

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I

DENEY: PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİ

AMAÇ

Sıcak akışkandan soğuk akışkana geçen ısı transferinin hesaplanarak plakalı ısı değiştiricideki toplam enerji denkleğinin çıkarılmasıdır.

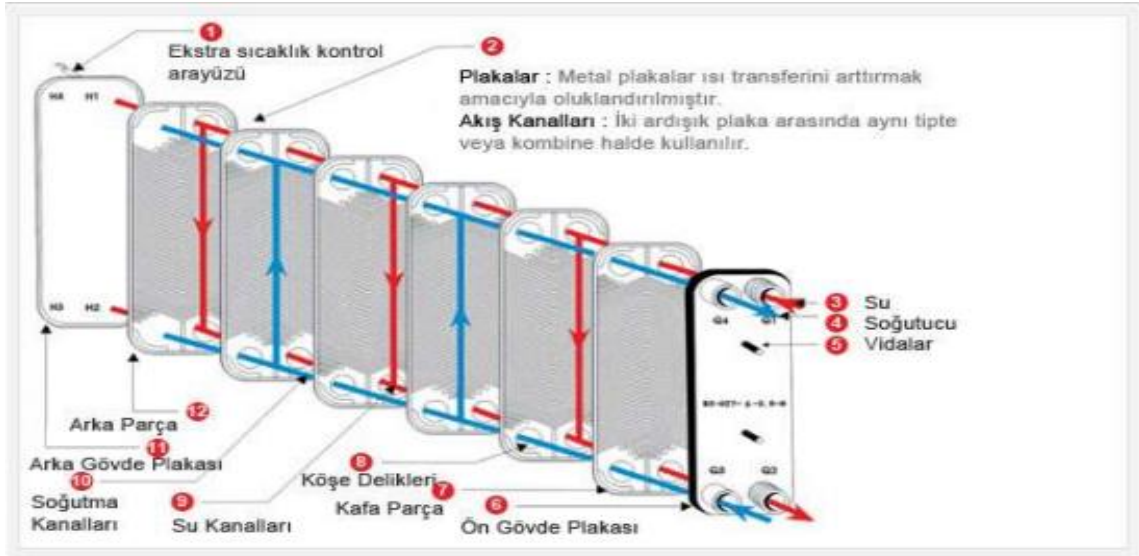
TEORİ

Plakalı Isı Değıştiriciler

Maliyet ve verimlilik konusunda sürekli devam etmekte olan çalışmalar geleneksel borulu ısı değıştiricilerinin yanı sıra pek çok değışik tipte ısı değıştiricisinin de geliştirilmesine yol açmıştır. Ancak bu farklı ısı değıştirici tiplerinin arasında en çok yaygınlık kazananı ve en başarılı olanı plakalı ısı değıştiriciler olmuştur. Günümüzde plakalı ısı değıştiriciler, süt ve gıda sanayinden kimyasal sanayiye kadar hemen her sanayi kolunda ısıtma ve soğutma bölümlerinde kullanılmaktadır.

Plakalı ısı değıştiriciler, farklı sıcaklıklara sahip türdeş veya farklı akışkan cinslerinin plakalar arasında birbirine karışmadan dolaşarak ısı alışverişı yapabilen ekipmanlardır. Plakalar üzerindeki özel balıksırtı tasarım sayesinde akış esnasında akışkanın hızı, sürekli olarak değışir. Bu nedenle elde edilen çalkantı ve yüksek türbülans sayesinde daha küçük hacim ile gereken ısıyı transfer eder.

Bunlarda esas ısı geçişinin olduğu yüzeyler, genelde ince metal plakalardan (levhalardan) yapılıır. Bu metal yüzeyler düz veya dalgalı biçimde olabilir. Borulu tip ısı değıştiricilerde olduğu gibi yüksek basınç ve sıcaklıklara dayanımları azdır Plakalar alüminyum, zirkonyum, titanyum, nikel veya paslanmaz çelikten yapılmış olabilir. Plakalı ısı değıştiricinin şematik gösterimi aşağıda verildiği gibidir.

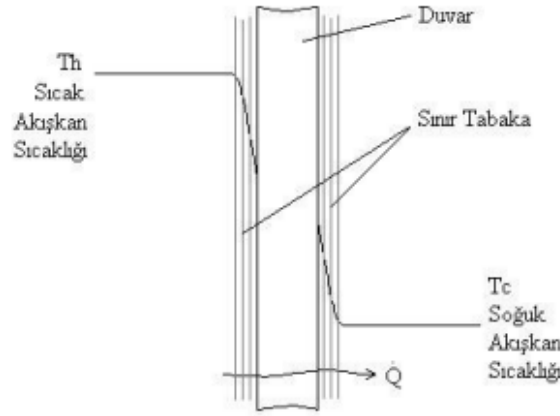


3.1. Isı Transferi

Birçok uygulamalarda ısının sıcak bir akışkandan soğuk bir akışkana transfer edilmesi gerekmektedir. Isı eşanjörleri bu amaç için geliştirilmiş ısı cihazlarıdır. Her ne zaman bir sıcaklık farkı olursa ısı transfer edilir ve ısı transferinin iyi bilinen üç şekli (iletim, taşınım ve yayılım) ayrı ayrı veya birarada meydana gelebilir.

3.1.1. Toplam Isı Transfer Katsayısı

Tipik bir ısı eşanjöründe, bir duvar boyunca ayrılmış bulunan sıcak akışkandan soğuk akışkana ısı transfer edilir. Sıcaklık dağılımı aşağıdaki şekilde olduğu gibidir.



Şekil 1. Sıcaklık Dağılımı

Isı $T_h - T_c$ sıcaklık farkı nedeniyle üç direnç boyunca $\left(\frac{1}{A_h h_h} + \frac{x}{A_m k} + \frac{1}{A_c h_c} \right)$ transfer edilir. Seri dirençler için \dot{Q} ısı transfer miktarı aşağıdaki gibidir.

$$\dot{Q} = \frac{T_h - T_c}{\Sigma R}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_h - T_c}{\left(\frac{1}{A_h h_h} + \frac{x}{A_m k} + \frac{1}{A_c h_c} \right)}$$

Isı eşanjöründe duvar kalınlığı (yani iç borunun et kalınlığı) genellikle ince olduğu için bütün alanlar eşit kabul edilebilir. O zaman yukarıdaki ifade aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\dot{Q} = A_m \cdot U \cdot (T_h - T_c)$$

Burada; A_m : Ortalama ısı transfer alanıdır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_h} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_c}$$

U, toplam ısı transfer katsayısı olarak adlandırılır. $\frac{x}{k}$ iletim direnci değerlerine göre genellikle küçüktür. Bununla birlikte, çeperlerde kirlenme olabilir. Yani çeperlerde kireç veya karbon gibi maddeler tabaka oluşturabilirler. Bu durum ısı eşanjörünün tasarımı aşamasında göz önünde tutulmalıdır.

Yüzey ısı transfer katsayılarının yani h_h ve h_c 'nin uygun biçimde hesaplanması çok önemlidir. Bu deneyin amaçlarından biri de su-su çifti türbülanslı akış ısı eşanjöründe bilinen metotlarla bu hesaplamaların yapılmasıdır.

3.1.2. Borularda Zorlanmış Taşınım

Taşınımın ısı transferini etkileyen çok sayıda faktör ısı eşanjörü problemlerinin teorik çözümünü hemen hemen imkansız kılar. Bununla birlikte deneysel araştırmalarla desteklenmiş boyut analizi kolayca kullanılacak bazı bağıntıların elde edilmesini sağlamış bulunmaktadır. Kullanılan bağıntı genellikle aşağıdaki gibidir.

$$Nu = f(Re, Pr, \text{geometri})$$

Burada; boyutsuz sayılar:

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \quad \text{Nusselt Sayısı}$$

$$Re = \frac{u_m \cdot \rho \cdot L}{\mu} = \frac{u_m \cdot L}{\nu} \quad \text{Reynolds Sayısı}$$

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{k} \quad \text{Prandtl Sayısı}$$

Düzgün kesit alanlı kanallarda ve borularda türbülanslı akış için çok bilinen Dittus-Boelter bağıntısı;

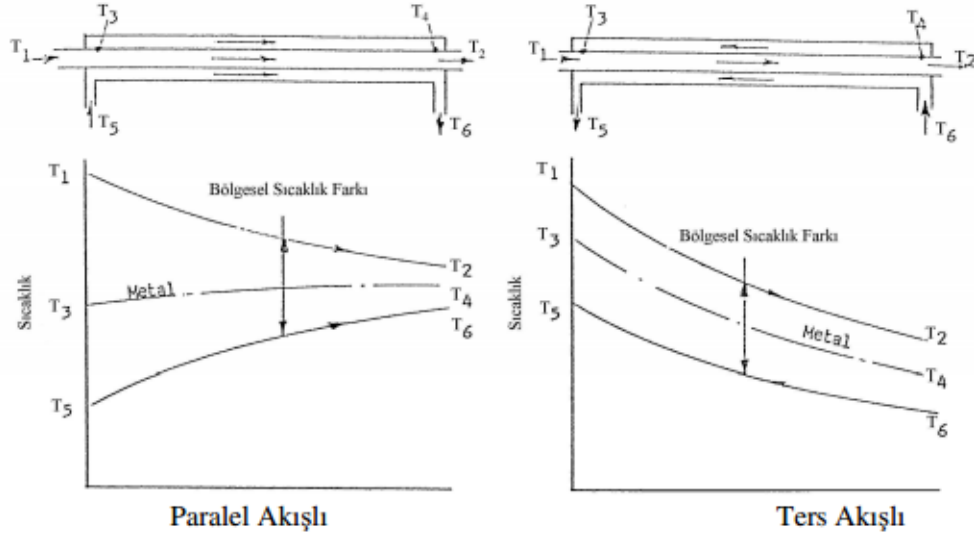
$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \quad (\text{Dittus-Boelter-1930})$$

şeklindedir. Burada,

$$L = d_h = \frac{4 \cdot \text{Kesit Alanı}}{\text{Islak Çevre}} : \text{Karakteristik uzunluk (hidrolik çap-boru ve kanallarda)}$$

Dairesel borular için $L = d_i$ alınacaktır. Yukarıdaki tüm hesaplamalarda özellikler akışkanın ortalama sıcaklığında alınır.

İç içe borulu ısı eşanjöründe sıcaklık dağılımı hem paralel akışlı hem de ters akışlı için aşağıdaki Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Isı Eşanjörlerinde Sıcaklık Dağılımı.

Sıcak ve soğuk akışkan için logaritmik ortalama sıcaklık farkı;

$$\Delta T_{m\log} = \frac{(T_1 - T_5) - (T_2 - T_6)}{\ln \frac{(T_1 - T_5)}{(T_2 - T_6)}} \text{ olarak verilir.}$$

Benzer ifade, akışkandan duvara logaritmik ortalama sıcaklık farkının elde edilmesi içinde yazılabilir. Buna göre ısı transfer miktarı;

$$\dot{Q} = A_m \cdot U \cdot \Delta T_{m\log h}$$

denklemleriyle verilir.

Deney tesisatında sıcak ve soğuk akışkanlar hem aynı yönde hemde zıt yönde akabilirler. Ayrıca her iki akışkan için giriş ve çıkış sıcaklıkları ile metalin (yani duvarın) duvar sıcaklığı ısı transfer alanının başlangıç ve bitişinde ölçülebilmektedir.

Isı Transfer (Isı Taşınım) Katsayısının Bulunması

Her iki akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları ve kütleli debileri gözlenerek aşağıdakiler hesaplanabilir.

i. Sıcak akışkandan olan ısı transfer miktarı

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_i \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$$

ii. Soğuk akışkana olan ısı transfer miktarı

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_o \cdot c_p \cdot (T_5 - T_6)$$

iii. Toplam ısı transfer katsayısı

$$U = \frac{\dot{Q}_i}{A_m \frac{(T_1 - T_5) - (T_2 - T_6)}{\ln \frac{(T_1 - T_5)}{(T_2 - T_6)}}$$

iv. Sıcak akışkan ile borunun iç yüzeyi arasındaki yüzey ısı transfer katsayısı

$$h_i = \frac{\dot{Q}_i}{A_i \frac{(T_1 - T_3) - (T_2 - T_4)}{\ln \frac{(T_1 - T_3)}{(T_2 - T_4)}}$$

v. Soğuk akışkan ile borunun dış yüzeyi arasındaki yüzey ısı transfer katsayısı

$$h_o = \frac{\dot{Q}_i}{A_o \frac{(T_3 - T_5) - (T_4 - T_6)}{\ln \frac{(T_3 - T_5)}{(T_4 - T_6)}}$$

DENEYİN YAPILIŞI



Şekil.1: Ceketli ısı deęiřtirici dűzeneęinin fotoęrafı

1. Isıtıcı tankı űst seviyesine kadar su ile doldurunuz.
2. Paralel akış için AV2 ve AV5 vanalarını açık, AV3 ve AV4 vanalarını kapalı konuma getiriniz.
3. Cihazı ve pompayı açınız.
4. Tank sıcaklığını 60°C'ye ayarlayınız. (ST16)
5. Sıcak su akış hızını (SC1) 3 L/dk'ya ayarlayın ve soğuk su akış hızını tank sıcaklığını sabit kalacağı şekilde ayarlayınız.
6. Deneysel sonuç tablosuna sıcaklık ve akış hızı değerlerini yazınız.
7. Zıt akış için AV3 ve AV4 vanalarını açık, AV2 ve AV5 vanalarını kapalı konuma getiriniz.
8. 3, 4, 5 ve 6. Adımları tekrarlayınız.
9. Bu sonuçlardan yararlanarak sıcak sudan aktarılan ısı transferini (q_h), soğuk su tarafından absorplanan ısıyı (q_c), ısı kaybını (q_l), logaritmik ortalama sıcaklık farkını (ΔT_{lm}) ve toplam ısı aktarım kat sayısını (U) bulunuz.

Tablo.1: Deneysel Sonuçlar

	Paralel Akış	Zıt Akış
ST16 (°C)	50	45
ST1 (°C)		
ST2 (°C)		
ST3 (°C)		
ST4 (°C)		
ST5 (°C)		
SC1 (L/dk)		
SC2 (L/dk)		
Tank Hacmi (L)	5.5	5.5

DENEY HAZIRLIK SORULARI

1. Isı aktarım prensipleri nelerdir? Formülleri ile beraber açıklayınız.
2. Isı değiştiricilerde paralel ve ters akış nedir? Hangi durumlarda hangi akış türü tercih edilir? Avantaj ve dezavantajları nelerdir?
3. Isı değiştiricilerde $Q_{\text{alınan}}$, Q_{verilen} (alınan-verilen ısı) ve U (toplam ısı aktarım katsayısı) nasıl hesaplanır?
4. Hesaplanan $Q_{\text{alınan}}$ ve Q_{verilen} değerleri birbirine eşit midir, açıklayınız.
5. Ceketli ısı değiştirici, plakalı ısı değiştirici ve kabuk-tüp ısı değiştirici için ısı aktarım alanı (A) nasıl belirlenir, araştırınız.

NOT: Deneye gelirken hazırlık soruları A4 kağıda cevaplanmış olarak gelinmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] M.CAN, E.PULAT, A.B.ETEMOGLU, “ Su-Su Çifti Türbülanslı Akış Isı Eşanjörü Deneyi”, 2012.
- [2] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, “Isı Değiştiriciler Modülü”,2013.