

VAKUMLU YALITIM PANELLERİ

Emrah DENİZ¹, Ahmet Korhan BİNARK²

¹Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, KARABÜK

²Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, İSTANBUL

emrahdeniz67@hotmail.com; akorhan@marmara.edu.tr

Özet

Vakum ortamı, ısı geçişinin en az olduğu ortam olarak bilinmektedir. Vakumlu yalıtım yaklaşımı pencerelere, vakumlu çift cam takılması yöntemiyle uygulanmış ve verimliliğinden ve etkinliğinden dolayı oldukça yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Benzer bir yaklaşımla, yalıtım özelliğine sahip malzemelerin bünyelerinde bulunan havanın vakumlanarak kullanılabilmesi halinde bu malzemelerin ısı iletim katsayılarında da önemli ölçüde düşüş sağlanabilecektir. Vakumlu Yalıtım Panelleri (VYP), çok geniş bir kullanım alanına hitap eden ve en yüksek ısı yalıtımını vadeden yalıtım birimleridir. VYP'lerin ortasında destek görevi gören gözenekli bir iç malzemesi bulunur. Bu malzeme gaz geçirmeyen, farklı yapılarda olabilen bir zarf içerisine alınarak içerideki hava belli oranda vakumlanmış ve böylece VYP'in ısı iletim katsayısı düşürülmüştür. Bu birimlerin içerisindeki hava basıncı kullanılan iç malzemenin tipine bağlı olarak 0,01 ila 10 mbar arasında değişim gösterir. VYP'lerde kullanılan iç dolgu malzemeleri alışılmış yalıtım malzemelerinden, açık hücreli polimerler ve mikro-gözenekli silisler kadar çeşitlilik göstermektedir. Polimer iç malzemeler 0,005 ila 0,008 W/mK düzeyinde ısı iletim katsayısı gösterirken, silis tozu tabanlı tipik bir panelin ısı iletkenliği 10 mbar'lık yumuşak bir vakumda 0,004 W/mK seviyesine kadar düşebilmektedir. Bu çalışmada, VYP'lerde kullanılan iç dolgu, zarf ve gaz giderici malzemeler ile bu malzemeler kullanılarak yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalıtım, Vakum, Malzeme

Abstract

Vacuum is known as the environment with the lowest heat transfer rate. Vacuum Insulation has been successfully applied to windows as double glazed window and has become popular widely. With a similar approach, heat transfer rate of the materials with insulation properties can be significantly lowered by evacuating the air inside these materials. Vacuum Insulation Panels (VIP) are the insulation units promising the best heat insulation with a wide range of usage area. There is a porous filling in the mid-layer of VIPs. This material is enclosed by a gas-impermeable envelope and the air inside is vacuumed to some extent for the sake of decreasing the heat transfer rate. Air pressure in these panels range between 0,01 to 10 mbar depending on the type of the filling. Fillings used in VIPs ranges from conventional insulation materials to open cell polymers and micro-porous silica. While the polymer fillings have heat transfer coefficients ranging from 0,005 to 0,008 W/mK, a typical panel with silica powder can have a heat transfer rate of as low as 0,004 W/mK under a soft vacuum of 10 mbar. This study includes tests using fillings, envelope and gas removing materials used in VIPs.

Key Words: Insulation, Vacuum, Material

1. GİRİŞ

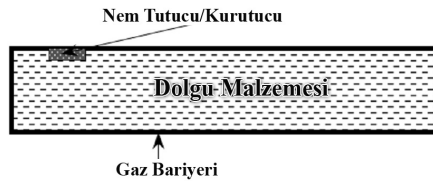
Enerjinin, ekonomik ve sosyal politikaların önemli belirleyicisi olması, enerji sektörünü ekonomik kalkınmanın temel taşlarından biri haline getirmiştir. Dünya enerji rezervlerinin tükenmekte olduğu günümüzde mevcut enerji tüketimini rasyonel bir şekilde planlamak ve enerji tasarrufuyla tüketimi azaltmak konuları önemli bir yer teşkil etmektedir [1]. Bu noktada ısı yalıtımı çeşitli üstün özelliklerinden dolayı ön plana çıkmaktadır.

Yalıtım malzemeleri, başta kullanım yerlerinin özellikleri olmak üzere birçok çeşitliliğe sahiptirler. VYP'ler ise, klasik yalıtım malzemelerine göre on kata kadar daha düşük ısı iletim katsayıları ile dikkat çekmektedirler. Yapılan çalışmada, VYP'lerin yapısal özelliklerinin yanında konu ile ilgili çeşitli bilim grupları tarafından yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir.

2. VAKUMLU YALITIM PANELLERİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Alışlagelmiş yalıtım malzemelerinde, genel olarak, yalıtımı sağlayan havadır. Dolayısıyla, yalıtım malzemesinin performansı, havanın ısı iletim katsayısı olan 25 mW/mK değeri ile sınırlıdır.

Vakumlu yalıtım panelleri, gözenekli yapıdaki bir iç dolgu malzemesinin, iç dolgu malzemesi karakterine bağlı olarak gaz giderici malzeme kullanılarak ya da tek başına bir dış zarfın içine konularak vakumlanması ve sızdırmazlığı sağlanarak atmosfere kapatılması ile oluşturulur. Tipik bir vakumlu yalıtım panelinin şematik gösterimi Şekil 1.'de verilmiştir. Vakumlu yalıtım panellerinin üretiminde değişik alternatif malzemeler mevcuttur. Üç ana grupta incelenen bu alternatif malzemeler Tablo 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Bir vakumlu yalıtım panelinin şematik gösterimi [2].

Tablo 1. Vakumlu yalıtım malzemelerinin üretiminde kullanılan alternatif malzemeler [3].

VAKUMLU YALITIM MALZEMELERİNİN BİLEŞENLERİ	
İç Dolgu Malzemesi	Aerogel
	Açık Hücreli Poliüretan
	Geri Dönüşümü Yapılmış Üretan
	Açık Hücreli Ekstrude Edilmiş Polistiren
	Fiberglas
	Toz Malzemeler
Dış Zarf	Plastik
	Paslanmaz Çelik
	Alüminyum içeren çok katmanlı filmler
Gaz Gidericiler	Zeolit
	Karbon Tozu
	Desikant
	Kimyasal Gaz Gidericiler

Kullanılan iç dolgu malzemelerinin ısı iletim katsayıları, atmosfer basıncında klasik yalıtım malzemelerine eşdeğer veya daha yüksek olmakla beraber, vakumlu ortamlarda klasik yalıtım malzemelerine göre daha düşük olmaktadır.

VYP'lerin servis ömrü, vakum seviyesine bağlıdır. VYP'ler, vakumlu oldukları sürece görevlerini yerine getirirler. VYP'lerdeki vakum seviye artışları; dış zarf ve kaynak noktaları boyunca gerçekleşen gaz ve su buharı geçirgenliği, iç dolgu malzemesinden ve zarf malzemesinden kaynaklanan gaz yayılımı gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır.

Vakum seviye artışının önlenmesi için, VYP'lere gaz giderici yerleştirilmektedir. Yerleştirilecek gaz giderici miktarı tamamen planlanan VYP ömrü ile ilişkilidir. Gaz gidericiler kimyasal elemanlardır ve panel içindeki atık gazları ve su buharını tutmaktadırlar. VYP ömrü belirlendikten sonra gaz ve su buharı geçirgenlikleri ile gaz yayılımı değerleri dikkate alınarak panel içine yerleştirilen gaz giderici malzemenin ömrü bittiği anda panel de ömrünü tamamlamaktadır.

İdeal bir VYP'den; kritik basınç değerinin yüksek olması, ısı iletim katsayısının düşük olması, konvansiyonel poliüretan ile kullanılabilir olması, kolay elde edilebilir olması, çevre dostu olması ve geri dönüşümlü olması özellikleri beklenir.

VYP'lerin ısı yalıtım kapasitesi, klasik yalıtım malzemelerine göre yaklaşık on kat daha yüksektir. Bu paneller, özellikle enerji ihtiyacı fazla olan yerlerde daha kullanışlıdır. VYP'lerin artan yalıtım değerleri, bina zarf malzemelerinin incelmelerini de sağlamaktadır. Yapıyı oluşturan elemanların boyutlarının, yapısal mukavemetinden çok yalıtım malzemesi

taşıyabilme yeteneğine sahip olduğu durumlarda, yalıtım kavimleri azaltılabilir. Bu sayede kullanılan malzemeden tasarruf edilebilir, kullanılabilir bina alanı artırılabilir ve binanın ömrü tamamlandığında ortaya çıkacak olan atık malzemeler azaltılabilir.

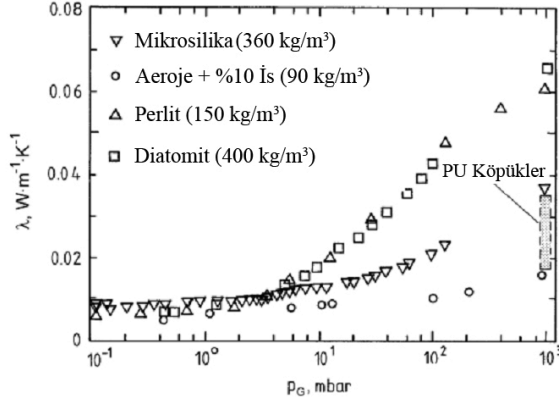
3. VAKUMLU YALITIM PANELLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

VYP'nin ömrünün uzun olması öncelikle gaz bariyerine/zarf malzemesine ve dolgu malzemesine bağlıdır. Dolgu alüminyum geçirilmiş polyethylene (PE) ya da polyethylene terephthalate (PET) içeren birkaç tabakadan oluşan yüksek bir bariyer tabakasına kapatılır ve içerisindeki basınç 1 mbar basıncın altına kadar boşaltılır. Bariyer tabakalar özellikle bina uygulamaları için ihtiyaç duyulan uzun bir servis süresi için ve nem ile havanın çok düşük oranlardaki sızıntılarına karşı en uygun hale getirilir. Gaz bariyeri havaya ve neme karşı yalıtım sağlanmasına yardımcı olurken dolgu malzemesi de yalıtım kapasitesini artırır. İçi boşaltılmış dolgular oda sıcaklığında hemen hemen 0.004 W/mK ısı iletkenliğe sahip olur. 2 cm kalınlıkta U değeri 0.2 W/m²K'dir. Bu incelik büyük ölçüde dış cephe yalıtım yapısında önemli avantajlar sağlar [4].

Kanada Ulusal Araştırma Kurulu'nun (NRC) Yapı Araştırma Enstitüsü'nde yapılan çalışmalar, ticari olarak bulunabilen vakum teknolojisinin ve zarf malzemeleri, havanın ve nemin gaz bariyerdan geçişine efektif olarak direnç sağlamaktadır [5]. Fakat yapılan çeşitli çalışmalar göstermektedir ki, çok yavaş da olsa hava ve/veya nem dolgu malzemesine ulaşabilmektedir ve bu sayede dolgu malzemesinin ısı iletkenliğini artırmaktadır. Bu ısı yalıtım malzemesinin kapasitesinin azalma seviyesi, nem alıcı malzemenin kapasitesinin başlangıçtaki seviyesine veya VYP içerisine nüfuz eden atmosferik gazlara veya su buharına bağlıdır. Ancak bu durum, gözenek basıncı ile dolgu malzemesinin ısı iletkenliğinde meydana gelen değişimin ilişkisine bağlıdır. Literatürde belirtilen ve yaygın olarak kullanılan dolgu malzemeleri cam yünü [6], açık gözenekli organik köpükler [7], tozlar [8] ve arojellerdir.

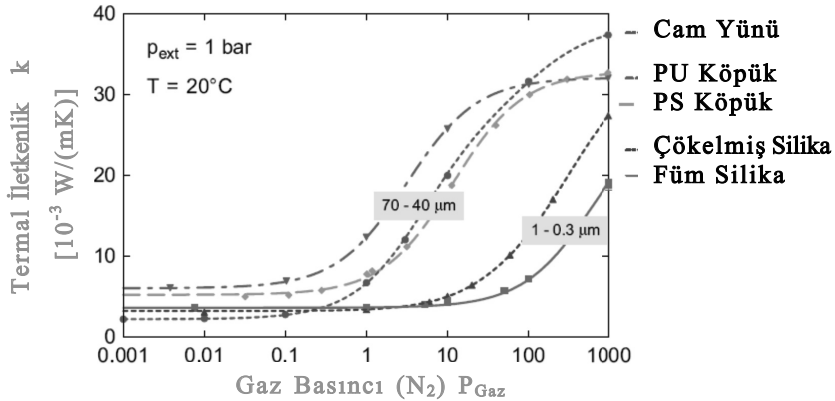
Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de VYP üretiminde kullanılan çeşitli malzemelerin ısı iletkenlikleri ve gözenek basınçları gösterilmiştir [9; 10]. Bu şekillerden de açıkça görülebileceği gibi, dolgu malzemesinin ısı iletkenliğinin logaritmik olarak arttığı bir eşik noktası mevcuttur. Bazı dolgu malzemeleri için bu eşik noktası 10 Pa gibi düşük bir değer olabilirken, bazı dolgu malzemeleri için ise bu değer 10000 Pa gibi yüksek bir değer olabilmektedir. Bu durum, açık

hücreli dolgu malzemesinin yüksek gözenek basıncında daha düşük ısı iletim katsayısına sahip olabilmesinin, malzemenin gözenek yapısı ile ilgili olduğunu göstermektedir [11].

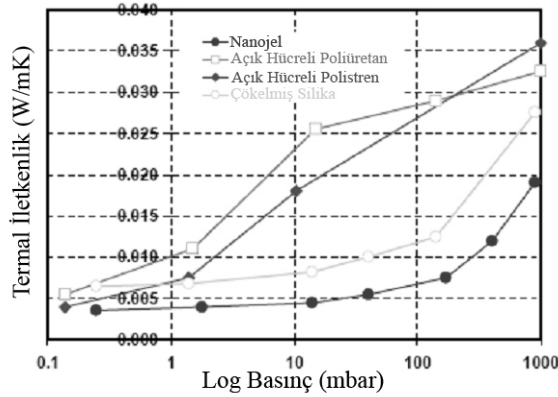


Şekil 2. 300 K'de çeşitli silika dolguların gaz basıncına bağlı olarak ısıl iletkenlikleri [9].

Daha küçük gözenekli dolgu malzemeleri, daha yüksek gözenek basınçlarında daha düşük ısı iletim katsayısına sahip olabilmektedir. Bu sebepten dolayı, mikro veya nano gözenek yapısına sahip çökelmiş silika, füm silika ve nanojel malzemeleri; cam yünü, açık hücreli poliüretan köpüğü, açık hücreli polistren köpüğünden farklı olarak, 10000 Pa gibi düşük vakum seviyelerinde düşük ısıl iletkenlik karakteristiği göstermektedir. Bu arada, nano gözenekli dolgu malzemeleri, mikro veya makro gözenekli dolgu malzemelerine kıyasla çok daha pahalıdır. Bu durum, sadece nano gözenekli dolgu malzemelerinin yapımı için gereken malzemenin pahalı olmasından değil, aynı zamanda nano gözenekli dolgu malzemesinin üretiminin de pahalı olmasının bir sonucudur.



Şekil 3. İç dolgu malzemeleri için vakum seviyesi-ısı iletim katsayısı ilişkisi [10].



Şekil 4. Gözenek basıncı ile dolgu malzemesinin ısı iletkenliğinin değışimi [2].

Nano malzemeler için önde gelen kişilerden birisi, 1930'lu yıllarda bir ıslak kimyasal süreçle ilk silika aerojelleri yapan Kistler'dir. Kistler, bu aerojellerin havadaki ısı iletkenliklerinin 0.020 W/m-K civarında olduğunu yani diğer yalıtıcılardan önemli ölçüde düşük ısı iletim katsayısına sahip olduğunu bulmuştur. Aynı zamanda, en azından aerjel monolitleri ve ince aerjel tozları için gaz termal iletimini bastırmak için 10 mbar'lık bir basınca vakumlamamanın yeterli olduğunu gözlemlemiştir. Kistler'in geliştirmelerini takiben Monsanto, 1950'lerden 1970'lere kadar binlerce ton silika aerjel üretmiş fakat ekonomik sebeplerden dolayı üretimi askıya almıştır. 1980'lerde iyi tanımlanmış şartlar altında ve dış yükü hassas bir şekilde kontrol ederek yapılan ölçümler de Kistler'in heyecan verici sonuçlarını doğrulamıştır. Aynı zamanda aerojellerin diğer silika tozlarından üstün olduğu da açıklık kazanmıştır.

1980'lerde ve 1990'larda birkaç büyük kimya firması ile aerojellerin büyük çaplı üretimi için geliştirme faaliyetleri tekrar arttığı halde, silika aerojeller, seri üretim için yeterince büyük miktarlarda bulunmamıştır. Fiberler, tozlar ve köpükler hakkında yapılan çeşitli çalışmalar göstermiştir ki, yüke dayanıklı vakumlu fiberler, bütün yalıtım malzemeleri arasında en büyük ısı dirence sahip olanlardır. Ancak vakumlu fiberlerde gaz basıncı 1 mbar'ın üzerine çıktığında ısı iletkenlikleri iki katına çıkmaktadır.

Doğal olarak, tatmin edici derecede uzun ömürlü vakum yalıtım malzemesi üretmenin pahalı oluşunun bir sebebi de bu dolgu malzemesinin pahalı oluşudur. İnşaat sektöründe vakum yalıtım panellerinin uygulanmasında bu maliyetin önüne geçmek için birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, VYP'lerin iç dolgu malzemeleri ile ilgili çalışmalar çoğunlukla malzeme üreticisi firmalar tarafından yapılmış ve bağımsız

araştırmacıların çalışmaları firmaların ticari ürünleri ile sınırlı kalmıştır. Bu nedenle iç dolgu malzemelerindeki gelişmeler tamamıyla üretici firmalara bağlı olarak devam etmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji kaynaklarının belirgin bir sorun haline geldiği günümüzde, yalıtım malzemeleri enerjinin ekonomik kullanımı ve maliyetlerin düşürülmesi konusunda büyük bir alternatif haline gelmiştir. Yalıtım malzemelerinin yalıtım özelliklerinin ve uygulama alanlarının geliştirilmesi konuları birçok araştırmacının çalışmalarını yoğunlaştırdığı bir alan haline gelmiştir. Özellikle VYP'ler konusunda yapılan çalışmalar ile yalıtım malzemelerinde büyük ilerlemeler sağlanmıştır.

VYP'ler konusunda geçmişten günümüze yapılan çalışmalar konuyla ilgili yapılacak olan yeni çalışmalara ışık tutmaktadır. VYP'lerin kullanım miktarını, yalıtım kapasitelerini ve malzeme çeşitliliğini arttırabilmek amacıyla yeni çalışmalar yapılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Gürbağ , H., (1987). “Sanayide Yalıtıma Ekonomik Açıdan Bakış”, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 10, xi.
2. Mukhopadhyaya, P., (2006). “High Performance Vacuum Insulation Panel–Research Update From Canada”, Global Insulation Magazine, Sh. 9-15.
3. Soysal, A., (2000). “Vakumlanmış İzolasyon Panellerinin Isı İletim Katsayılarının Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, Sh. 3-16.
4. Caps, R., Heinemann, U., Ehrmantraut, M., Fricke, J., (2001). “Evacuated Insulation Panels Filled with Pyrogenic Silica Powders: Properties and Application”, High Temperatures - High Pressures, Vol. 22, pp. 151-156.
5. Mukhopadhyaya, P., Kumaran, K., Lackey, J., Normandin, N., Van Reenen, D., (2005). “Long-Term Thermal Resistance and Use of Vacuum Insulation Panel in Buildings”, 10th Canadian Conference on Building Science and Technology, Ottawa, Canada, pp. 169-181.
6. Caps, R., Hetfleisch, J., Rettelbach, Th., Fricke, J., (1996). “Thermal Conductivity of Spun Glass Fibers as Filler Material for Vacuum Insulations”, Thermal Conductivity, 23, Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania, pp. 373-382.

7. Dietrich, K. W., McCullough, D. W.,(1996). in Proc. International Polyurethane Industry Conference Utech '96, The Hague, Netherlands.
8. Stovall, T., Wilkes, K., Nelson, G., Weaver, F., (1999). “An Evaluation of Potential Low-Cost Filler Materials for Evacuated Insulation Panels”, *Thermal Conductivity* 24, pp. 437-449.
9. Fricke, J., Heinemann, U., Ebert H.P., (2008). “Vacuum Insulation Panels—From Research to Market”, *Vacuum*, pp. 680-690.
10. Heinemann, U., Caps, R., Fricke, J., (1999). “Characterization and Optimization of Filler Materials for Vacuum Super Insulations.” *Vuoto Scienza e Tecnologia* 28, pp. 43-46.
11. Tye, R.P., (1969). *Thermal Conductivity I*, London and New York: Academic Press, pp. 2-68.