

Dairesel Bir Boruda Kullanılan Boyuna Dalgalı Kanatçıkların Isı Transferine Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi

Erdem Işık*, Volkan Tuğan

Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

*erdem@munzur.edu.tr^{ORCID}, volkantugan@munzur.edu.tr^{ORCID}

Makale gönderme tarihi: 31.03.2021, Makale kabul tarihi: 20.04.2021

Öz

Boruların dış yüzeyine yerleştirilen kanatçıklar ısı transferini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, boyuna dalgalı kanatçıkların ısı transferine etkisini araştırmak amacıyla içerisinde ısı transfer akışkanı olarak suyun aktığı dairesel bir borunun üç boyutlu akış analizi gerçekleştirilmiştir. Dairesel boruda 1 mm kalınlığa sahip 18 adet boyuna düz ve boyuna dalgalı bakır kanatçıklar kullanılmıştır. Kanatçık tipine göre kütleli debiyle ısı transferinin değişimini incelemek için $0,1 \text{ kg s}^{-1}$, $0,14 \text{ kg s}^{-1}$, $0,18 \text{ kg s}^{-1}$ ve $0,22 \text{ kg s}^{-1}$ olmak üzere dört farklı kütleli debi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, boyuna dalgalı kanatçıkların boyuna düz kanatçıklara kıyasla ısı transferini en düşük %8, en yüksek %11 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akış analizi, boyuna dalgalı kanatçık, ısı transferi

A Numerical Investigation into the Effect of Longitudinal Wavy Fins Used in a Circular Pipe on Heat Transfer

Abstract

The fins placed on the outer surface of the pipes significantly affect heat transfer. In this study, in order to investigate the effect of longitudinal wavy fins on heat transfer, a three dimensional flow analysis of a circular pipe through which water flows as a heat transfer fluid was performed. In the circular pipe, 18 pieces of longitudinal straight and longitudinal wavy copper fins with a thickness of 1 mm were used. Four different mass flow rates, 0.1 kg s^{-1} , 0.14 kg s^{-1} , 0.18 kg s^{-1} and 0.22 kg s^{-1} , were used to examine the change of heat transfer with mass flow rate according to the fin type. According to the results, it was observed that longitudinal wavy fins increased heat transfer by a minimum of 8% and a maximum of 11% compared to longitudinal straight fins.

Keywords: Flow analysis, longitudinal wavy fin, heat transfer

GİRİŞ

Günümüzde, mühendislik uygulamalarında en sık karşılaşılan işlemlerden birisi farklı sıcaklıklara sahip iki veya daha fazla akışkan arasında meydana gelen ısı transferidir. Isı transferinin gerçekleştiği cihazlar ısı değiştirici olarak adlandırılır. Isı değiştiriciler kullanım amaçlarına göre değişik tiplerde, kapasitelerde ve boyutlarda üretilmektedirler (Bayram ve Şahin, 2014). Kompakt ısı değiştiriciler, endüstriyel sistemlerde en sık kullanılan ısı değiştiricilerden birisidir ve diğer ısı değiştiricilere kıyasla geniş ısı transfer alanına sahiptirler (Işık ve Tuğan, 2021). Küçük bir hacime sahip olmalarına rağmen yüksek ısı transfer hızı sağlarlar (Incorpera ve ark., 2010). Bu ısı

değiştiricilerde ısı transfer hızında elde edilebilecek küçük miktarlardaki artış, enerji tasarrufu açısından büyük geri dönüşler sağlayacaktır. Kompakt ısı değiştiriciler çoğunlukla ısı taşınım katsayısının düşük ve en az bir akışkanın gaz olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Kompakt bir ısı değiştirici tipi olan kanatlı borulu ısı değiştiricilerinde kanatlar arasında akan havanın ve boru içerisinde dolaşan akışkanın ısı taşınım katsayısı değeri büyük önem taşımaktadır. Genellikle hava tarafındaki ısı taşınım katsayısı, boru içindeki ısı taşınım katsayısından daha düşüktür. Isı transferi, sıcak olan bölgeden daha düşük sıcaklığa sahip bölgeye doğru gerçekleşir (Incorpera ve ark., 2010; Işık ve Tuğan,

2017). Isı değiştiricilerinde ısı transferini artırmak için genelde yüzey alanını artıran elemanlar kullanılmaktadır (Karakaya ve Durmuş, 2013). Bu elemanlar akış düzensizliğinden dolayı basınç değişimleri meydana getirirler (Özdemir ve Kahraman, 2020). Boruların dış yüzeyine yerleştirilen kanatçıklar ile ısı transfer alanını artırmak amaçlanmaktadır (Çelik ve Parlak, 2018). Kanatçıklar genellikle bakır ve alüminyum gibi ısıl iletkenlik katsayısı yüksek malzemelerden üretilirler (Cüce, 2020). Kanatçıklı yüzeyler, elektronik cihazların ve türbin kanatçıklarının soğutulması, havacılık ve uzay sanayii, kimyasal üretim tesislerinde kullanılan ısı değiştiriciler gibi birçok uygulama alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Buyruk ve Karabulut, 2017). Kanatçıkların geometrik yapısı ısı transferini önemli ölçüde etkilemektedir.

Literatürde ısıl performansın artırılması amacıyla farklı geometrik yapıya ve düzene sahip kanatçıklar üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Maakoul ve ark. (2020) boyuna kanatçıklara sahip çift borulu bir ısı değiştiricinin termohidrolik performansını araştırmışlardır. Çalışmada, kanatçık tipinin ısıl performansa etkisini incelemek amacıyla bölünmüş boyuna kanatçıklar ve geleneksel boyuna kanatçıklar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bölünmüş boyuna kanatçıkların kullanıldığı durumda elde edilen ısı transfer oranının geleneksel boyuna kanatçıklara kıyasla %31-48 daha yüksek olduğu görülmüştür. Hosseini ve ark. (2015) faz değiştiren malzeme içeren çift borulu ısı değiştiricilerinde boyuna kanatçıkların etkisini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmada, kanatçık yüksekliğinin ısı değiştiricinin termal performansı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla iki farklı kanatçık yüksekliği kıyaslanmıştır. Sonuçlar, kanat uzunluğunun daha kısa erime süresine yol açtığını göstermiştir. Kazemi ve ark. (2018), faz değişimi sırasında boyuna kanatçık açısının ısı transferi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, faz değişim malzemesi olarak RT 35 kullanmışlardır. RT 35'in erime işlemleri iki ve üç kanatlı durumlar için farklı açılarda incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, üç kanatlı ısı değiştiricilerinde kanat açısının 60°'den 120°'ye çıkmasıyla toplam erime süresinin azaldığı görülmüştür. Çift kanatlı ısı değiştiricilerinde ise açının 150°'den 45°'ye düşürülmesi ile erime süresinin azaldığı ve açının daha fazla küçülmesinin erime süresini arttırdığı görülmüştür. Abdulateef ve

ark. (2017) üç borulu bir ısı değiştiricide boyuna kanatçıkların etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışmada, 16,2 kg s⁻¹, 29,4 kg s⁻¹ ve 37,4 kg s⁻¹ olmak üzere üç farklı kütleli debi ve boyuna ve üçgensel olmak üzere iki farklı kanatçık tipi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, faz değişim malzemesinin erime süresi açısından iç, iç-dış ve dış üçgensel kanatçıkların boyuna kanatçıklara kıyasla sırasıyla %11, %12 ve %15 iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

Zhang ve ark. (2020) gizli ısı depolama sistemlerinde kanatçık yapısının faz değiştiren malzemenin erime süresine etkisini sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, kanatçık yapısının faz değiştiren malzemenin erime süresi üzerinde önemli etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Dikey bir gizli ısı depolama sisteminde, en iyi termal performansın çift helisel kanatçık için, yatay bir gizli ısı depolama sisteminde ise dört katlı helisel kanatçık için elde edildiği gözlemlenmiştir. Cüce (2020) geleneksel ve oyuklu boyuna kanatçıkların ısı transferine etkisini sayısal olarak araştırmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, boyuna oyuklu kanatçıklarda geleneksel kanatçığa göre ısı transferinin daha az fakat birim kanat hacmi başına düşen ısı transferine göre oyuklu kanatçıkların daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak, oyukların kanatçıkların ağırlığını önemli ölçüde azalttığını ve düşük taşınım katsayısı değerlerinde oyuk etkilerinin daha belirgin olduğu görülmüştür. Koca ve Budak (2021) dikey konumlandırılmış bir iç içe borulu ısı değiştiricisinde içteki borunun kanatçıklı olmasının ısı transferi ve basınç düşüşüne etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek ısı transferinin kanatçık sayısı en çok olan iç boruda meydana geldiği tespit edilmiştir. Kanatçıklı bölgenin uzunluğunun 300 mm olduğu boruda meydana gelen ısı transferinin ve basınç düşüşünün düz boruya göre sırasıyla %147,38 daha fazla ve %131,25 daha az olduğu gözlemlenmiştir. Kumar ve Verma (2020) yatay bir gövde borulu enerji depolama sisteminde boyuna kanatçıkların konumunun faz değişim malzemesinin erime özelliklerine etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışmada, farklı kanatçıklara sahip içteki borunun üç farklı eksantirik konumu ve kanatçıklar arasındaki üç farklı açının ısı transferine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kanatçıklar arasındaki açının 60° olduğu durumun 120° ve 180° olanlara kıyasla faz değişim

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.907077

malzemesinin erime performansını sırasıyla %6 ve %7 arttırdığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, maksimum eksantrik düzende (E=0,70) eriyen faz değişim malzemesinin eş merkezli düzene göre %21 daha fazla olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada, dairesel bir boruda yeni bir kanatçık tipi olan boyuna dalgalı kanatçıklar kullanılmış ve dört farklı kütleli debiye (0,1 kg s⁻¹, 0,14 kg s⁻¹, 0,18 kg s⁻¹ ve 0,22 kg s⁻¹) göre kanatçıkların ısı transferine etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Ayrıca, boyuna dalgalı kanatçıkları ısı transferi açısından boyuna düz kanatçıklar ile kıyaslamak amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, konturlar ve grafikler şeklinde sunulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, dairesel bir boruda kanatçık tipinin ısı transferine etkisini incelemek amacıyla boyuna dalgalı kanatçıklara ve boyuna düz kanatçıklara sahip iki farklı model tasarlanmıştır. Üç boyutlu akış analizini gerçekleştirmek için bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı olan ANSYS Fluent programı kullanılmıştır.

Fiziksel Model

Analizlerde kullanılan dairesel bakır boru 24 mm dış çapa, 20 mm iç çapa ve 850 mm uzunluğa sahiptir. Şekil 1’de görüldüğü üzere boyuna dalgalı kanatçık ve boyuna düz kanatçık olmak üzere iki farklı kanatçık tipi kıyaslanmıştır. Her iki kanatçık için de dairesel borunun dış yüzeyinde toplam 18 adet bakır kanatçık kullanılmıştır. Kanatçıkların yüksekliği 10 mm, kalınlığı 1 mm ve uzunluğu 800 mm olarak belirlenmiştir.

Analizlerde ısı transfer akışkanı olarak su kullanılmıştır. Suya ait termofiziksel özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Yürütülen Eşitlikler

Boyuna dalgalı ve düz kanatçıklara sahip dairesel borunun üç boyutlu akış analizinin çözümlenmesinde standart k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Isı transferi ve akış probleminin çözümlenmesi, sürekli rejimde kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinin çözülmesi esasına dayanır. Bu denklemler aşağıda verilmiştir:

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

x momentum denklemi:

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

y momentum denklemi:

$$\rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

z momentum denklemi:

$$\rho \left(u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

Enerji denklemi:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \left(\frac{k}{\rho c_p} \right) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

Yukarıdaki denklemlerde u, v ve w sırasıyla x, y ve z yönlerindeki hızları temsil etmektedir. k', türbülans kinetik enerjisini, ε, dissipasyon terimini, Φ viskoz kaybolma terimini temsil etmektedir.

Türbülans kinetik enerjisi denklemi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u k')}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v k')}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w k')}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k'}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k'}{\partial y} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k'}{\partial z} \right) + \mu_t \Phi - \rho \varepsilon \end{aligned} \quad (6)$$

Türbülans viskozitesi (μ_t):

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k'^2}{\varepsilon} \quad (7)$$

Türbülans kinetik enerji (k'):

$$k' = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (8)$$

Viskoz kaybolma terimi (Φ):

$$\Phi = 2\mu \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right] + \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \quad (9)$$

Türbülans kinetik enerji kaybolma denklemi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u \varepsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v \varepsilon)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w \varepsilon)}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \\ + C_{1\varepsilon} \mu_t \frac{\varepsilon}{k'} \Phi - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k'} \end{aligned} \quad (10)$$

Yukarıdaki denklemlerde C_μ , $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, σ_k , σ_ε katsayıların sabit olup $C_\mu = 0,09$, $C_{1\varepsilon} = 1,44$, $C_{2\varepsilon} = 1,92$, $\sigma_k = 1$, $\sigma_\varepsilon = 1,3$ 'tür (Buyruk ve Karabulut, 2017; Wang ve ark., 2009).

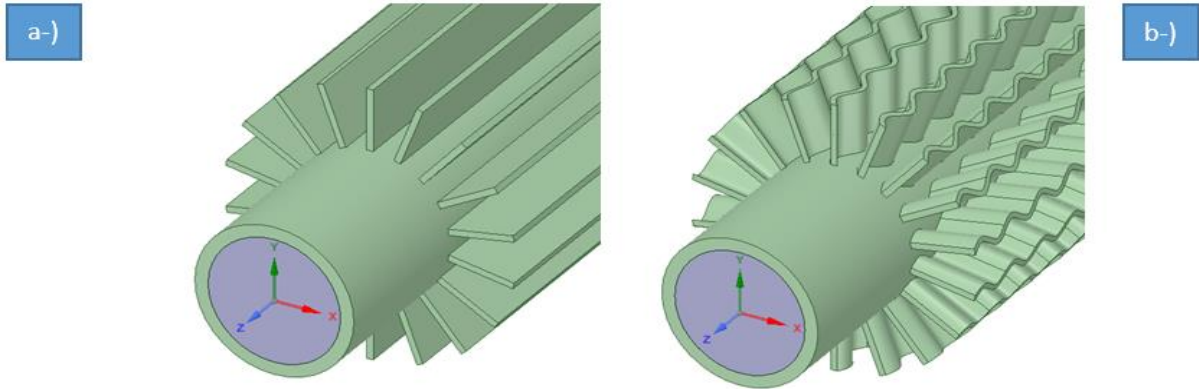
Sınır Şartları

Boyuna kanatçıklara sahip dairesel boru için yürütülen analizler üç boyutlu, sürekli rejimde ve basınca dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm yüzeylere kaymama sınır şartı ve yüzeye yakın kısımlara standart duvar fonksiyonları yöntemi

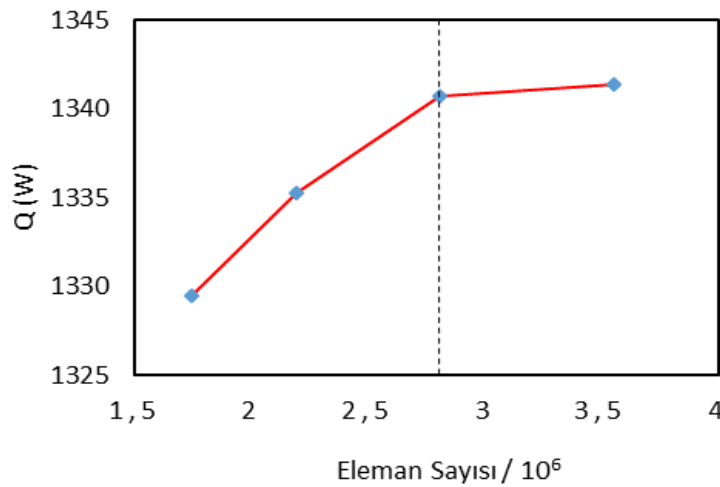
uygulanmıştır. Analizlerde yerçekiminin etkisi ihmal edilmiştir. Çalışma akışkanının boruya 345 K sıcaklıkta ve $0,1 \text{ kg s}^{-1}$, $0,14 \text{ kg s}^{-1}$, $0,18 \text{ kg s}^{-1}$ ve $0,22 \text{ kg s}^{-1}$ olmak üzere dört farklı kütleli debide girdiği varsayılmıştır. Dairesel kanaldaki akış tam gelişmiş ve türbülanslıdır. Dairesel borudan ısının 295 K sıcaklığındaki dış ortama $75 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ ısı taşınım katsayısıyla aktarıldığı kabulü yapılmıştır.

Ağdan Bağımsızlık

Şekil 2'de görüldüğü üzere ağdan bağımsızlık analizi için 1 741 790, 2 193 988, 2 806 300 ve 3 552 081 olmak üzere 4 farklı ağ sistemi oluşturulmuş ve ısı transferi açısından değerlendirilmiştir. $0,1 \text{ kg s}^{-1}$ kütleli debide ısı transferi açısından son iki ağ sistemi arasındaki farkın %0,1'den az olduğu görülmüştür. Bu sebeple, 2 806 300 elemanlı ağ sisteminin analizlerin doğruluğu açısından yeterli olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 1. a-) Boyuna düz kanatçıklı dairesel boru b-) Boyuna dalgalı kanatçıklı dairesel boru



Şekil 2. Ağdan bağımsızlık analizi

Tablo 1. Suyun (72 °C) termofiziksel özellikleri

Termofiziksel Özellikler	Değer
ρ (kg m ⁻³)	976,1
c_p (J kg ⁻¹ °C ⁻¹)	4192
μ (kg m ⁻¹ s ⁻¹)	0,000391
k (W m ⁻¹ °C ⁻¹)	0,665

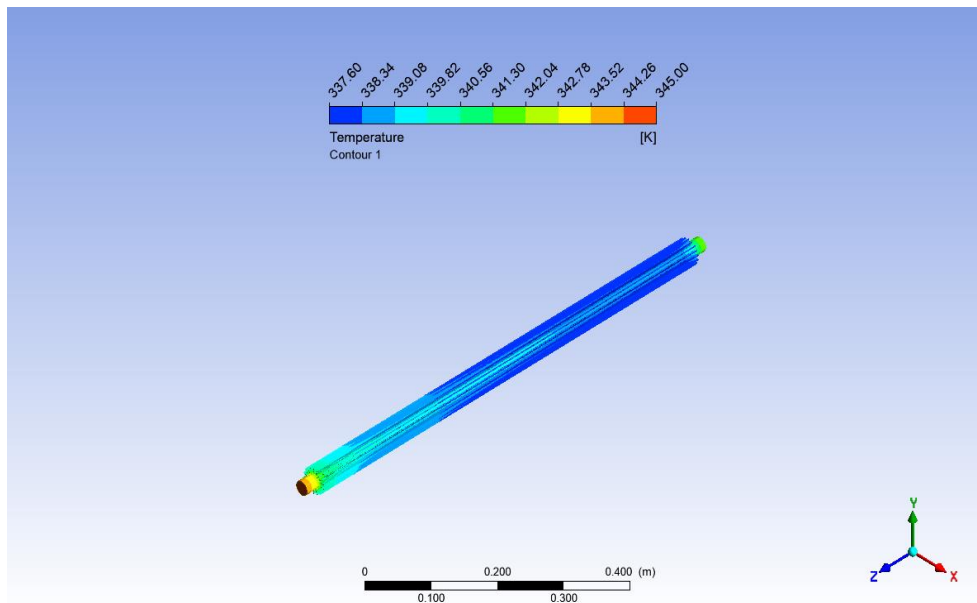
TARTIŞMA VE SONUÇ

Boyuna dalgalı ve düz kanatçıkların ısı transferine etkisini incelemek amacıyla yapılan CFD analizlerinden elde edilen sonuçlar, konturlar ve grafikler şeklinde verilerek yorumlanmıştır. 0,22 kg s⁻¹ kütleli debide boyuna düz kanatçıklara sahip dairesel boru için elde edilen üç boyutlu sıcaklık dağılımı ve bu sıcaklık dağılımının çıkış yüzeyinden görünümü sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Aynı şartlar altında boyuna dalgalı kanatçıklara sahip dairesel boru için elde edilen sıcaklık dağılımları ise Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Çıkış yüzeyinden elde edilen sıcaklık dağılımlarına göre, boyuna dalgalı kanatçıkların kullanılması durumunda elde edilen çıkış sıcaklığının boyuna düz kanatçıklara göre daha düşük olduğu görülmektedir.

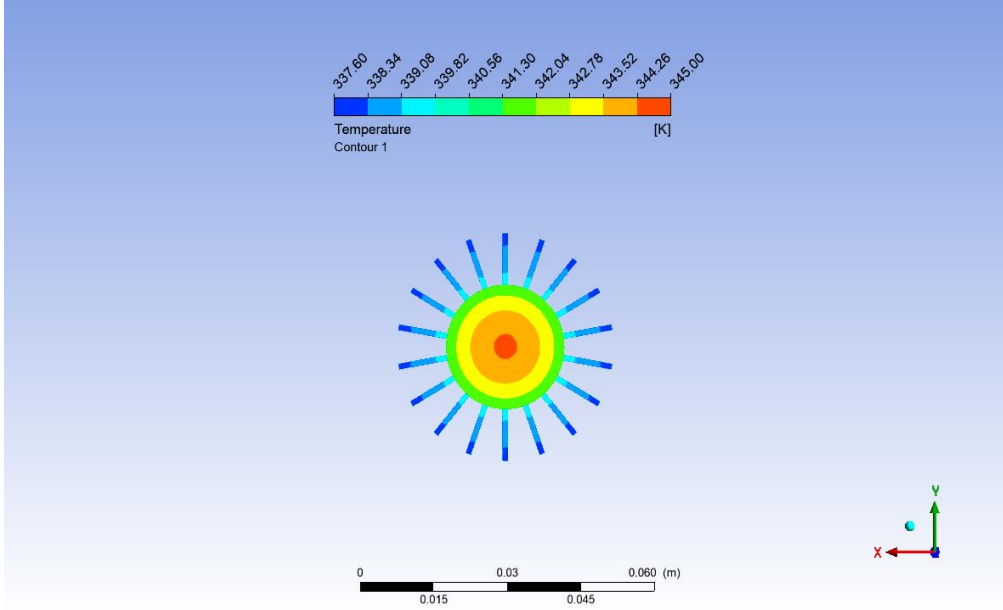
Isı transfer akışkanının dairesel borudan çıkış sıcaklıkları kullanılarak elde edilen sonuçlara göre boyuna düz ve boyuna dalgalı kanatçıkların ısı transferine etkisini gösteren grafik Şekil 7'de

verilmiştir. Boyuna dalgalı kanatçıkların kullanılması durumunda akışkanın sistemden çıkış sıcaklığının daha düşük olduğu ve dolayısıyla dairesel bir boruda kullanılan boyuna dalgalı kanatçıkların boyuna düz kanatçıklara göre ısı transferini arttırdığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, kütleli debinin artmasıyla ısı transferinin de arttığı görülmüştür. En yüksek ısı transferinin 0,22 kg s⁻¹ debide boyuna dalgalı kanatçıkların kullanılmasıyla elde edildiği bulunmuştur.

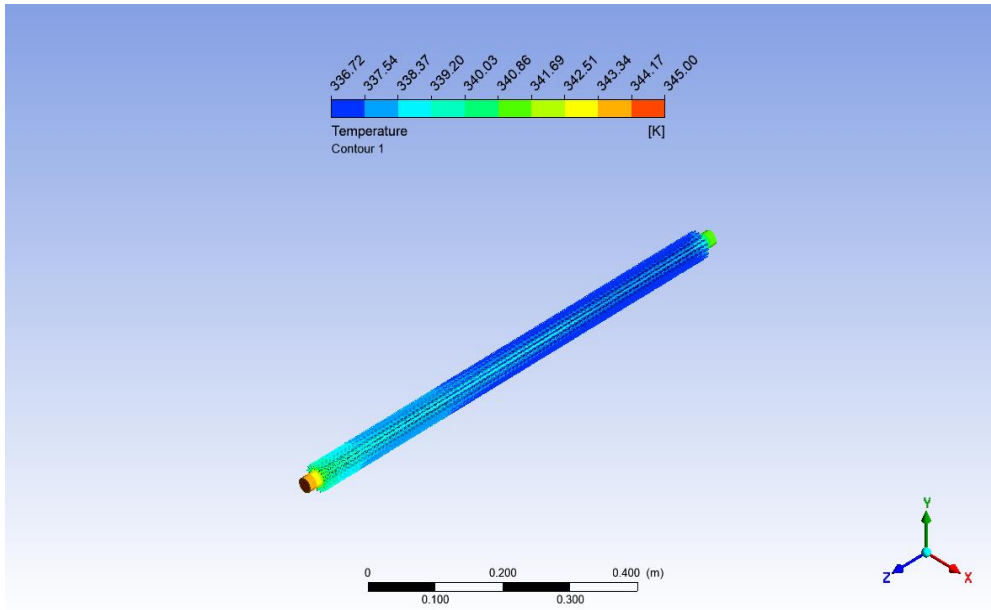
Bu çalışmada kullanılan modele yakın çalışmalar incelendiğinde, Maakoul ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada, bölünmüş boyuna kanatçıkların geleneksel boyuna kanatçıklara kıyasla ısı transferini en düşük %31, en yüksek %48 oranında arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada ise boyuna dalgalı kanatçıkların boyuna düz kanatçıklara kıyasla ısı transferini en düşük %8, en yüksek %11 oranında arttırdığı bulunmuştur.

**Şekil 3.** Boyuna düz kanatçıklara sahip dairesel boru için üç boyutlu sıcaklık dağılımı

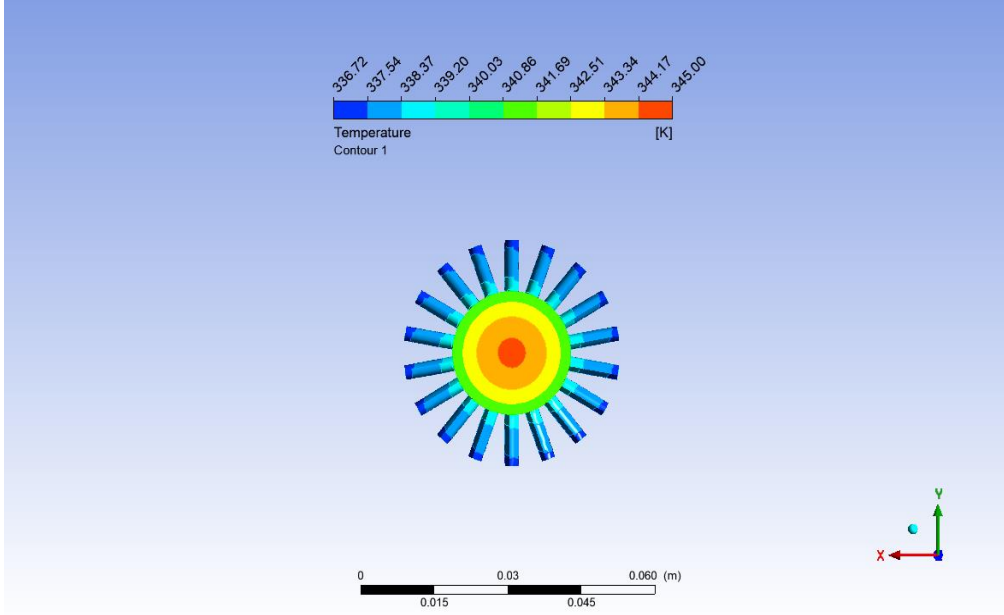
Research article/Araştırma makalesi
DOI: 10.29132/ijpas.907077



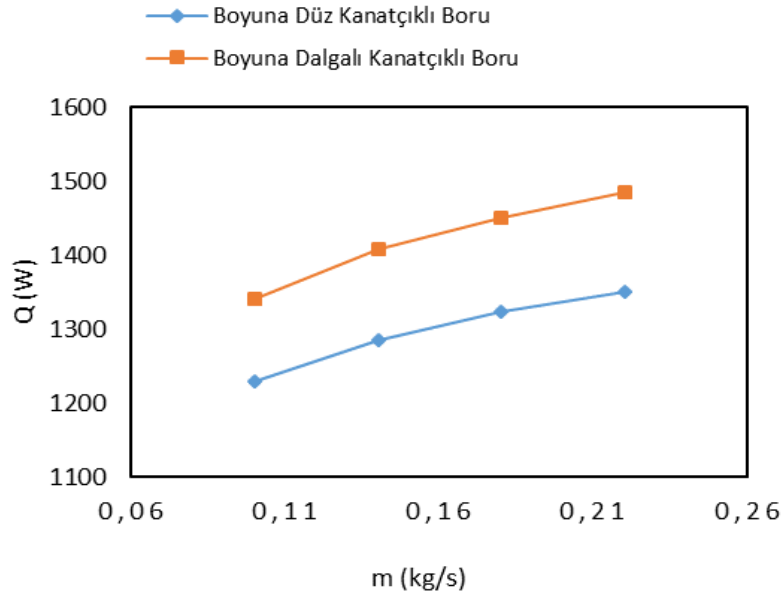
Şekil 4. Boyuna düz kanatçıklara sahip dairesel boru için sıcaklık dağılımının çıkış yüzeyinden görünümü



Şekil 5. Boyuna dalgalı kanatçıklara sahip dairesel boru için üç boyutlu sıcaklık dağılımı



Şekil 6. Boyuna dalgalı kanatçıklara sahip dairesel boru için sıcaklık dağılımının çıkış yüzeyinden görünümü



Şekil 7. Kanatçık tipine göre kütleli debi ile ısı transferinin değişimi

SONUÇLAR

Bu çalışmada, boyuna düz ve boyuna dalgalı kanatçıkların dairesel bir boruda meydana gelen ısı transferine etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Dairesel borudan akan suyun çıkış sıcaklıklarına göre elde edilen sonuçlar, konturlar ve grafikler şeklinde

gösterilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, boyuna dalgalı kanatçıkların boyuna düz kanatçıklara kıyasla ısı transferini %8-11 oranında iyileştirdiği görülmüştür. Ek olarak, kütleli debinin $0,1 \text{ kg s}^{-1}$ 'den $0,22 \text{ kg s}^{-1}$ 'ye kademeli olarak artmasıyla her iki kanatçık durumu için de ısı

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.907077

transferinin belirgin bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda boyuna dalgalı kanatçıklarda kanatçık yüksekliğinin, sayısının ve eğim açısının ısı transferine etkisi incelenebilir.

Semboller ve Kısaltmalar

c_p : Sabit basınçta özgül ısı ($J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$)

\dot{m} : Kütleli debi ($kg\ s^{-1}$)

Q : Isı transferi (W)

P : Basınç (Pa)

T : Sıcaklık (K)

ρ : Yoğunluk ($kg\ m^{-3}$)

μ : Dinamik viskozite ($kg\ m^{-1}\ s^{-1}$)

k : Isıl iletkenlik katsayısı ($W\ m^{-1}\ ^\circ C^{-1}$)

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar/ Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazar/Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abdulateef, A. M., Mat, S., Sopian, K., Abdulateef, J., Gitan, A. A., 2017. Experimental and computational study of melting phase-change material in a triplex tube heat exchanger with longitudinal/triangular fins. *Solar Energy*, 155: 142-153.
- Bayram, G., Şahin, A. Ş., 2014. Plakalı ısı eşanjöründe farklı soğutkanlar kullanılarak iki farklı soğutma sisteminin deneysel analizi. *SDÜ Yekarum e-Dergi*, 2(2): 20-25.
- Buyruk, E., Karabulut, K., 2017. Plakalı kanatçıklı ısı değiştiricilerde kanat açısının ısı transferine olan etkisinin üç boyutlu sayısal olarak incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1): 49-62.
- Cüce, E., 2020. Boyuna uzatılmış yüzeylerde dikdörtgenel oyukların ısı atımına etkisi: bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20: 931-940.
- Çelik, H., Parlak, N., 2018. Kanatçık geometrisinin ısı geçişine etkisinin parametrik incelenmesi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 2(2): 25-29.
- Hosseini, M. J., Ranjbar, A. A., Rahimi, M., Bahrapoury, R., 2015. Experimental and numerical evaluation of longitudinally finned latentheat thermal storage systems. *Energy and Buildings*, 99: 263-272.

- Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Derbentli, T., 2010. Isı ve kütle geçişinin temelleri. *Literatür yayınları*.
- Işık, E., Tuğan, V., 2021. Çiçek tip şaşırtma levhasına sahip gövde borulu ısı değiştiricinin CFD analizi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 428-439.
- Işık, E., Tuğan, V., 2017. Tunceli, Hakkâri ve Kars İllerinin Optimum Isı Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(2): 50-57.
- Karakaya, H., Durmuş, A., 2013. Heat transfer and exergy loss in conical spring turbulators. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 60: 756-762.
- Kazemi, M., Hosseini, M. J., Ranjbar, A. A., Bahrapoury, R., 2018. Improvement of longitudinal fins configuration in latent heat storage systems. *Renewable Energy*, 116: 447-457.
- Koca, T., Budak, S. A., 2021. Kanatçıklı iç borulu dikey ısı değiştiricilerinde ısı transferi ve basınç düşümü analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 62-72.
- Kumar, R., Verma, P., 2020. An experimental and numerical study on effect of longitudinal finned tube eccentric configuration on melting behaviour of lauric acid in a horizontal tube-in-shell storage unit. *Journal of Energy Storage*, 30: 101396.
- Maakoul, A. E., Feddi, K., Saadeddine, S., Abdallah, A. B., Metoui, M. E., 2020. Performance enhancement of finned annulus using surface interruptions in double-pipe heat exchangers. *Energy Conversion and Management*, 210: 112710.
- Özdemir, O., Kahraman, G., 2020. Hidrolik santrallerde kaviteasyon olayının neden olduğu arızalar ve çözüm yöntemleri. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(2): 169-178.
- Wang, Y. Q., Dong, Q. W., Liu, M. S., Wang, D., 2009. Numerical study on plate fin heat exchangers with plain fins and serrated fins at low Reynolds Number. *Chem. Eng. & Tec.*, 32 (8): 1219-1226.
- Zhang, S., Pu, L., Xu, L., Liu, R., Li, Y., 2020. Melting performance analysis of phase change materials in different finned thermal energy storage. *Applied Thermal Engineering*, 176: 115425.