

MAGNEZYUMOKSİT İLE SAF SUYUN PLAKA TİP ISI DEĞİŞTİRİCİDEKİ ISIL PERFORMANSLARININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Halil İbrahim VARIYENLİ

*Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Çankaya Ankara
halilv@gazi.edu.tr

Yavuz SARI

Milli Savunma Bakanlığı Bakanlıklar Ankara
yavuz.sari@msb.gov.tr

ÖZET

Bu deneysel çalışmada, zıt yönlü paralel akışlı ısı değiştiricide safsu ve MgO aynı deney şartlarında performansları karşılaştırılmıştır. Deneyler 5 farklı akış miktarında Sıcak akışkan sıcaklığı ise her debi için 40, 45, 50, 55 ve 60 °C'de iki akışkanın performansları karşılaştırılmıştır.

Performanslar, etkinlik katsayısı ve iyileştirme oranı açısından kıyaslanmıştır. Bu çalışma, plaka tip ısı değiştiricideki sıcak akışkan olarak kullanılan MgO, safsuya göre daha iyi performans göstermesiyle ısı değiştiricilerin ısıl verimliliğini artırması açısından önem taşımaktadır.

Yapılan deneylerden elde edilen verilerden ortalama etkinlik katsayısı safsu ile 0,8069 iken MgO ile 0,8864 olduğu tespit edilmiştir. Safsuya göre %9 iyileşme sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: MgO, Saf su, Isı değiştirici, Performans

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMAL PERFORMANCE OF PLATE TYPE HEAT EXCHANGER WITH PURE WATER AND MAGNESIUM OXIDE

ABSTRACT

In this experimental study, the performance of the pure water and MgO were compared in the opposite direction parallel flow heat exchanger. At the same experimental conditions the performance of two fluids were compared at 5 different flow rate for each 40, 45, 50, 55 and 60 °C in the experiments.

According to data obtained from the experiments while the mean efficiency coefficient pure water was 0,8069, MgO was 0.8864. It means that % 9 improvement.

This study is important because of showing an increase on the thermal efficiency of heat exchangers when used MgO as hot fluid instead of pure water. As a consequence the performance of MgO is better than pure water in the plate type heat exchanger.

Keywords: MgO, Pure water, Heat exchanger, performance

1.GİRİŞ

En önemli ve sık karşılaşılan mühendislik uygulamalarından birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı alışverişidir. Bu alışverişin yapıldığı cihazlar genelde ısı değiştirici olarak adlandırılmakta olup, uygulamada hidroelektrik, termik ve nükleer santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme tesisatlarında, elektronik cihazlarda, taşıtlarda, ısının saklanması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımı gibi vb. birçok yerde yer almaktadır.

Isı değiştiricilerin hedefi; ısı transferinin artırılmasını enerji tasarrufuyla sağlayıp, enerjinin etkin ve verimli hale gelmesini gerçekleştirmektir. Giderek artan enerji ihtiyacı ve kullanımı, enerji kaynaklarındaki düşüşle birlikte; enerji transferinin gerçekleştiği ısı değiştiricilerinde ısı transfer veriminin artırılmasına yönelik çalışmaların önemli olduğu görülmektedir.

Birçok mühendislik uygulamalarında görülen farklı sıcaklıkta ve birbirinden katı bir cidarla ayrılan iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı transferini gerçekleştirmek için kullanılan cihaz, ısı eşanjörü olarak adlandırılır. Plaka tip eşanjörler sanayi sektörü ve yaşam alanları dahil çok yaygın olarak enerji ve imalat sektörlerinde kullanılmaktadır. Teknolojik cihazlarda kullanılmasıyla birlikte asıl enerji üretim işlemlerinde ve transferlerinde refah seviyelerinin artırılması ve toplumların kalkınması için gerekli bir hizmet aracı olarak ekonomik ve sosyal kalkınmada en önemli kaynaktır.

Plaka tip eşanjörlerde en önemli konu ısı transferinin verimli hale gelmesi ve iyileştirilmesi, böylece daha az enerji sarfiyatı ile daha fazla ısı üretmektir. Bunu gerçekleştirmek için ise, sıcak akışkan ile soğuk akışkan arasında ısı geçişinin maksimum, en verimli şekilde olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, zıt yönlü paralel akışlı ısı değiştiricide safsu ve MgO aynı deney şartlarında performansları karşılaştırılmıştır. Deneyler 3, 4, 5, 6 ve 7 L/dak. farklı debilerde, Sıcak akışkan sıcaklığı ise her debi için 40, 45, 50, 55 ve 60 °C'de safsu ve MgO performansları etkinlik katsayısı ve iyileştirme oranı karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, plaka tip ısı değiştiricideki sıcak akışkan olarak kullanılan MgO safsuya göre daha iyi performans göstermesiyle ısı değiştiricilerin ısı verimliliğini arttırması açısından önem taşımaktadır.

Yapılan araştırmada plaka ısı değiştiricilerle ilgili verimi artırmak amaçlı kullanılan akışkanlarla çok fazla çalışmayla karşılaşılmamıştır. Yapılan araştırma sonunda genel anlamda plaka tip ısı değiştiricilerle ilgili yapılan akademik çalışmaların özeti aşağıda verilmiştir.

Fossa, M. ve Tagliafico, L. (1995). Isı değiştiricilerinde; polimerlere su ekleyerek oluşan karışımla sürtünmeden oluşan kayıpları ve ısı geçişlerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarda tek yönlü zıt akımlı düz boru tipinde bir ısı değiştiricisi kullanılmıştır. Deneyler, farklı ebatlara sahip düz, kanatlı ve oluklu borular üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda polimerlerin su ile karıştırılarak kullanımının genel olarak ısı transferi üzerine etkilerinin olmadığı görülmüştür, 3, 221-228, [1]. Mansour, R. B., Galanis, N., Nguyen, C.T. (2007). Yaptıkları çalışmalarda dairesel bir tüp içerisinde belirli sıcaklığa sahip nano akışkan türbülanslı akışa zorlanılmış, teorik ve deneysel çalışmaları kapalı çevrim içerisinde reynolds sayısının artmasının konveksiyonla ısı transferi ve verimliliğinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir, 20-24, [2]. Kayataş, N., İlbaş, M. (2005). İç içe borulu model bir ısı değiştiricisinde ısı transferinin iyileştirilmesinin sayısal olarak incelenmesi başlığı altında, iç içe borulu ısı değiştiricisine yerleştirilen kare kanatçığın, üçgen kanatçığın, girdaplı akışın ve kanatçiksiz ısı değiştiricisinin aynı yönlü ve zıt yönlü akış uygulanarak ısı transferine etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Girdaplı akış kullanılması ısı transferini önemli ölçüde iyileştirildiği yapılan çalışmada görülmüştür. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21 (1-2), 128-139, [3]. Behçet, R. ve diğerleri. (2009). Çalışmalarında ısı değiştiricisinin giriş kısmına dönme akısını gerçekleştirmek için pervane tipli bir türbülator yerleştirmişler ve ısı-basınç kayıplarını incelemişlerdir. Termodinamik açıdan avantajı incelemek için ekserji analizi yapmışlardır. Ekserji analiziyle iyileştirme tekniğinin Termodinamik açıdan avantajlı olduğunu görmüşlerdir [4]. Kılıç, M. ve tüm arkadaşları (2013). Plakalı bir ısı değiştiricinin termodinamik analizini deneysel olarak yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, debi değerinin 0,239 kg/s olduğu çalışma şartının plakalı ısı değiştiricinin en uygun çalışma şartı olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışma şartı için en yüksek toplam ısı transfer miktarını 2250 W ve etkinlik değerini ise 0,44 olarak belirlemişlerdir [5]. Dahman, O. (2011). Cnt-Peg nanoakışkan solüsyonunun ısı değiştiricilerinde ısı transferi karakterlerini incelenmesi başlığı altında Cnt-Peg nanosivisi test edilen diğer

Gazi Journal of Engineering Sciences

nanosivılara göre ısı iletkenliği performansı daha iyi yapılan çalışmalar sonucu ortaya konulmuştur [6].

2. NANOAKIŞKANLAR

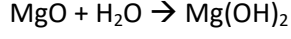
Teknolojinin gelişmesiyle birlikte parçacıkların nano boyutta üretimi eskiye nazaran günümüzde daha kolay yapılabilmektedir. Katı parçacıkların mikro ve makro boyutta iş akışkanına karışmasıyla zorlanmış ısı transferi çalışmalarında ortaya çıkan ve istenilmeyen çökelme, aşınma ve tortulaşma sonuçlarından dolayı yapılan araştırmalarda partiküller daha homojen yapıda ve nano boyutlarda üretilmeleri mümkün hale gelmiştir. Bu gelişme ile birlikte, bir temel sıvısı içinde ısı performansını artırmak için ısı iletkenlikleri yüksek olan alüminyum, bakır, altın, gümüş vb. nano taneciklerin karıştırma fikri araştırmalarda kullanılmıştır [7,8].

Nanoteknolojideki gelişmeler sonucu, nanoakışkan kelimesi literatürde ilk olarak 1995 yılında Choi tarafından; nanometre boyutundaki katı parçacıkların sıvı içinde karışımları sonucu oluşan akışkanlar olarak tanımlanmaktadır. Choi vd. çok küçük nanoparçacık karışımlarında nanoakışkan süspansiyonunun ısı iletkenlik performansını anormal bir şekilde yükseldiğini ortaya koymuşlardır.

Bu iki çalışma ve ardından yapılan birçok deneysel araştırma nano akışkanlarla oldukça yüksek ısı iletim katsayısı artışları elde edilebileceğini göstermiştir [8,9]. Nanoakışkanlar ile yapılan araştırmalarda gözlenen bu yüksek ısı iletim katsayısı artışları, ısı transferinde kullanılan ekipmanlarının verimliliğinin artırılabilmesi fırsatını sunmaktadır. Bunun sonucu olarak ısı transferi ekipmanlarının boyutlarının küçültülmesi ve ekipmanların verimliliğinin artması işletme giderlerinin azaltılması ve yatırım maliyetlerinde düşüşü mümkün olacaktır.

2.1. MgO (Magnezyum Oksit)

MgO molekül ağırlığı 40 olan beyaz renkli hafif bir inorganik bileşiktir. Nem çekme şiddeti ve kapasitesi yüksektir. Su ile aşağıdaki reaksiyona göre hidroksit bileşikler meydana getirir ve jelleşir.



Jelleşme akışkan içerisinde taneciklerin askıda kalmasını sağlar ve çökelmeyi önler. Diğer taraftan MgO tanecikleri öğütülerek nano hale getirilmekte ve sürfaktan maddeler kullanılarak çökelmenin önlenmesine katkı sağlanmaktadır.

3. TEORİK ANALİZ

Isı değiştiricilerde transfer edilen ısı miktarının düşmesi ısı değiştiricinin performansının düşmesine neden olur. Bu da ısı değiştiricisi kullanılan sistemde kapasite kaybı anlamına gelmektedir. Isı transferinin iyileştirilmesi, sistem boyutlarının uygun ölçülerde tutulmasına ve dolayısıyla sistem maliyetinin ve işletme giderlerinin azaltılmasına olanak sağlar.

Plakalı tip ısı değiştiricilerin genel özellikleri ve avantajlarından bazıları şunlardır;

- ✓ Isı iletim katsayısı (k) yüksek verimlerle ısı transferi yapmaktadırlar.
- ✓ Kompakt yapıları sayesinde çok az yer kaplamaktadırlar.
- ✓ Tamamen demonte hale getirilip temizlenebilirler.
- ✓ Geniş plaka ve conta çeşitliliğine sahiptirler.

Ölçülen değişkenler sırasıyla, sıcak ve soğuk akışkanın giriş - çıkış sıcaklığı ve akış oranı olmak üzere plaka tip ısı değiştiricideki ısı transfer miktarı şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$Q = \dot{m}_h \cdot c_{ph} \cdot (t_{hi} - t_{ho}) = \dot{m}_c \cdot c_{pc} \cdot (t_{ci} - t_{co}) \quad (\text{Eş.1})$$

Plaka tip ısı değiştiricideki herhangi bir ısı kaynağından akışkana verilen ısı geçişi miktarı [10].

$$C_{hot} = \dot{m}_h \cdot c_{ph} \quad (\text{Eş.2})$$

$$C_{cold} = \dot{m}_c \cdot c_{pc} \quad (\text{Eş.3})$$

Isı Değiştiricilerinin Etkinliği Aşağıdaki gibi verilmiştir [11].

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max.}} \quad (\text{Eş.4})$$

Plaka ısı değiştiricide ki gerçekleşebilecek en yüksek ısı transfer miktarıdır.

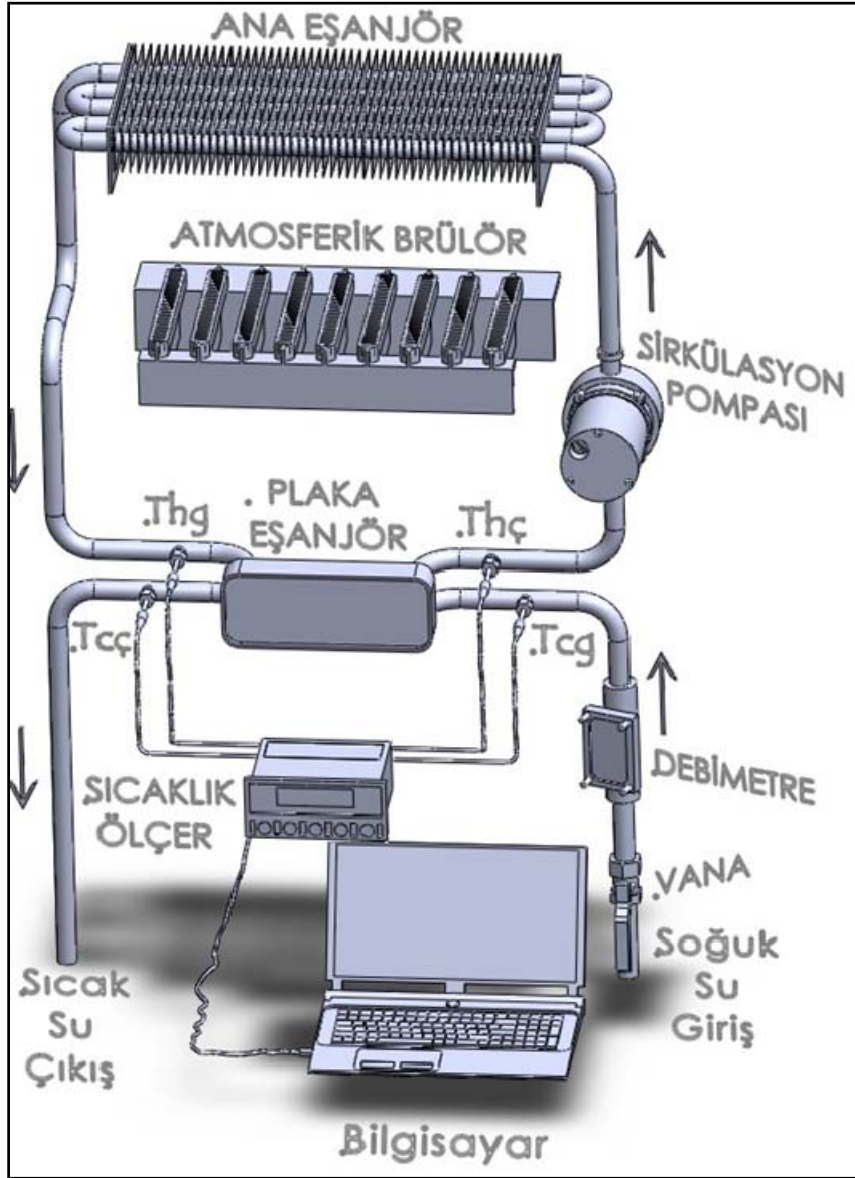
$$\text{iyileştirme Oranı} = \frac{(\varepsilon_{MgO} - \varepsilon_{Safsu})}{\varepsilon_{Safsu}} \times 100 \quad \text{“}\varepsilon\text{” Etkinlik katsayısıdır.}$$

Burada, mümkün olan en yüksek ısı transferi miktarı Q maksimum olarak belirlenir. $C_{\min.}$ Sıcak veya soğuk akışkandan ısı kapasitesi en küçük olanı temsil eder.

$$Q = C_{\min.} \cdot (t_{hi} - t_{ci}) \quad (\text{Eş.5})$$

4. MATERYAL VE METOT

Deney düzeneği Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü bünyesindeki atölye ve laboratuvar imkânları kullanılarak kurulmuştur. Deney düzeneğinde 24 kW gücünde hermetik tip birleşik sıcak su hazırlama cihazı (kombi), cihaz üzerinde fabrikasyon montajlı kullanım sıcak su hazırlayıcı zıt yönlü, paralel akışlı plaka tip ısı değiştiricinin farklı akışkanlar kullanılarak performansı test edilmiştir. Deney setinde soğuk akışkanın akış kontrolünü sağlamak için 2 – 18 L/dk. aralıklarında ölçüm yapabilen debimetre kombinin soğuk su girişine monte edilmiştir. Sıcak akışkanının sirkülasyonunu sağlayan fabrikasyon montajlı tek kademeli sirkülasyon pompası kullanılmıştır. Sıcak akışkana ısı enerjisi kombi yanma odasında bulunan atmosferik tip brülör de LPG yakılarak sağlanmıştır. Yanma sonucu oluşan ısı enerjisi, yanma odasının hemen üzerinde bulunan kanatçıklı borulu tip eşanjöre zorlanmış konveksiyonla aktarılmıştır. Sıcak ve soğuk akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıklarını belirleyebilmek için 4 adet K tipi demir konstant ısı çift ve Elimko marka E-680 16 kanallı sıcaklık ölçüm cihazı kullanılmıştır. Tasarımı ve imalatı yapılan deney seti Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



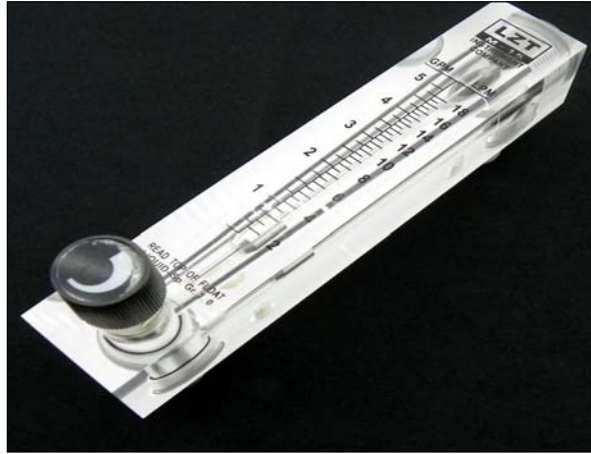
Şekil 4.1. Tasarımı ve imalatı yapılan deney seti

4.1. Debimetre

Soğuk akışkanının akış kontrolünü sağlamak için 2 L/dk. ile 18 L/dk. aralıklarında ölçüm yapabilen debimetre kullanılmıştır. Debimetreye ait özellikler çizelge 4.1’de ve debimetreye ait resim ise şekil 4.2’de ise verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney setinde kullanılan debimerteye ait özellikler

Model	Ölçüm Aralığı (L/dak)	Boy (mm)	Bağlantı	Basınç (bar)	Şamandıra	Gövde	Ayar Vanası	Sıcaklık (C°)
LZM-15T	2-18	216	1/2"Dişli	0-16	Paslanmaz Çelik	Polikarbona	Var	0-120



Şekil 4.2. Deney setinde kullanılan debimetre

4.2. Sirkülasyon Pompası

Deney setinde kullanılan sirkülasyon pompasının görevi, yanma odasında bulunan ana eşanjör ile plaka tip ısı değiştirici arasında sıcak akışkanı kapalı devrede devirdaim yapmaktır. Sirkülasyon pompasına ait özellikler Çizelge 4.2’de ve Sirkülasyon pompasına ait resim ise şekil 4.3’te verilmiştir.



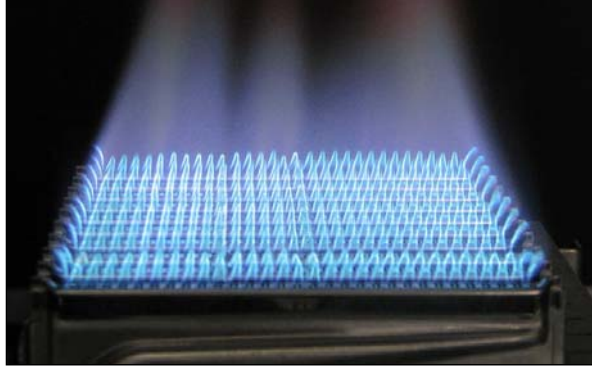
Şekil 4.3. Deney setinde kullanılan sirkülasyon pompası

Çizelge 4.2. Deney setinde kullanılan sirkülasyon pompasına ait özellikler

Model	Kondansatör kapasitesi (µf)	Amper (A)	Maksimum çalışma sıcaklığı (C°)	Maksimum çalışma basıncı (Mpa)	Gerilim (V)	Frekans (Hz)
UP15-60	2,5	0,39	95	0,3	230	50

4.3. Atmosferik Tip Brülör

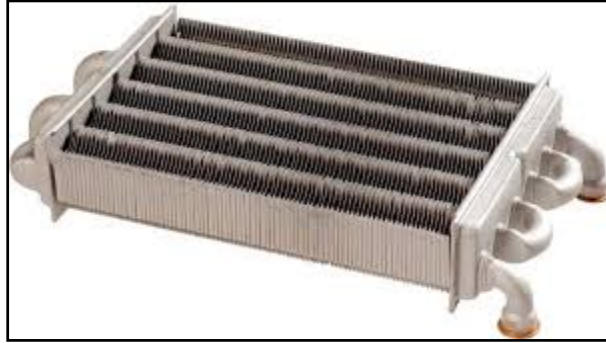
Deney düzeneğimizde yer alan atmosferik tip brülörün görevi; yanma için gerekli olan birincil hava ile yakıtı (LPG) yanmaya elverişli hale getirmektir. Elde edilen yanma sonucu oluşan ısı enerjisi hemen üzerinde bulunan ana eşanjöre ısı transferi yoluyla aktarılır. Deney düzeneğinde bulunan atmosferik tip brülöre ait resim Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Deney düzeneğinde bulunan atmosferik tip brülör

4.4. Ana Eşanjör

Deney düzeneğinde kullanılan ana eşanjörün görevi; yanma sonucu oluşan ısı enerjisini bünyesinde bulunan akışkana aktarmaktır. Ana eşanjöre ait resim Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Ana eşanjörün yapısı

4.5. Plaka tip Eşanjör

Plakalı ısı eşanjörlerinde esas ısı geçişinin olduğu yüzeyler genelde ince metal levhalardan yapılır. Bu metal yüzeyler düz veya dalgalı biçimde olabilirler. Genellikle gövde-borulu tip ısı eşanjörlerine göre daha yüksek toplam ısı transfer katsayısına sahiptirler. Şekil 4.6'da plakalı bir ısı eşanjörünün

yapısında metal plakalar oluklandırılmış,akış kanalları ise iki ardışık plaka arasında aynı tipte veya kombine kullanılmıştır.Vidalar,ön ve arka gövde plakası,kafa parçası,köşe delikleri,su ve soğutma kanallarından oluşmaktadır.Plaka tip eşanjörün görevi; ana eşanjörde ısı enerjisini alarak ısınan sıcak akışkan sirkülasyon pompası vasıtasıyla plaka eşanjöre ulaşır ve plaka eşanjörde bulunan soğuk akışkana ısı enerjisini ısı transferi yoluyla aktarır. Plaka eşanjöre ait resim şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Deney düzeneğinde yer alan plaka tip eşanjör

4.6. Ölçüm Cihazları

Sıcaklık verilerinin edinilmesi için, önce ısı çift ve ölçüm cihazı tipinin belirlenmesi gerekir.

4.6.1. Isıl çiftin belirlenmesi;

Isıl çift eleman teli cinsleri çalışma sıcaklıklarına göre oldukça farklılık göstermektedir. - 200 °C'den 2 000 °C'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 Standard ısı çift eleman teli çeşitleridir. Deney düzeneğinde Fe – Const Tip-J tipinde, -200°C ile 1300°C çalışma sıcaklık aralığına sahip ısı çift kullanılmıştır. Bu bilgilerin ışığında tasarlanan sistem için en uygun olan ısı çiftler "K" tipi NiCr-Ni veya "K" tipi Cr-Al'dur. "K" tipi NiCr-Ni ısı çiftinin sistem sıcaklıklarını ölçmek için daha uygun olmasından ve hassasiyetinin düşük olmasından dolayı "K" tipi NiCr-Ni ısı çiftinin kullanılmasına karar verilmiştir.

4.6.2. Sıcaklık ölçüm cihazı

Deney esnasında on altı noktadan ölçülen verilerin tespiti ve elde edilen verilerin bilgisayara aktarılması için Elimko marka E – 680 Serisi universal girişli-gelişmiş tarayıcı seçilmiştir (Şekil 4.7). Bu cihaza ait teknik özellikler Çizelge 4.4'te detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.7. Elimko E – 680 serisi universal girişli gelişmiş tarayıcı

Çizelge 4.4. Sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri

	Özellikler
Doğruluk Sınıfı	0.5
Gösterge Ayırımı	1/9999
Gösterge	9 Digit LED (14 mm)
A/S Çevirim	16 bit
S/A Çevirim	12 bit
Giriş Seçme Aralığı	0.2–9.9 Saniye / Kanal
Gösterge Tarama Aralığı	1–99 Saniye / Kanal
Çalışma Ortam Sıcaklığı	-10 ÷ 55°C
T/C Ortam Sıc. Kom.	0–50°C
Kontak Formları	Alt (LO) veya üst (HI)
Sabit Band	0–9999 EU*
Çalışma Gerilimi	85–265 V AC 85–375 V DC 20–60 V AC 20–85 V DC
Güç Sarfı	Max. 10 VA
Kontak Kapasitesi	NA Kontak 250 V AC 5 amp
Giriş İşareti	T/C, R/T, mA, mV, V
Ölçü Elemanı	Termokupl Rezistans termometre Diğerleri = Standart ve özel çıkışlı transmitter ve çeviriciler
Bellek	EEPROM max. 105 yazma

4.7. Nanoakışkanın Hazırlanması

Deney esnasında nano akışkan olarak MgO kullanılmıştır. Bütün deneysel araştırmalarda ilk önemli adım nano sıvının hazırlanmasıdır. MgO elde edebilmesi için nano boyutta küçültülebilen uygun bir yüzeye sahip aktif bir madde gerekmektedir.

MgO, magnezyum karbonatın kalside edilmesiyle elde edilmiştir. MgO boyutu Spex Industries, Inc, Edison, Nj işlemleriyle küçültülmüştür. 40 nm ortalama çaplara sahip MgO üretilmiştir. Nano sıvısı %58 hacimce nano partikül içermektedir. MgO nano-partikülleri deiyonize su içinde süspansiyon haline getirilmiş ve karışım MgO çözünürlüğü artırmak amacıyla % 0,5 konsantrasyona sahip Triton X-100 eklenerek geliştirilmiştir. Triton X-100 $Cl_4H_{22}O(C_2H_4O)_n$

kapalı moleküler formüle ve aktif yüzey özelliğine sahiptir. Bu nedenle ıslaklığın artırılması ve yüzey geriliminin azaltılması amacıyla boyalar kullanılmaktadır. *MgO* dış tabakası kolayca ıslatılabilir hale gelmiştir.

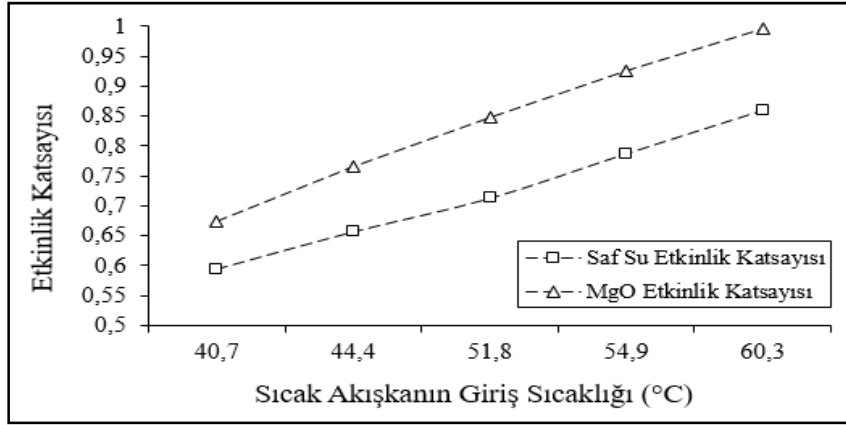
Sonuç olarak *MgO* nanoakışkan haline partiküllerin bilyalı öğütme, ultrasonik banyo ve yüzey aktif madde ile uzun süre sıvı içinde süspansiyon halinde kararlı hale getirilmiştir. Triton X-100 nano sıvısı yüzey aktif madde olarak karışıma; değişik oranlarda hazırlanarak deney numüne stabilitesi, toplama ve köpürme gözlenmiştir. % 0,5 oranında olduğunda deney düzeneğinde kullanılabilir ve kabul edilebilir olduğu gözlemlenmiştir.

MgO nano-partiküller, bir ultrasonik banyo (Bandelin Sonorex Süper RK514H) ile 8 saat boyunca kesintisiz, atılım yoluyla deiyonize su içinde dağıtılmıştır. Kararlı nano sıvının hazırlanması sırasında yüzeyinin buharlaşmasını önlemek için soğutulmuştur[12].

5. DENEYLERİN YAPILIŞI VE DENEY SONUÇLARI

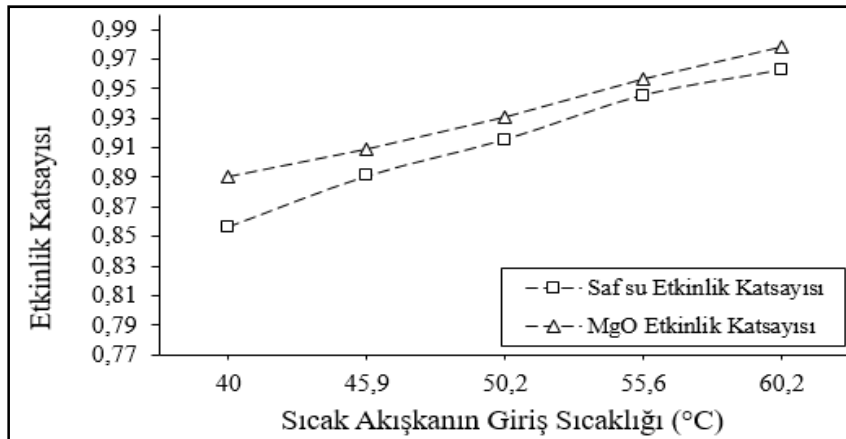
Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü imkânları kullanılarak Yanma Tekniği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Aynı şartlar altında iki farklı akışkan olarak saf su ve magnezyum oksit ile performans testi yapılmıştır. Deneylerde; soğuk akışkanın debisi 3, 4, 5, 6, 7 L/dk ve sıcak akışkanın sıcaklık değerleri 40, 45, 50, 55, 60 °C olacak şekilde test edilmiştir. Her bir debi değeri için sıcak akışkan sıcaklıkları tekrarlanarak performans deneyleri yapılmıştır. Sıcak akışkan, ana eşanjör ile plaka eşanjör arasında sirkülasyon pompası vasıtasıyla 17 L/dk. kütleli debide kapalı devre dolaşmaktadır. Sıcaklık değerleri, sistem dengeye gelince bilgisayar vasıtasıyla kayıt altına alınmıştır. Deneylerden elde edilen veriler ile teorik analiz bölümünde verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmış elde edilen sonuçlardan grafikler çizilerek karşılaştırılmıştır.



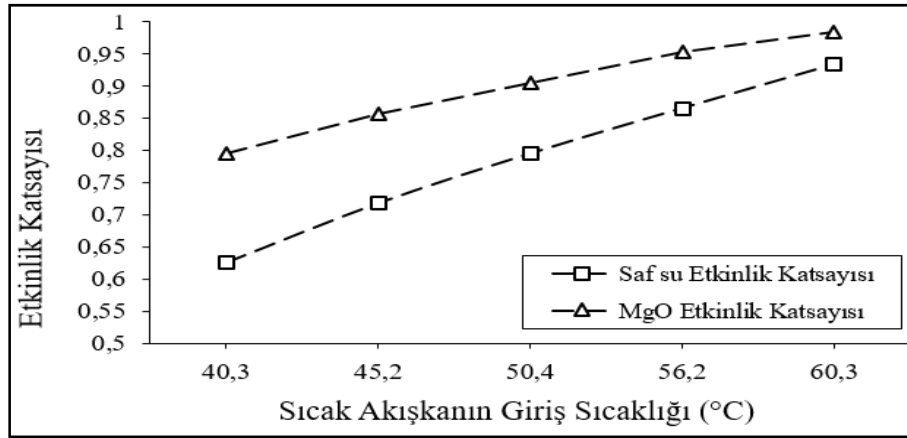
Şekil 5.1. 3 L/dk. Soğuk akışkan kütleli debisindeki sıcak akışkan giriş sıcaklığı - etkinlik katsayısı grafiği

Şekil 5.1’de 3 L/dk sabit debide her iki akışkan içinde etkinlik katsayısının sıcak akışkan giriş sıcaklığının artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 40°C’de Magnezyum oksit ile yapılan deneylerde etkinlik katsayısının 0,674 iken saf su da 0,594 olduğu görülmektedir. 3 L/dk sabit debide magnezyum oksit ile yapılan deneylerde ortalama etkinlik katsayısı 0,842 iken saf suyun ortalama etkinlik katsayısı 0,723 olduğu tespit edilmiştir.



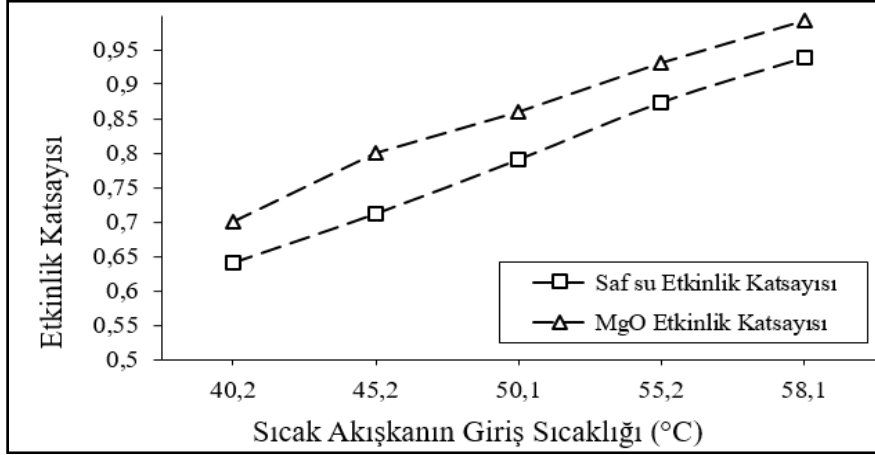
Şekil 5.2. 4 L/dk. Soğuk akışkan kütleli debisindeki sıcak akışkan giriş sıcaklığı – etkinlik katsayısı grafiği

Şekil 5.2'de 4 L/dk sabit debide her iki akışkan içinde etkinlik katsayısının sıcak akışkan giriş sıcaklığının artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 40°C'de Magnezyum oksit ile yapılan deneylerde etkinlik katsayısının 0,891 iken saf su da 0,857 olduğu görülmektedir. 4 L/dk sabit debide magnezyum oksit ile yapılan deneylerde ortalama etkinlik katsayısı 0,933 iken saf suyun ortalama etkinlik katsayısı 0,914 olduğu tespit edilmiştir.



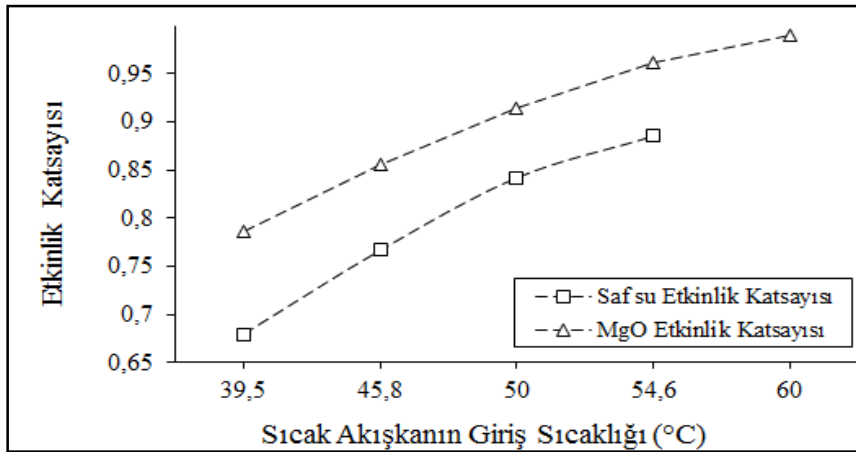
Şekil 5.3. 5 L/dk. Kütleli debideki sıcak akışkan giriş sıcaklığı - etkinlik katsayısı grafiği

Şekil 5.3'de 5 L/dk sabit debide her iki akışkan içinde etkinlik katsayısının sıcak akışkan giriş sıcaklığının artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 40°C'de Magnezyum oksit ile yapılan deneylerde etkinlik katsayısının 0,796 iken saf su da 0,626 olduğu görülmektedir. 5 L/dk sabit debide magnezyum oksit ile yapılan deneylerde ortalama etkinlik katsayısı 0,899 iken saf suyun ortalama etkinlik katsayısı 0,788 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.4. 6 L/dk. Kütleli debideki sıcak akışkan giriş sıcaklığı - etkinlik katsayısı grafiği

Şekil 5.4'de 6 L/dk sabit debide her iki akışkan içinde etkinlik katsayısının sıcak akışkan giriş sıcaklığının artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 40°C'de Magnezyum oksit ile yapılan deneylerde etkinlik katsayısının 0,699 iken saf su da 0,640 olduğu görülmektedir. 6 L/dk sabit debide magnezyum oksit ile yapılan deneylerde ortalama etkinlik katsayısı 0,857 iken saf suyun ortalama etkinlik katsayısı 0,791 olduğu tespit edilmiştir.



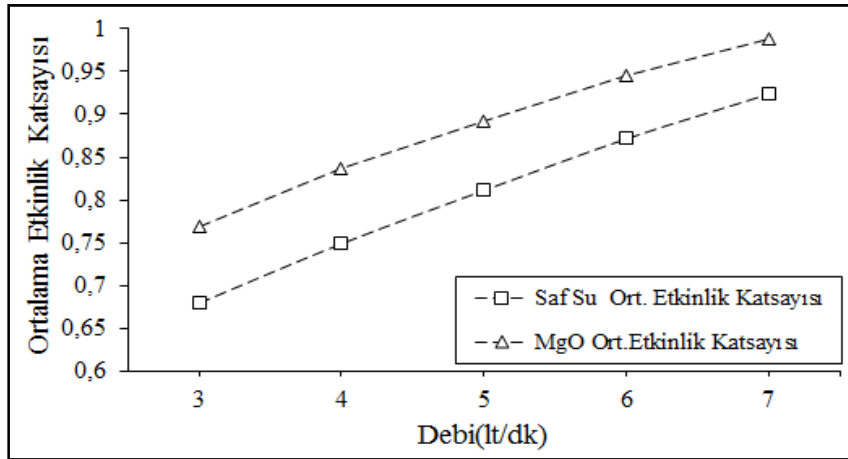
Şekil 5.5. 7 L/dk. Kütleli debideki sıcak akışkan giriş sıcaklığı - etkinlik katsayısı grafiği

Şekil 5.5'te 7 L/dk sabit debide her iki akışkan içinde etkinlik katsayısının sıcak akışkan giriş sıcaklığının artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 40°C'de Magnezyum oksit ile yapılan deneylerde etkinlik katsayısının 0,786 iken saf su da 0,679 olduğu görülmektedir. 7 L/dk sabit debide magnezyum oksit ile yapılan deneylerde ortalama etkinlik katsayısı 0,901 iken saf suyun ortalama etkinlik katsayısı 0,793 olduğu tespit edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımını ve kurulumunu gerçekleştirdiğimiz deney setinde aynı şartlar altında safsu ve MgO performans deneyleri yapılmış ve elde edilen verilerden aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Bu deneysel çalışmada, zıt yönlü paralel akışlı ısı değiştiricide safsu ve MgO aynı deney şartlarında performansları karşılaştırılmıştır. Deneyler 3, 4, 5, 6 ve 7 L/dk. farklı debilerde, Sıcak akışkan sıcaklığı ise her debi için 40, 45, 50, 55 ve 60 °C'de safsu ve MgO performansları karşılaştırılmıştır. Performanslar, etkinlik katsayısı ve iyileştirme oranı açısından karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, plaka tip ısı değiştiricideki sıcak akışkan olarak kullanılan MgO safsuya göre daha iyi performans göstermesiyle ısı değiştiricilerin ısıl verimliliğini arttırması açısından önem taşımaktadır.



Şekil 6.1. Debiye göre ortalama etkinlik katsayısı grafiği

Şekil 6.1'de görüldüğü gibi 3 L/dk.'da yapılan deneylerde safsu ile ortalama etkinlik katsayısı 0,6794 iken MgO'te 0,7692 olduğu tespit edilmiştir. 3 L/dk'da ortalama etkinlik katsayısı yönünden manezyumoksitin ile safsuya göre %13 iyileşme sağlanmıştır.

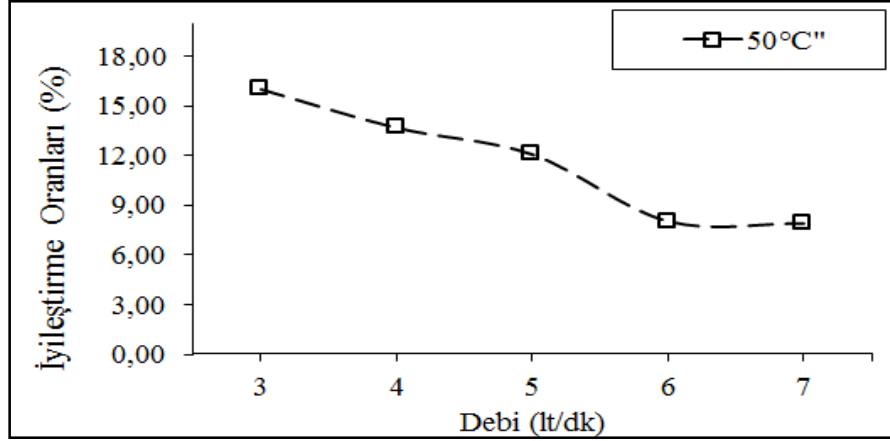
Şekil 6.1'de görüldüğü gibi 4 L/dk'da yapılan deneylerde safsu ile ortalama etkinlik katsayısı 0,7488 iken MgO'te 0,8376 olduğu tespit edilmiştir. 4 L/dk'da ortalama etkinlik katsayısı yönünden manezyumoksitin ile safsuya göre %12 iyileşme sağlanmıştır.

Şekil 6.1'de görüldüğü gibi 5 L/dk'da yapılan deneylerde safsu ile ortalama etkinlik katsayısı 0,8112 iken MgO'te 0,8915 olduğu tespit edilmiştir. 5 L/dk'da ortalama etkinlik katsayısı yönünden manezyumoksitin ile safsuya göre %10 iyileşme sağlanmıştır.

Şekil 6.1'de görüldüğü gibi 6 L/dk'da yapılan deneylerde safsu ile ortalama etkinlik katsayısı 0,8715 iken MgO'te 0,9456 olduğu tespit edilmiştir. 6 L/dk'da ortalama etkinlik katsayısı yönünden manezyumoksitin ile safsuya göre %9 iyileşme sağlanmıştır.

Şekil 6.1'de görüldüğü gibi 7 L/dk'da yapılan deneylerde safsu ile ortalama etkinlik katsayısı 0,9238 iken MgO'te 0,9879 olduğu tespit edilmiştir. 7 L/dk'da ortalama etkinlik katsayısı yönünden manezyumoksitin ile safsuya göre %7 iyileşme sağlanmıştır.

Yapılan deneylerden elde edilen verilerden ortalama etkinlik katsayısı safsu ile 0,8069 iken MgO ile 0,8864 olduğu tespit edilmiş olup % safsuya göre %9 iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 6.2. Debiye göre iyileştirme oranı grafiği

Şekil 6.2'de 50°C yapılan deneylerde sıcak akışkan olarak safsu yerine MgO kullanıldığında farklı debilerde (3L/dk,4L/dk,5L/dk,6L/dk,7L/dk) zıt yönlü paralel akışlı plaka tip ısı değiştiricide ısı performansında ki iyileşme oranı görülmektedir.

Plakalı ısı eşanjörlerinin kullanıldığı kimya, petrokimya endüstrileri, termik santraller, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme vb. tesislerde enerji verimliliğinin artırılması ve dolayısıyla enerji ekonomisine katkı sağlanabilmesi için ısı eşanjörlerinde kullanılacak akışkanın ısı performansına etkilerinin tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmayla birlikte MgO yerine ısı performansı daha yüksek farklı nanoakışkanlar kullanıldığında ısı değiştiricilerin verimini artıracığı aşikârdır.

7. TARTIŞMA

Plakalı ısı eşanjörleri termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıtlarda, elektronik cihazlarda başta olmak üzere çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Enerji verimliliğini artırmak ve dolayısıyla enerji ekonomisine katkıda bulunabilmek için çok geniş bir alanda kullanılan plakalı ısı eşanjörlerinin optimum çalışma koşullarını belirlemek gerekmektedir. Bu çalışma sonuçlarının ısı performansı yüksek

akışkanlı plakalı tip ısı değiştirici kullanılan sistemlerin yüksek ısıl verimlilikte kullanımı için katkıda bulunması umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Fossa, M., Tagliafico, L.A. (1995). Experimental Heat Transfer of Drag-Reducing Polymer Solutions in Enhanced Surface Heat Exchangers, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 10, 221-228.
- [2] Mansour, R., vd. (2010). An overview [Abstracts] Turbulent Forced Convection Flow of a Water- Nanofluid in a Circular Tube Subjected to a Constant and Uniform Web:<http://qspace.qu.edu.qa/handle/10576/3256> 11 Ocak 2016'da alınmıştır.
- [3] İlbaş, M., vd (2005). İç İç Borulu Isı Değiştiricisine Yerleştirilen Kare Kanatçığın, Üçgen Kanatçığın, Girdaplı Akışın ve Kanatçiksiz Isı Değiştiricisine Aynı Yönlü ve Zıt Yönlü Akış Uygulanarak Isı Transferine Etkisi Sayısal Olarak İncelenmiştir, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Kayseri.1-2, 128-139
- [4] Behçet, R., İlkılıç, Ç., Aydın, H. (2009). Isı Değiştiricisine Yerleştirilen Pervane Tipi Türbülatorün Isı Transferi Üzerindeki Etkisi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09).
- [5] Kılıç, B., Şencan, A., Selbaş, R. (2009). Plakalı Isı Eşanjörü Kullanılan Soğutma Uygulamalarında Soğutma Etkinlik Katsayısının İncelenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 113, 19-24.
- [6] Dahman, O., (2011). Experimental Investigation of Heat Transfer Characterization for Cnt-Nanofluid in Heat Exchangers, Abstracts.
- [7] Kröger, D. G. (1998). *Air-Cooled Heat Exchangers and Cooling Towers*, South Africa Tecpress, Uniedal, New York, Begell House.
- [8] Sekulic, D. P. and Shah, R. K. (2003). *Fundamentals of heat exchanger design*, USA, John Wiley & Sons Inc.
- [9] Aytaç, İ. (2014), Alümina Nano Akışkan Kullanarak Isıl Performansının Artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 48-49.
- [10] Çengel, A.Y. ve Boles, A.M. (1994). *Thermodynamics:An Engineering Approach*, McGraw-Hill, Newyork, A.B.D
- [11] Selbaş R., Sencan, A.M., Kılıç B. (2009). Alternative approach in thermal analysis of plate heat exchanger, *Heat and Mass Transfer*, 45, 323-329.
- [12] Menlik, T. ve SÖZEN, A., vd, (2015), Heat Transfer Enhancment Using MgO/Water Nanofluid in Heat Pipe.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler Açıklamalar

β Yüzey alan yoğunluk derecesi

Isı geçiş yüzey alanı ısı değiştirici hacmi

A Alan (m^2)

C_p Özgül ısı (kJ/kg °C)

h Isı transfer katsayısı (W/m^2K)

\dot{m} Kütleli debi (kg/s)

nm Nanometre

t Sıcaklık (°C)

Q Isı transferi (Watt)

θ_{ln} Logaritmik sıcaklık farkı (°C)

d Boru çapı (m)

U Toplam ısı transfer katsayısı ($W/m K$)

l_{pm} l/dk

ϵ Etkinlik Katsayısı

Kısaltmalar Açıklamalar

ANL Argonne ulusal laboratuvarı

CVD Kimyasal buhar birikimi

PHE Plakalı eşanjör

