

**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MOTORLAR LABORATUARI**



DENEY FÖYÜ

DENEY ADI

LAMİNER VİSKOZ AKIM ISI DEĞİŞTİRİCİSİ

DERSİN ÖĞRETİM ÜYESİ

YRD. DOÇ. DR. GÜLŞAH ÖZİŞİK

DENEYİ YAPTIRAN ÖĞRETİM ELEMANI

ARŞ. GÖR. HALİL HAKAN AÇIKEL

DENEY GRUBU:

DENEY TARİHİ :

TESLİM TARİHİ :

Tesisatın Özellikleri:

Bu ünite laminer akışların söz konusu olduğu su ve yağ arasındaki ısı transferinin araştırılması için iç içe borulu bir ısı değiştiricisi içermektedir. Bu ünite yağ ısıtma ve pompalama ekipmanları, akış ve sıcaklık ölçüm aletleri ve ısı değiştiricisinde paralel ve zıt yönlü akış sağlayacak özelliklere sahiptir.

ISI DEĞİŞTİRİCİSİ: Isı değiştiricisi iç içe geçirilmiş iki bakır borudan oluşmaktadır. İç taraftaki borudan sıcak yağ akmaktadır. Isı değiştiricisinin belli noktalardaki sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır. Bunlar:

t_1 = sıcak yağ giriş sıcaklığı

t_2 = sıcak yağ çıkış sıcaklığı

t_3 = sıcak yağın girişindeki metal boru sıcaklığı

t_4 = sıcak yağın çıkışındaki metal boru sıcaklığı

t_5 ve t_6 = soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklığı

Isı Değiştiricisi: İç Tüp Madde: Bakır

Dış çap(d_0) = 12.7 mm

İç çap(d_i) = 11.3 mm

Etkili Uzunluk = 910 mm

Dış ısı transfer alanı, $A_d = 0.0365 \text{ m}^2$

İç ısı transfer alanı, $A_d = 0.0323 \text{ m}^2$

Ortalama ısı transfer alanı, $A_m = 0.0342 \text{ m}^2$

Akış alanı, $S_i = 96.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Dış tüp Madde: Bakır

Dış çap = 15.9 mm

İç çap = 14.4 mm

Alt akış alanı, $S_0 = 36.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Suyun özgül ısısı $c = 4.18 \text{ kJ /kgK}$ 40°C için

$c = 4.22 \text{ kJ /kgK}$ 100°C için

Sıcak Yağ Sirkülasyonu:

2.5 litre yağ kapasiteli tank içerisindeki yağ ısıtma amacıyla kullanılan 500 W'lık bir elektrik rezistansı ile ısıtılmakta, ısı değiştiricisinin içerisindeki boruya pompalanmaktadır. Yağ ısı değiştiricisinden geçerek soğutulmakta ve aşağıdaki kontrol valfinden geçerek ölçekli bir cam tankının içerisine dolmaktadır. 0.5 litre kapasiteli ölçüm tankı içerisindeki hareketli bir vana vasıtasıyla yağ tekrar ısıtma tankına dönmektedir. Yağ debisi ölçüm tankına biriken yağ miktarı ve zaman ölçülerek tespit edilmektedir.

Deney tesisatında kullanılan Shell Thermia B yağının viskozitesi, yoğunluğu, ısıl öz iletkenliği, özgül ısı değerleri föyün ekinde yer almaktadır.

Soğutma Suyu Sirkülasyonu:

Soğutma suyu bir kontrol valfi ve debimetreden geçerek ısı değiştiricisine girmekte ve ısı değiştiricisinin diğer tarafından çıkarak boşaltma kanalına girmektedir. Eşanjöre suyun giriş ve çıkış noktaları değiştirilerek, paralel ve zıt yönlü akış sağlanmaktadır.

3) DENEYİN YAPILIŞI

Deney paralel ve karşıt akışlı olmak üzere iki bölümde yapılır. Akış yönleri ısı değiştiricisindeki su giriş ve çıkış bağlantılarının yerleri değiştirilerek ayarlanır. Yağ tankındaki yağ seviyesi kontrol edilir ve soğutma suyu bağlantıları yapılır. Yağ miktarı yeterli ise ısıtıcı ve pompa çalıştırıp kontrol valfi açılır. Isıtıcı maksimuma ayarlanır ve yağ sıcaklığı t_1 60°C olana kadar soğutma suyu açılmaz. Yağ sıcaklığı 60°C olunca soğutma suyu açılır ve soğutma suyu akış debisi ayarlanır. Uygun yağ giriş sıcaklığını verecek şekilde kontrol ayarı yapılır.

Sıcaklıklar sabit olduğu zaman ısı seçici anahtarın pozisyonu değiştirilerek sıcaklık değerleri not edilir. Bu arada soğutma suyu akış oranı debimetreden, yağ akış oranı ise ölçüm tankına belli zamanda biriken yağ miktarı ölçülerek tespit edilir. Bu işlemler farklı akış oranları ve yönleri için tekrarlanır.

4) ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Farklı sıcaklıkta ve birbirinden katı bir cidar ile ayrılan iki akışkan arasındaki ısı geçişi, birçok mühendislik uygulamasında önem taşır. Bu tür bir ısı geçişini engellemek için kullanılan cihaz, ısı değiştiricisi olarak adlandırılır ve hacim ısıtmasında, iklimlendirme tesislerinde, termik santrallerde, atık ısının geri kazanımında ve kimyasal işlemlerde uygulama alanı bulur.

Kullanım Alanları

- Merkezi ısıtma
- Musluk suyu ısıtması
- Yüzme havuzlarının ısıtılması
- Jeotermal enerji
- HVAC sanayi (soğutma kuleleri, ısı pompaları, ısı geri kazanımı...)
- Gıda sanayi
- Otomotiv sanayi
- Nükleer enerji istasyonları
- Plastik sanayi
- Kimya sanayi
- Tekstil sanayi
- Çelik sanayi
- Denizcilik sanayi
- Kondenserler

5) TEORİK BİLGİ:

Isı değiştiricileri sürekli akışlı açık sistemler olarak çalışırlar. Bir ısı değiştiricisi için kütle korunumu ilkesi, sürekli akış durumunda, ısı değiştiricisine giren ve ısı değiştiricisinden çıkan akışların debilerinin toplamalarının eşit olmasını gerektirir. Bu sonuç şu şekilde de ifade edilebilir: Sürekli akış koşullarında, ısı değiştiricisinden geçen her iki akışın kütle debileri ayrı ayrı sabittir.

İç içe borulu bir ısı değiştiricisinin tamamını kontrol hacmi olarak alırsak kütle korunumu ilkesi uygulandığında her akışında kütledebilerinin sabit olduğu görülür.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{yağ}$$

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_{su}$$

Zaman ölçeğine bağlı olarak ısı geçişi çözümlenmeleri için uygun olan birinci yasa tanımlamaları şu şekilde ifade edilebilir;

$$\dot{E}_i + \dot{E}_g - \dot{E}_0 = \frac{dE_{st}}{dt} \cong \dot{E}_{st}$$

Bir Δt zaman aralığı boyunca yukarıdaki denklem integre edilirse;

$$\dot{E}_i + \dot{E}_g - \dot{E}_0 = \Delta E_{st}$$

Bu bağıntı kelimeler ile ifade edilecek olursa, giren ve üretilen enerji miktarlarının, kontrol hacmi içinde depolanan enerji miktarını arttırdığı, çıkan enerjinin ise depolanan enerjiyi azalttığını belirtir.

Bir Δt zaman aralığı boyunca sisteme geçen ısı Q (enerji girişi) ve sistemin yaptığı iş W (enerji çıkışı) ise, sistem içerisinde herhangi bir enerji üretimi gerçekleşmiyorsa ($E_g = 0$) ve kinetik ile potansiyel enerji değişimleri ihmal edilebilir mertebede ise, yukarıdaki denklemler aşağıdaki eşitliğe indirgenir.

$$Q - W = \Delta U$$

Öte yandan, belirli bir andaki enerjinin korunumu ilkesi de,

$$q - \dot{W} = \frac{dU}{dt}$$

şeklinde ifade edilir. Burada iç, kinetik ve potansiyel enerjilerinin sisteme girişi ve çıkışı, madde akışı ile de olmaktadır. Böyle durumlarda yapılan iş yoluyla enerji alışverişlerini iki kısma ayırmaktadır. Birinci kısım, akış işi olarak adlandırılır ve sistem sınırları üzerinde etkiyen basınç kuvvetlerine karşı yapılan işi gösterir. Bu işin birim kütle başına miktarı, akışkanın basıncı ile özgül hacminin çarpımına eşittir (pv). Diğer tüm işlerin sistem tarafından yapıldığı kabul edilir ve W teriminin içine katılırlar. Dolayısıyla, eğer ısı geçişi sisteme ise, sistem içinde herhangi bir enerji dönüşümü gerçekleşmiyorsa ve sürekli rejim geçerli ise denklem aşağıda verilen sürekli akış için enerji denklemine indirgenir.

$$\dot{m} \left(u + pv + \frac{V^2}{2} + gz \right)_i - \dot{m} \left(u + pv + \frac{V^2}{2} + gz \right)_0 + \dot{Q} - \dot{W} = 0$$

İç enerji ile akış işinin toplamı, entalpi ile değişebilir.

$$h = u + pv$$

Sıcak ve soğuk akışkanlar arasındaki toplam ısı geçişi q ise ve ısı değiştiricisinden çevre ortama bir ısı kaybı yoksa, potansiyel ve kinetik enerjilerin göz ardı edilmesi durumunda enerjinin korunumu denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$q = \dot{m}_{yağ} (h_1 - h_2)$$

$$q = \dot{m}_{su} (h_5 - h_6)$$

Akışkanlarda faz değişimi olmadığı ve özgül ısıların sabit olduğu kabul edilirse bu eşitlikler;

$$q = \dot{m}_{yağ} C_{p,yağ} * (T_{yağ,i} - T_{yağ,o})$$

$$q = \dot{m}_{su} C_{p,su} * (T_{su,i} - T_{su,o})$$

Sıcak ve soğuk akışkan arasındaki sıcaklık farkı;

$$\Delta T = T_{yağ} - T_{su}$$

Newton'un soğuma yasasında, ısı taşınım katsayısı h yerine toplam ısı geçiş katsayısı U 'yu yazarak bulunabilir. Bu durumda ΔT ısı değiştiricisi içerisinde değiştiğinden bu bağıntıyı

$q = UA\Delta T_m$ biçiminde yazmak gerekir.

U : toplam ısı geçirme katsayısı (W/m^2K)

ΔT : ortalama sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

A : ısı transferi yüzey alanı (m^2)

5.1. Ortalama ısı transfer katsayısı

Bir ısı değiştiricisinde ısı ayırıcı bir duvar içinden sıcak bir akışkandan soğuk bir akışkana transfer edilir. Bir ısı değiştiricinin cidarı genellikle ince olduğu için, bütün alanların eşit olduğunu kabul edebiliriz. Bu ifade şu şekilde yazılabilir:

$$q = UA\Delta T_m$$

5.2. Borularda zorlanmış taşınım

Zorlamalı ısı transferine etki eden faktörlerin birçoğu ısı değiştirici problemlerinin teorik çözümünü imkansız kılar. Bununla birlikte deneysel araştırmalarla birleştirilmiş boyutsal analizler, kolaylıkla kullanılabilen bir çok bağıntı kabul edilmiştir.

$$Nu = \frac{hl}{k} \quad \text{Nusselt sayısı}$$

$$Re = \frac{mD}{\mu S} \quad \text{Reynolds sayısı}$$

$$Pr = \frac{c\mu}{k} \quad \text{Prandtl sayısı}$$

$$L/D \quad \text{Geometrik oran}$$

Tamamen gelişmiş türbülans, üniform (düzenli) kesit alanın kanalları içinde akar, bu bağıntının iyi bilinen biçimi şu şekildedir.

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4}$$

Isı, önemli doğal taşınım etkilerinin yokluğunda ve akış laminar olduğu zaman dairesel borular içine transfer olur, aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$Nu = 1.62 \left(\frac{RePr}{L/D} \right)^{1/3}$$

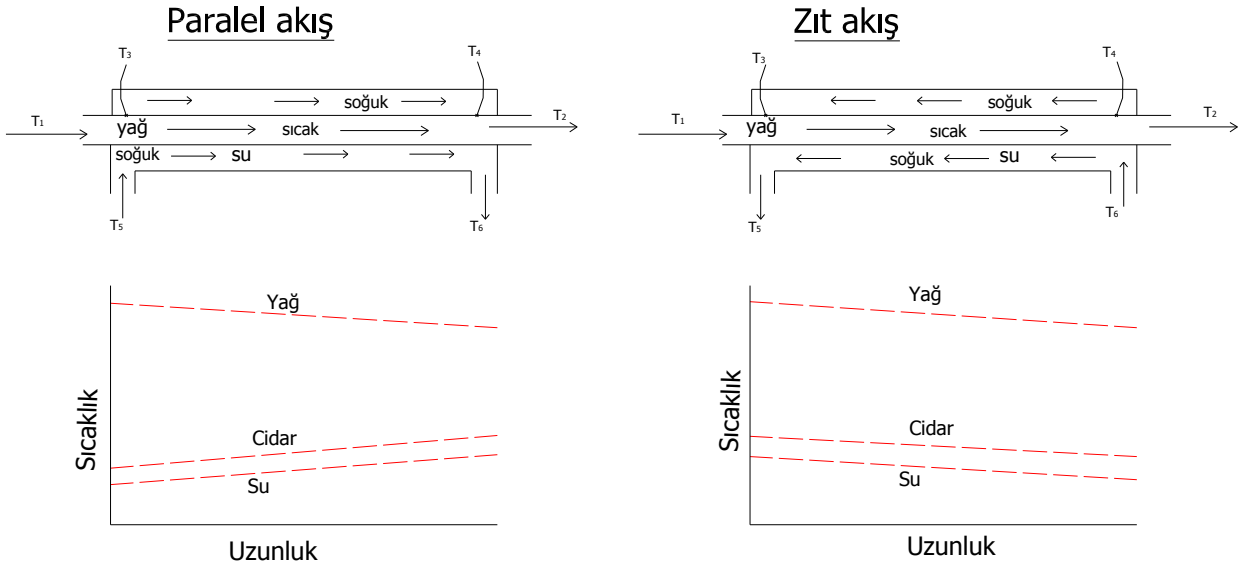
Veya alternatif biçimde,

$$Nu = 1.75Gz^{1/3}$$

$$Gz = \frac{\pi RePr}{4 L/D} = \frac{\dot{m} C_p}{kL} \quad \text{Gratz sayısıdır.}$$

5.3. Basit konsantrik tüplü ısı değiştiricilerindeki sıcaklık dağılımı

Konsantrik tüplü ısı değiştiricideki sıcaklık dağılımı iki tek fazlı akışkan içinden gösterildiği gibi paralel akım tarzıyla ya da zıt akım tarzında akar.



Şekil 2. Paralel ve zıt akışlar için sıcaklıkların ısı eşanjörü boyunca değişimi.

İki akışkan arasındaki sıcaklık farkı ısı değiştiricinin pozisyonuna göre çeşitli olmaktadır. Isı transfer hesaplamaları eğer yerel sıcaklık farklarının ortalama bir değeri bulunabilirse, kolaylaşır. Akışkanın iki akışı arasında ortalama sıcaklık farkı şu şekildedir:

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

Paralel akış için ; $\Delta T_1 = T_1 - T_5 = T_{h,i} - T_{c,i}$ Zıt akış için ise : $\Delta T_1 = T_1 - T_6 = T_{h,i} - T_{c,o}$
 $\Delta T_2 = T_2 - T_6 = T_{h,o} - T_{c,o}$ $\Delta T_2 = T_2 - T_5 = T_{h,o} - T_{c,i}$

Burada; ΔT_{LM} logaritmik sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Bununla birlikte, akış laminar olduğu zaman, aritmetik ortalama sıcaklık farkı sıklıkla kullanılır.

$$Q_m = \frac{(t_1 - t_5) + (t_2 - t_6)}{2}$$

Isı transfer oranı şöyle verilir,

$$\dot{Q} = UA_m \theta_m$$

DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyde kullanılan yağa ait özellikler föyde verilen tablolardan ortalama sıcaklık değerleri için interpolasyon yapılarak bulunacaktır.

- Ortalama sıcaklıkta yağın özgül ısısı (C)
- Ortalama sıcaklıkta yağın yoğunluğu (ρ)
- Ortalama sıcaklıkta yağın vizkozitesi (ν)
- Ortalama sıcaklıkta yağın ısıl öz iletkenliği (k)

Nusselt Sayısı

Reynolds sayısı

Gratz sayısı

1) Sıcak akıştan ısı transfer oranı

$$Q_i = \dot{m}_i C_p * (t_1 - t_2) \quad (\text{her iki akış hali için})$$

2) Soğuk akışkana ısı transfer oranı

$$Q_0 = \dot{m}_0 C_p * (t_6 - t_5) \quad (\text{paralel akış için})$$

$$Q_0 = \dot{m}_0 C_p * (t_5 - t_6) \quad (\text{zıt akış için})$$

3) Genel ısı transfer katsayısı (U)

$$U = \frac{\dot{Q}_i}{A_m \frac{(t_1 - t_5) + (t_2 - t_6)}{2}}$$

4) Tüpün iç yüzeyi ve sıcak akışkanlar arasındaki yüzey ısı transfer katsayısı

$$h_i = \frac{\dot{Q}_i}{A_i \frac{(t_1 - t_3) + (t_2 - t_4)}{2}}$$

5) Tüpün dış yüzeyi ve soğuk akışkanlar arasındaki yüzey ısı transfer katsayısı

$$h_0 = \frac{\dot{Q}_0}{A_0 \frac{(t_3 - t_5) + (t_4 - t_6)}{2}}$$

Deney verileri		Paralel Akış	Zıt Akış
Yağ giriş sıcaklığı ($^{\circ}C$)	t_1		
Yağ çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C$)	t_2		
Girişte duvar sıcaklığı ($^{\circ}C$)	t_3		
Çıkışta duvar sıcaklığı ($^{\circ}C$)	t_4		
Su giriş sıcaklığı ($^{\circ}C$)	t_5		
Su çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C$)	t_6		
Toplanan yağ miktarı (lt)			
Yağ toplanma zamanı (sn)			
Su debisi (gr/sn)			