mm)	Basma Alanı (mm ²)	Kuvvet (N)	Basma Gerilmesi(kPa)
1	15.8	196.06	9.0	45.902
2	15.8	196.06	8.4	42.842
3	15.8	196.06	8.7	44.372
4	15.8	196.06	9.2	46.922
5	15.8	196.06	8.5	43.352

Sonuç:%10 deformasyonda ortalama basma gerilmesi:44.678 kPa

Tablo 4.6. Boru Malzeme $\frac{D_{iç}}{D_{dış}} = \frac{115mm}{151mm}$ için Basma Gerilmeleri

Numune	Basma Çapı (mm)	Basma Alanı (mm ²)	Kuvvet (N)	Basma Gerilmesi(kPa)
1	15.8	196.06	8.6	43.862
2	15.8	196.06	9.2	46.922
3	15.8	196.06	9.0	45.902
4	15.8	196.06	8.7	44.372
5	15.8	196.06	8.4	42.842

Sonuç:%10 deformasyonda ortalama basma gerilmesi:44.780 kPa

Tablo 4.7 Derz Dolgu Malzemesi İçin Basma Gerilmeleri

Numune	Basma Çapı (mm)	Basma Alanı (mm ²)	Kuvvet (N)	Basma Gerilmesi(kPa)
1	15.8	196.06	7.4	37.742
2	15.8	196.06	7.8	39.782
3	15.8	196.06	7.5	38.252
4	15.8	196.06	7.6	38.762
5	15.8	196.06	7.7	39.272

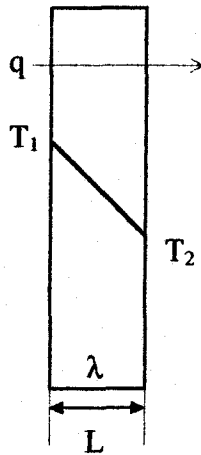
Sonuç: %10 deformasyonda ortalama basma gerilmesi: 38.762 kPa

5. ISI YALITIMI MALZEMELERİNİN MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Yalıtım malzemelerinin ısı yalıtım miktarları malzemenin kondüksiyon ısı iletim katsayısı λ ile kalınlığına bağlı olarak değişim gösterir. Dolayısıyla farklı özellikteki yalıtım malzemelerinin aynı miktarda ısı yalıtımı sağlamaları kullanılacak olan malzeme kalınlıklarının değişimi ile mümkündür. Yalıtılmak istenen ısı miktarının veya ulaşılmak istenen yüzey sıcaklıklarının sağlanması için gerekli olan yalıtım kalınlığının hesabı problem arz etmemektedir. Bununla birlikte mevcut malzemeler ile en ekonomik yalıtım malzemesi seçimi büyük önem kazanmaktadır. Böylelikle hem yalıtımdan dolayı kazanılan bir enerji tasarrufundan hem de ilk yatırım maliyetlerinin asgariye indirilmesi ile elde edilen parasal kazançtan söz edilebilir.

Şekil 5.1. de kesiti verilen bir düz duvar uygulamasında yalıtım malzemesini ele alalım. Yüzey sıcaklıkları T_1 ve T_2 olan L kalınlığındaki ve λ ısı iletim katsayısına sahip malzemeden transfer olan ısı miktarı;

$$q = \frac{\lambda}{L} \cdot \Delta T \quad \text{şeklinde hesaplanır.}$$



Şekil 5.1. Düz Bir Duvarda Kondüksiyonla Isı Transferi

Farklı özelliklerdeki malzemeler ile aynı miktarda ısı transferi sağlanabileceğinden

$$q = \frac{\lambda_1}{L_1} \cdot \Delta T = \frac{\lambda_2}{L_2} \cdot \Delta T = \frac{\lambda_3}{L_3} \cdot \Delta T = \dots\dots$$

eşitliğini yazmak mümkündür. Bu eşitlikte ΔT sıcaklık farklarının aynı olduğu durum için eşitlik

$$\frac{\lambda_1}{L_1} = \frac{\lambda_2}{L_2} = \frac{\lambda_3}{L_3} = c(\text{sbt}) \quad \text{şeklini alır.}$$

Dolayısı ile uygulanan malzeme kalınlıkları aynı ısı transfer miktarı için

$$L_1 = \frac{\lambda_1}{c} \quad L_2 = \frac{\lambda_2}{c} \quad L_3 = \frac{\lambda_3}{c} \quad \text{şeklinde yazılabilir.}$$

f = Yalıtım malzemesi birim hacim maliyeti (TL / m³)

F = Uygulanan kalınlıktaki malzemenin birim alan yalıtım maliyeti (TL / m²)

olarak alınırsa

$$F = L \cdot f$$

$$F = \frac{\lambda}{c} \cdot f \quad , \quad F \cdot c = \lambda \cdot f \quad \text{şeklinde hesaplanır.}$$

c sabit olduğundan $L \cdot f$ veya $\lambda \cdot f$ değeri minimum olan ısı yalıtım malzemesi aynı miktardakisi yalıtımını daha ekonomiksāğlayacak demektir.

5.1.Örnek Maliyet Hesabı Karşılaştırılması

Eşit miktarda ısı yalıtımının sağlanması için poliüretan, cam yünü, polistren, EPS, taş yünü ve styropor malzemelerinin maliyet hesabı karşılaştırılması yapılacaktır.

Not: Birim hacim maliyet değerleri malzemelerin satışını yapan firmalardan alınarak ortalama değer verilmiştir.

$$c = \frac{\lambda_1}{L_1} = \frac{\lambda_2}{L_2} = \frac{\lambda_3}{L_3} = \frac{\lambda_4}{L_4} = \frac{\lambda_5}{L_5} = \frac{\lambda_6}{L_6}$$

Poliüretan malzeme için:

$L_1 = 0,05$ m olarak seçildiğinde

$f = 19.200.000$ TL / m³

$F = L \cdot f = 0,05 \times 19.200.000 = 960.000$ TL / m² olarak bulunur.

$$F = \frac{\lambda \cdot f}{c} \quad \text{ve} \quad F \cdot c = \lambda \cdot f$$

$c \cdot F = \lambda \cdot f = 0,025 \times 19.200.000 = 480.000$ olarak maliyet karşılaştırması değeri bulunur.

Tablo 5.1 Isı Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Karşılaştırması

Malzeme	L (m)	f (TL / m ³)	λ (kcal / m h °C)	F = L.f (TL)	c.F = $\lambda \cdot f$
Poliüretan	0,05	19.200.000	0,025	960.000	480.000
Cam Yünü	0,068	6.600.000	0,034	448.800	224.400
Polistren	0,07	4.600.000	0,035	322.000	161.000
EPS	0,07	20.130.000	0,035	1.409.100	704.000
Taş Yünü	0,082	17.000.000	0,041	1.394.000	697.000
Styropor	0,056	7.325.000	0,028	410.200	205.100

Yukarıdaki altı malzeme için yapılan maliyet analizi hesaplarından, aynı özellikteki yalıtım için polistren malzemenin minimum maliyeti verdiği sonucuna varılmıştır.

6.SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında ısı yalıtımı tanımlanmış, yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması yapıp özellikleri sunulmuş, plastik ve sert gözenekli malzemelerin test standartları anlatılmış ve son olarak ısı yalıtım malzemelerinin seçiminde maliyet hesabı karşılaştırılmasının nasıl yapılacağı örneklerle anlatılmıştır.

Sıcak bölge ısı yalıtımlarında anorganik esaslı malzemeler sınıfında bulunan cam yünü 700°C ' ye curuf yünü 750°C' ye, asbest 800° C' ye, kizelgur 1000° C' ye kadar dayanıklıdır. Bu anorganik yalıtım malzemelerinin yüksek sıcaklıklarda ısı iletim katsayıları yüksektir. Fakat ısı dayanımlarının yüksek olması nedeniyle yüksek sıcaklıklarda kullanılmalarının uygun olacağı sonucuna varılır.

Soğuk bölge ısı yalıtımlarında ise anorganik ısı yalıtım malzemelerinin yanı sıra turb, ipek, mantar gibi organik yalıtım malzemeleri de kullanılmaktadır. Ayrıca polietilen, poliüretan gibi sentetik esaslı ısı yalıtım malzemeleri düşük sıcaklıklarda düşük ısı iletim katsayılarına sahip olmaları ve yoğuşmaya dayanımlarının organik malzemelerden daha fazla olması nedeniyle tercih edilirler.

Bu tezde anlatılan testlerin yapılışı sırasında zaman zaman zorunlu olarak standartların belirttiği durumların dışına çıkmıştır. Birkaç örnek vermek gerekirse:

Isı iletkenliği tayini (TS 389) deneyinde termokupullardan alınan sıcaklık değerlerinin tek tek ölçülmesi yerine hepsi ayrı ayrı dataloger cihazına ve oradan bilgisayara aktararak sıcaklık ölçülmesine büyük oranda kolaylık sağlamıştır. Ayrıca verilen ısı miktarının elektriksel akım ile potansiyel farkın ayrı ayrı ölçülüp daha sonra hesaplanması yerine wattmetre kullanarak direkt ölçüm yapılmıştır. Standartta termokupulların muayene borusuna tespit edilip sonra numuneni monte edilmesi istenilmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi gerek termokupulların yerinden çıkması gerekse numunelerin sık geçmesinin sağlanamamasından dolayı gayet zor bir durumdur. Bu nedenle yaptığımız deneylerde öncelikle numune muayene borusuna monte edilmiş ve termokupullar hassas şekilde açılan deliklerden muayene borusuna tespit edildikten sonra

delikler aynı malzeme ile kapatılmıştır. Termal fotoğraftan da anlaşılacağı gibi bu uygun bir montaj şeklidir. Sistemin rejim halini alması için ilk olarak rejim halindeki ısı miktarının üzerinde bir ısı verilerek süre kısaltılmış bu ısı miktarları tecrübe edilerek her numuneye uygulanmıştır.

Açık ve kapalı gözeneklerin tayini (TS 4202) deneyinde numune boyutları standartta (100 mm x 30 mm x 30 mm) şeklinde istenmiş olup mevcut numunelerin bu boyutlarda hazırlanması imkansızdır. Dolayısıyla aynı yüzey / hacim oranını sağlayacak şekilde numuneler hazırlanmış ve boyutları bölüm 4.2' de verilmiştir.

Su buharı geçirgenliği (TS 1971) deneyinde numuneler beherlere yerleştirildikten sonra kenarlarının parafin mumuyla ile doldurulması istenmiştir. Ancak parafin mumunun eritilerek sıvı hale getirildikten sonra yapılan doldurma işlemlerinde polietilen esaslı ısı yalıtım malzemesinin temas ettiği yüzeylerde fiziksel değişimler görülmüştür. Parafin mumu yerine silikon esaslı malzeme doldurma işlemi yapılarak bu sorun çözülmüştür.

Su adsorpsiyonu (TS 4502) deneyinde istenilen numune boyutları (50 mm x 50 mm x 50 mm) istenmiş olup mevcut numunelerle bu boyutlara ulaşamayacağı için numuneler bölüm 4.4 ' de belirtilen şekilde hazırlanmıştır.

Yanma hızının tespiti (TS 6999) deneyinde bekbaşının dikdörtgen kesitli olduğu belirtilmiştir. Fakat yaptığımız deneylerde atmosferik şofben brülörü kullanılarak istenilen alev boyu ve sıcaklığına ulaşılmıştır. Ayrıca numune boyutları (150 mm x 50 mm x 13 mm) olarak belirtilmiştir. Fakat silindirik malzemelerin bu boyutlarda kesilmesi imkansız olduğundan numuneler bölüm 4.6' da belirtilen şekilde kesilerek hazırlanmıştır. Aynı duruma boyut kararlılığı (TS 2251) ve basma deneyinde (TS 1696) ' de rastlanmış olup numune boyutları bölüm 4.7 ve 4.8' de belirtildiği şekilde hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- 1- Binyıldız E., Polistren Köpükten Yapılmış Isı Yalıtım Malzemeleri Standartı, Kasım / Aralık 1996, Yalıtım Dergisi, sayı: 4
- 2- Çıkvasvili B.R., Poliüretan Sert Köpüğü Püskürtme İle Isı Yalıtımı, Ocak/ Şubat 1997, Yalıtım Dergisi, sayı: 4
- 3- Dagsöz A. K., 1976, Isı İzalasyonu
- 4- DPT., Plastik Kitabı
- 5- EPS Üreticileri Derneği Katoloğu
- 6- F.B. Rowley Heizung und Luftung Bd 17 1943 Heft 7/8
- 7- J.S.Cammerer Heizung und Luftung Bd 1943 Heft 7/8
- 8- İzocam, Isı, Ses ve Teknik İzalasyon Kitabı
- 9- Mc Elnoy / Kimflen editors, Insulation Materials Testing and Applications, STP 1030, ASTM
- 10- Özer M., 1982, Yalıtım
- 11- Powell / Matthaus editors, Thermal Insulation Materials and Systems, STP 922, ASTM
- 12- Topçu D., Isı Yalıtım Malzemelerinde İlk Avrupa Ürün Standardı, Eylül/Ekim 1996, İzalasyon Dünyası Dergisi, sayı: 1
- 13- Türker, A., İzoder Bülteni, Temmuz 1996 sayı: 10
- 14- TSE'nin TS 720, TS 1856, TS 389, TS 6240, TS 4202, TS 1971, TS 4502, TS 1975, TS 6999, TS 2251, TS 1696 No'lu Standatları
- 15- VDI Waerme Atlas 1963

ÖZGEÇMİŞ

- 1973 Van'da doğdu.
- 1987 Van Atatürk Ortaokulu'ndan mezun oldu.
- 1990 İstanbul Kabataş Erkek Lisesi'nden mezun oldu.
- 1990 Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümüne kayıt oldu.
- 1994 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu ve Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Isı Proses Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı.
- 1996 Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalında Araştırma Görevliliğine başladı.