



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

FARKLI PLAKA AÇILARINA SAHİP PLAKALI ISI EŞANJÖRLERİNDE ISI TRANSFERİ VE ETKİNLİĞİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

BAYRAM KILIÇ
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ

OSMAN İPEK
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

FARKLI PLAKA AÇILARINA SAHİP PLAKALI ISI EŞANJÖRLERİNDE ISI TRANSFERİ VE ETKİNLİĞİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Bayram KILIÇ
Osman İPEK

ÖZET

Bu çalışmada, farklı plaka açılara sahip plakalı ısı değiştiricilerinin ısı transfer miktarları ve etkinlik değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla plakalı ısı değiştirici kullanılan bir ısıtma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Deneysel sistemde plaka açıları $\beta=30^\circ$ ve $\beta=60^\circ$ olan plakalı ısı değiştiricileri kullanılmıştır. Farklı plaka açılara sahip plakalı ısı değiştiricilerinin termodinamik analizleri yapılmıştır. Deneysel sistemde kullanılan plakalı ısı değiştiricilerindeki ısı transfer miktarı ve etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlardan $\beta=60^\circ$ plaka açısına sahip olan plakalı ısı değiştiricisinin ısı transfer miktarı ve etkinlik değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen deneysel sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Plakalı ısı değiştirici, Isı transferi, Etkinlik, Plaka açısı.

ABSTRACT

In this study, heat transfer rate and effectiveness of corrugated plate heat exchangers having different chevron angles were investigated experimentally. For this purpose, experimentally heating system used plate heat exchanger was designed and constructed. $\beta=30^\circ$ and $\beta=60^\circ$ chevron angles of plate heat exchangers were used in experimentally system. Thermodynamic analysis of corrugated plate heat exchangers having different chevron angles were carried out. The heat transfer rate and effectiveness values are calculated. The experimental results show that heat transfer rate and effectiveness values for $\beta=60^\circ$ is higher than that of the other. Obtained experimental results were graphically presented.

Key Words: Plate heat exchangers, Heat transfer, Effectiveness, Chevron angles.

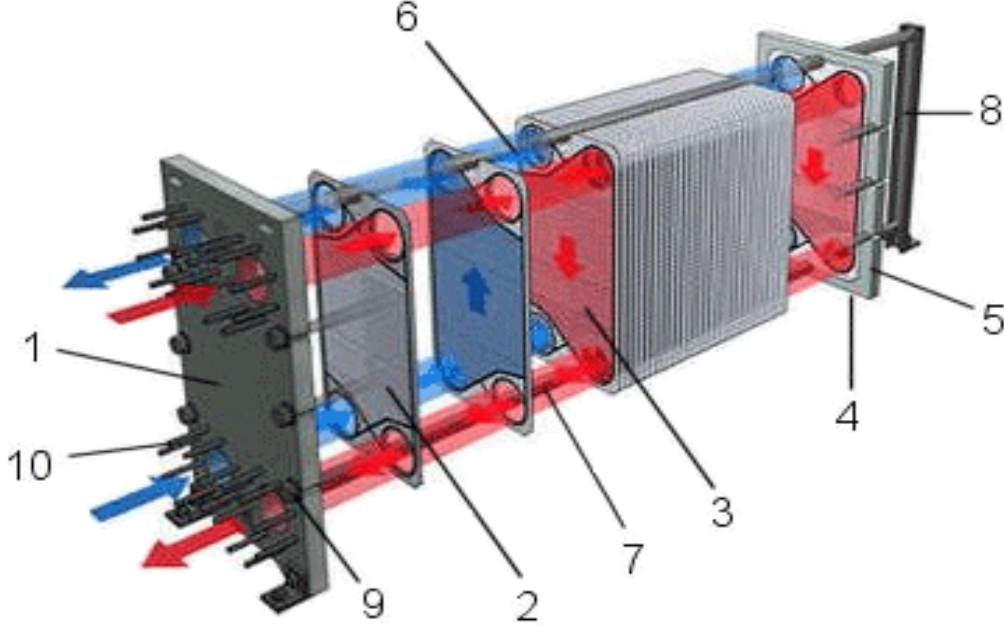
1. GİRİŞ

Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı cihazlar genelde ısı değiştirici olarak adlandırılmakta olup buharlaştırıcı, yoğunlaştırıcı, ısıtıcı, soğutucu gibi değişik adlar altında kimya, petrokimya endüstrilerinin, termik santrallerinin, soğutma, ısıtma ve iklimlendirme tesislerinin hemen her kademesinde değişik tip ve kapasitelerde görülebilir (Kılıç, 2013).

60 yıl önce geliştirilmiş olan plakalı ısı değiştiriciler, bu süre içerisinde pek çok uygulamalar ile kullanım alanlarını sürekli geliştirmişlerdir. Özellikle son 20 yıl içerisinde üretim metotlarında meydana

gelen gelişmelere kaynaklı tip plakalı ısı değıştircilerinde geliştirilmesi mümkün olmuştur (Kılıç ve ark., 2009).

Plakalı ısı değıştircilerinde esas ısı geçişinin olduğu yüzeyler genelde ince metal levhalardan yapılıır. Bu metal yüzeyler düz veya dalgalı biçimde olabilirler. Genellikle gövde-borulu tip ısı değıştircilerine göre daha yüksek toplam ısı transfer katsayısına sahiptirler. Şekil 1.'de plakalı bir ısı değıştircinin yapısı görülmektedir (Reppich, 1999).



Şekil 1. Plakalı ısı değıştircinin yapısı [5].

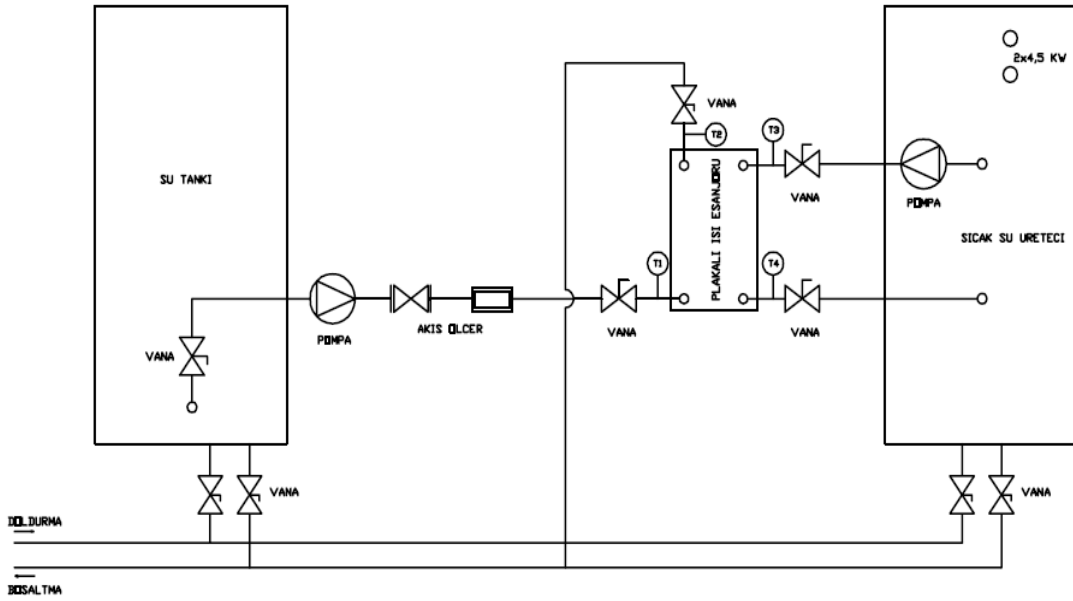
1. Sabit baskı plakası – Ön gövde
2. Başlangıç plakası
3. Plaka
4. Son plaka
5. Hareketli baskı plakası – Arka gövde
6. Üst taşıma kolunu
7. Alt taşıma kolunu
8. Destek kolunu
9. Burulmaya karşı gergin vida koruması
10. Bağlantı

2. DENEYSEL SİSTEM

Bu çalışmanın amacı, ısıtma sistemlerinde kullanılan plakalı ısı değıştircilerinde plaka geometrisi ile dinamik ve termal parametrelerin ısı transferine etkilerinin deneysel olarak araştırılarak farklı yüzey geometrisine sahip plakalı ısı değıştirci kullanılan bir ısıtma sistemi imal etmek ve plakalı ısı değıştircilerinin performans karakteristiklerini belirlemektir. Bu amaçla plakalı ısı değıştircisi kullanılan bir ısıtma sistemi deney cihazı tasarlanmış ve imal edilmiştir. Deney cihazı, termostat kontrollü bir ısıtıcı ile istenilen sıcaklıkta, iki farklı plaka geometrisine sahip ısı değıştirci için üç farklı pompa kademesine bağlı olarak elde edilen debilerde çalışabilmektedir. Kurulan deneysel sistem Şekil 2.'de deneysel sistemin şematik gösterimi ise Şekil 3.'de görülmektedir.



Şekil 2. Deney cihazı



Şekil 3. Deneysel ısı değıştirci sisteminin şematik gösterimi

DeneySEL sistem çalıştırıldığında; iki adet 4,5 kW gücünde ısıtıcılar vasıtasıyla sıcak su üretici kazanında ısıtılan su, bir pompa vasıtasıyla plakalı ısı değıştircisine gönderilmektedir. Plakalı ısı değıştircide ısısını, su tankından gelen suya aktararak tekrar sıcaklığı azalmış olarak sıcak su üretici kazanına geri dönmektedir. Su tankından çıkan su yine bir başka pompa yardımıyla ısı değıştircisine gönderilmektedir. ısı değıştircide sıcak su üretici kazanından gelen suyun ısısını alarak sıcaklığı artan su, kullanım suyu olarak dış devreye gönderilmektedir. Plakalı ısı değıştircide sıcak akışkandan soğuk akışkana ısının aktarıldığı devre, primer devre; soğuk akışkanın sıcak akışkandan ısı aldığı devre ise sekonder devre olarak isimlendirilmiştir.

DeneySEL sistem veri alımı esnasında 30° ve 60° plaka yüzey açısına sahip iki farklı ısı değiştirici, devir daim pompaları ile ayarlanabilen üç farklı debi için çalıştırılmıştır. Veri alımı işlemi deneySEL sistem rejime ulaştıktan sonra her 15 saniyede bir olmak üzere datalogger tarafından kaydedilmiştir. Datalogger deneyler sırasında her 15 saniyede bir primer ve sekonder devre eşanjör su giriş çıkış sıcaklıklarını kaydetmiştir.

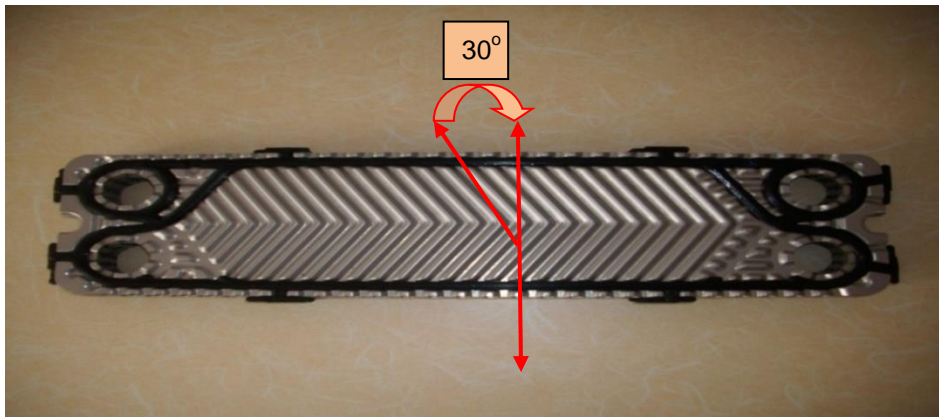
Bu çalışma dâhilinde toplam 6 adet deney yapılmıştır. İlk üç deney 30° plaka yüzey açısına sahip olan plakalı ısı değiştirici ile yapılmıştır. Sıcak su üretici kazanın termostatı 60 °C'ye ayarlanmıştır. Sistemdeki primer devre suyu ayarlanan sıcaklığa ulaştıktan sonra deney süreci başlatılmıştır. Sekonder devre suyu Őehir Őebekesi su sıcaklığı (15 °C) olarak sisteme gönderilmiştir. Sistemin rejime ulaşması beklenmiştir ve datalogger aracılığıyla her 15 saniyede bir primer ve sekonder devre plakalı ısı değiştiricisi su giriş çıkış sıcaklıkları kaydedilmiştir. Debi değerleri ise hem primer devre, hem de sekonder devre için sırasıyla pompa kademesi 1 için 0,15 kg/s, pompa kademesi 2 için 0,21 kg/s ve pompa kademesi 3 için 0,3 kg/s olarak belirlenmiştir. 4, 5 ve 6. deneyler ise 60° plaka yüzey açısına sahip olan plakalı ısı değiştiricisi ile yapılmıştır. Sıcak su üretici kazanın termostatı 60 °C'ye ayarlanmıştır. Sistemdeki primer devre suyu ayarlanan sıcaklığa ulaştıktan sonra deney süreci başlatılmıştır. Sekonder devre suyu Őehir Őebekesi su sıcaklığı (15 °C) olarak sisteme gönderilmiştir. Sistemin rejime ulaşması beklenmiştir ve datalogger aracılığıyla her 15 saniyede bir primer ve sekonder devre plakalı ısı değiştiricisi su giriş çıkış sıcaklıkları kaydedilmiştir. Debi değerleri ise hem primer devre, hem de sekonder devre için sırasıyla pompa kademesi 1 için 0,2 kg/s, pompa kademesi 2 için 0,3 kg/s ve pompa kademesi 3 için 0,43 kg/s olarak belirlenmiştir.

2.1. DeneySEL Sistemde Kullanılan Plakalı ısı Değiştiricisi

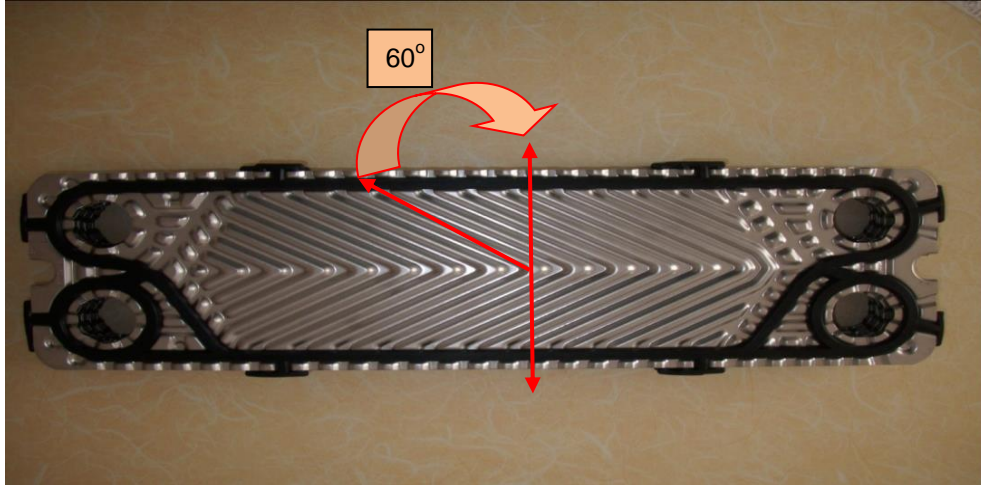
DeneySEL sistemde kullanılan ısı değiştiricisini oluşturan plakalar 30° ve 60° olmak üzere iki farklı plaka yüzey açısına sahiptir ve Şekil 4. ve Şekil 5.'de gösterilmiştir. Plakalı ısı değiştiricileri 10'ar adet plakadan oluşacak Şekilde tasarlanmış ve imal edilmiştir. DeneySEL sistemde kullanılan plakalı ısı değiştiricileri ters akımlıdır. Plakalı ısı değiştiricinin özellikleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Plakalı ısı değiştiricinin özellikleri

Plaka uzunluğu	431 (mm)
Plaka genişliği	125,5 (mm)
Toplam plaka sayısı	10
Isı transfer alanı	0,032 (m ²)
Plaka malzemesi	2 mm SS AISI 316
Conta malzemesi	EPDM per.
Dizayn sıcaklığı	145 (°C)
Dizayn basıncı	10 (bar)



Şekil 4. 30° açılı plakalı ısı değiştirici



Şekil 5. 60° açılı plakalı ısı değiştirici

3. PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Bir ısı değiştiricideki ısı geçişi, sadece içindeki akışkanlar arasında olduğu, yani ortama bir ısı kaybının olmadığı kabul edilirse, plakalı ısı değiştiricide aşağıdaki bağıntılarla yazılabilir (Genceli, 1999):

Q = Isı değiştiricide geçen ısı (W)
= Sıcak akışkanın soğurken verdiği ısı (W)
= Soğuk akışkanın ısınırken aldığı ısı (W)

$$Q = K A \Delta T_m \quad (1)$$

Sıcak ve soğuk akışkanların soğuması ve ısınması esnasında verilen ve alınan ısılar, akışkanların kütsel debileri ile giriş ve çıkış entalpilerinin farkından bulunabilir ve aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Q = \dot{m} (h_g - h_c) \quad (2)$$

Isının alınması ve verilmesi durumunda akışkanların sıcaklıkları değişiyor ise, geçen ısı miktarı:

$$Q = \dot{m}_h c_{ph} (T_{hg} - T_{hc}) = \dot{m}_c c_{pc} (T_{cg} - T_{cg}) \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir.

Belirli bir çalışma periyodundan sonra ısı değiştirici yüzeyleri üzerine akışkanlar içinde bulunabilen parçacıklar, metal tuzları veya çeşitli kimyasal elemanlar birikebilir. Bazen de korozif etkiler nedeniyle, bu yüzeyler üzerinde bir oksidasyon tabakası oluşabilir. Bütün bu tabakalar, ısı geçişinde ilave birer ısı direnç meydana getiriler. R_f simgesi ile gösterilen bu kirlilik direnci (veya faktörü), ısı geçiş yüzeylerinin kirliliği ve temiz olmaları hallerindeki ısı dirençlerinin farkından aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$R_f = \frac{1}{K_{kirli}} - \frac{1}{K_{temiz}} \quad (4)$$

Metal yüzeylerdeki pürüzlülük nedeniyle iki metal arasındaki temasın mükemmel olmaması yüzünden, bu yüzeylerde bir temas direnci oluşur. İki yüzeydeki temas direnci, bu yüzeylerde bir sıcaklık

azalmasına neden olur. Bu durumları göz önüne alabilmek için aşağıdaki gibi bir direnç tanımı yapılabilir:

$$R_t = \frac{(t_A - t_B)}{\frac{Q}{A}} \quad (5)$$

Isı değiştirici yüzeyindeki toplam ısı transfer katsayısı aşağıdaki denklem yardımıyla bulunabilir:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + R_{f1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_{t,1-2} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_{t,2-3} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + R_{f2} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (6)$$

Isı değiştiricilerinin ısı hesaplarının yapılmasında, Denklem 1.'in kullanılması durumunda ortalama logaritmik sıcaklık farkı (ΔT_m) ifadesinin tayini gerekir. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı değeri, ısı değiştiricide akışın türüne göre belirlenmektedir. Çalışmada kullanılan ters akışlı plakalı ısı değiştiricinin ortalama logaritmik sıcaklık farkı (ΔT_m) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (7)$$

Son eşitlik Denklem 1.'e taşınırsa:

$$\dot{Q} = \frac{KA(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (8)$$

ifadesi elde edilir.

Isı değiştiricilerinin etkenliği aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}} \quad (9)$$

$C_h = \dot{m}_h c_{ph}$ ve $C_c = \dot{m}_c c_{pc}$ sıcak ve soğuk akışkanların ısı kapasite değerleri olmak üzere ısı değiştiricideki gerçek ısı geçişi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\dot{Q} = C_h(T_{hg} - T_{hc}) = C_c(T_{cg} - T_{cg}) \quad (10)$$

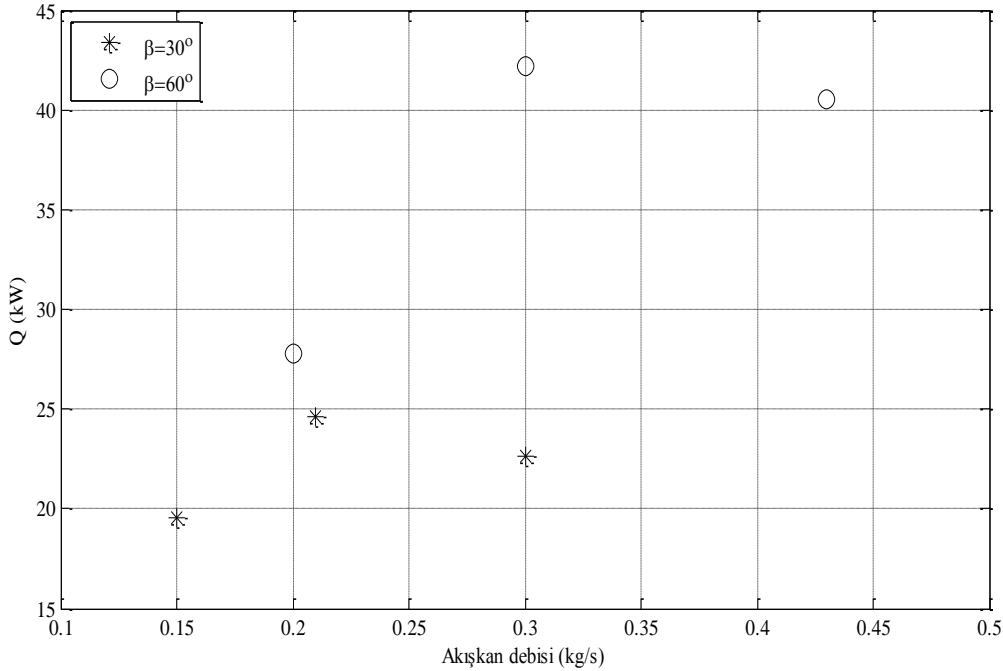
Mümkün olabilen maksimum ısı geçişi olarak tanımlanan \dot{Q}_{\max} değeri ise, C_h veya C_c ısı kapasite debilerinden hangisi daha küçükse onun kullanılması şartıyla aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\dot{Q}_{\max} = C_{\min}(T_{hg} - T_{cg}) \quad (11)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

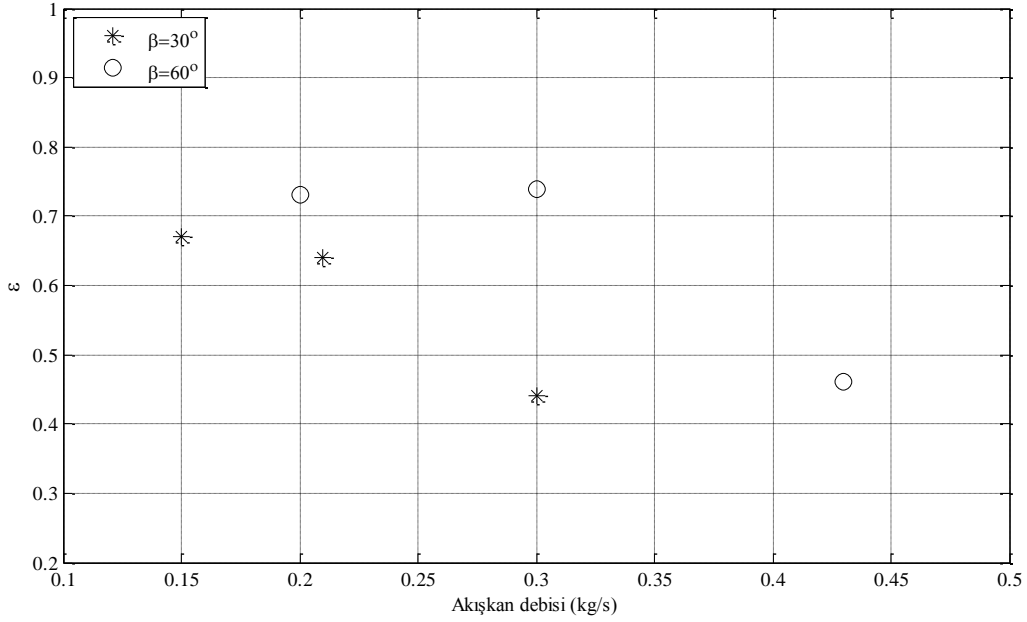
Yapılan analizlerde her iki plaka geometrisine sahip ısı değiştiricide pompa kademesi 1 ve pompa kademesi 2'ye karşılık gelen debi değerlerinin artmasıyla toplam ısı transfer miktarının arttığı

görülmektedir. Pompa kademesi 3'e çıkarıldığında ise toplam ısı transfer miktarının düştüğü görülmektedir. Şekil 6.'da görüldüğü üzere en yüksek ısı transfer miktarına pompa kademesi 2'ye karşılık gelen akışkan debisi 0,3 kg/s olan ve 60° plaka açısına sahip ısı değiştiricisi kullanılan deneyde ulaşılmıştır. Akışkan debisinin arttırıldığı ve debinin 0,43 kg/s olarak ölçüldüğü deneyde ısı transfer miktarının artması beklenirken, bir önceki debi değerine ait bulgulardan daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedenlerinden biri deney düzeneğinde kullanılan plakalı ısı değiştiricisinin boyutlarının bu debi değeri için uygun olmamasıdır. Bir diğer neden ise devir daim pompalarının plakalı ısı değiştiriciye çok yakın olmasından dolayı akışkanın ısı değiştiriciden çok hızlı şekilde geçerek ısı transferinin uygun bir şekilde gerçekleşmesine imkân vermemesidir. Bu durumda bu debi değeri için bir üst kapasiteli plakalı ısı değiştiricisinin kullanılması uygun olacaktır.



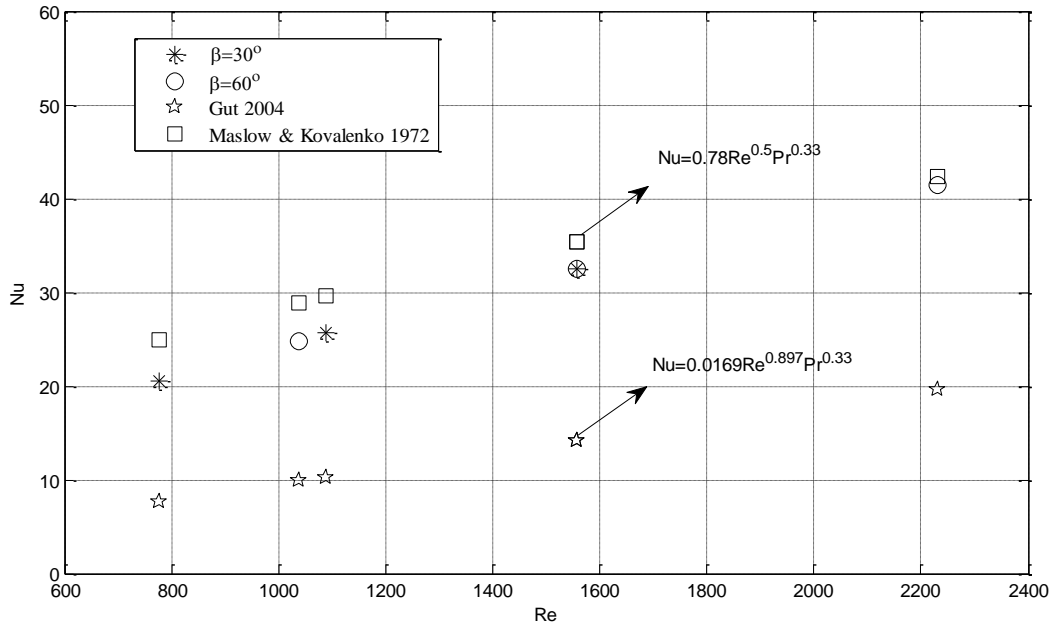
Şekil 6. Farklı plaka yüzey açıları için toplam ısı transfer miktarlarının akışkan debileri ile değişimi

Deney düzeneğindeki farklı plaka geometrilerine sahip plakalı ısı değiştiricilere ait etkinlik değerleri hesaplanmıştır ve akışkan debilerine bağlı olarak Şekil 7.'de verilmiştir. Yapılan deneylerde 60° plaka yüzey açısına sahip plakalı ısı değiştiricisinde etkinlik değerleri önce bir miktar artmış daha sonra ise azalma göstermiştir. 30° plaka yüzey açısına sahip plakalı ısı değiştiricisinde ise etkinlik değerinin azalma gösterdiği görülmektedir. Şekil 7.'de de görüldüğü üzere, 60° plaka açısına sahip plakalı ısı değiştiricideki etkinlik değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. 60° plaka açısına sahip plakalı ısı değiştiricideki en yüksek etkinlik değeri Pompa kademesi 2 için yaklaşık 0,74, en düşük etkinlik değerinin Pompa kademesi 3 için 0,46, 30° plaka açısına sahip plakalı ısı değiştiricideki en yüksek etkinlik değeri Pompa kademesi 1 için yaklaşık 0,67, en düşük etkinlik değerinin Pompa kademesi 3 için 0,44 olarak tespit edildiği görülmektedir.



Şekil 7. Farklı plaka yüzey açıları için etkinlik değerlerinin akışkan debileri ile değişimi

Şekil 8.'de Gut, (2004) ve Maslow ve Kovalenko, (1972) tarafından tanımlanan amprik bağıntılar ile deneysel çalışmanın sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 8.'de görüldüğü gibi bu araştırmacıların plakalı ısı değiştiricileri için elde ettikleri Nu-Re değişiminin bu çalışmada sunulan her iki plaka yüzey açısına sahip plakalı ısı değiştiricileri için elde edilen değerler ile iyi bir uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Aşağıdaki şekil bize şunu göstermektedir ki plaka yüzey açısı ikincil akışları oluşturmakta ve akışkana ilave bir türbülans etkisi vermektedir. Bununla paralel olarak Re sayısının artışı Nu sayısının artmasına sebep olmakta bu durum da ısı taşınım katsayısının artırmaktadır. Dolayısıyla ısı taşınım katsayısındaki artışta ısı transferini artırmaktadır. Bununla beraber pompa kademesinin 3 olduğu deneylerde sistemde dolaşan akışkanın debi değerinin ve Nu sayısının artmasına rağmen ısı transfer miktarının düştüğü görülmektedir. Bunun nedenlerinden biri deney düzeneğinde kullanılan plakalı ısı değiştiricisinin boyutlarının bu debi değeri için uygun olmamasıdır. Bir diğer nedeni ise devir daim pompalarının plakalı ısı değiştiriciye çok yakın olmasından dolayı akışkanın ısı değiştiriciden çok hızlı şekilde geçerek ısı transferinin uygun bir şekilde gerçekleşmesine imkân vermemesidir.



Şekil 8. Farklı plaka yüzey açıları için Re sayısı ile Nu sayısının değişimi

SONUÇ

Bu çalışmanın sonucunda farklı çalışma durumlarda ısı değiştiricide dolaşan akışkanların optimum sıcaklıkları, debileri ve en uygun plaka geometrisi belirlenmiştir. Yapılan analizlerde, deneysel düzenek çalıştırıldığında deney düzeneğindeki $0,32 \text{ m}^2$ toplam ısı transfer alanına sahip 10 adet plakadan oluşmuş plakalı ısı değiştiricinin optimum çalışma şartları, plaka yüzey açısı 60° , sıcak su giriş sıcaklığı 60°C , soğuk su giriş sıcaklığı 15°C , debi değeri ise $0,3 \text{ kg/s}$ (pompa kademesi 2) olarak belirlenmiştir. Bu çalışma şartları için en yüksek toplam ısı transfer miktarı 42227 W ve etkinlik değeri $0,74$ olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] REPPICH, M., 1999. Use of high performance plate heat exchangers in chemical and process industries. Int. J. Therm. Sci., 38, 999–1008.
- [2] GENCELİ, O., “Isı Değiştiricileri”, Birsen Yayınevi, 1999.
- [3] GUT, J.A.W., PINTO, J.M., 2004. Optimal configuration desing for plate heat exchangers. International Journal of Heat and Mass Transfer, 47, 4833–4848.
- [4] GUT, J.A.W., FERNANDES, R., PINTO, J.M., TADINI, C. C., 2004. Thermal model validation of plate heat exchangers with generalized configurations. Chemical Engineering Science, 59, 4591–4600.
- [5] <http://www.tetsa.com.tr>
- [6] KILIÇ, B., 2013. Experimental investigation of effects to heat transfer of plate geometry with dynamic and thermal parameters in the plate heat exchangers. Ph.D. thesis. Süleyman Demirel University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta, Turkey.
- [7] KILIÇ, B., ŞENCAN, A., SELBAŞ, R. Plakalı ısı eşanjörü kullanılan soğutma uygulamalarında soğutma etkinlik katsayısının deneysel incelenmesi. 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 6-9 Mayıs 2009/İzmir.



ÖZGEÇMİŞ

Bayram KILIÇ

1978 yılı İstanbul doğumludur. 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2008 yılında Yüksek Lisans Diplomasını ve 2013 yılında Doktor unvanını almıştır. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O. Motorlu Taşıtlar Ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümünde 2008-2014 yıllarında Öğretim Görevlisi olarak, 2015 yılından itibaren de Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmaktadır.

Osman İPEK

1963 yılında İçel’de doğdu. 1986 yılında Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1988 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 1992 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesinde Dekan olarak görev yapmaktadır.