



Farklı Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülötörlerin Gaz Yakıtlı Kazanda Kullanımının Isı Transferine Etkisi

Berna Çeri^{1*}, Tarkan Koca²

^{1*} Mimsan Endüstri Kazanları A.Ş. Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0454-6495), bernaceri@hotmail.com

² İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6881-4153), tarkan.koca@inonu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 26 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1077986)

ATIF/REFERENCE: Çeri, B. & Koca, T. (2022). Farklı Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülötörlerin Gaz Yakıtlı Kazanda Kullanımının Isı Transferine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 161-167.

Öz

Endüstriyel tesislerde çok sık kullanılan ısı değıştiriciler farklı sıcaklıklardaki iki akışkanı birbirine karıştırmadan ısı transferini gerçekleştiren cihazlardır. Isı değıştiricilerinde kullanılan türbülötörler ısı transferinde iyileşmeler sağlamaktadır. Kazanlarda türbülötörler duman borularına uygulanmakta olup, duman gazlarına türbülans kazandırmakta ve duman gazlarının yüzey ile olan temasını artırarak ısı transferini arttırmaktadırlar. Bu çalışmada bir gaz yakıtlı kazanda, farklı açılı kanatçıklara sahip türbülötörler 3. geçiş borularına eklenerek deneyler yapılmış ve türbülötör kanatçık açısı değışiminin ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisi araştırılmıştır. Ayrıca hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi yapan Solidworks Flow Simulation programı üzerinde analiz yapılarak deneyler doğrulanmıştır. Deneyde 3 farklı kanatçık açısına (15°, 20°, 25°) sahip türbülötörler kullanılmaktadır. Deneyde kullanılan kazan 3 geçişlidir. İlk geçiş yanmanın ilk gerçekleştiği yer olup 2. geçiş ve 3. geçiş ile birlikte yakıt bacaya gitmektedir. Boru dış çapı 42.4 mm ve boru iç çapı 36 mm, boru boyu 1720 mm olan 3. geçiş borularına 12 adet türbülötör konulmuştur. Deneyde su giriş sıcaklığı 50°C ve su çıkış sıcaklığı 70°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney sonucuna göre türbülötör kanatçık açısındaki değışimin ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisi gözlemlenmiştir. Elde edilen deney ve Solidworks Flow Simulation analizi sonucuna göre baca gazı çıkış sıcaklığının en düşük değerine kanatçık açısı 25° açığa sahip türbülötörle ulaşılırken, en fazla ısı transferi kanatçık açısı 25° olan türbülötör ile elde edilmiştir. Elde edilen deney sonucuna göre en iyi verim %97,6 ile kanatçık açısı 25° olan türbülötörden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı Değıştiricileri, Türbülötör, Isı Transferi.

Effect of Use of Turbulators with Different Angled Fins in Gas-Fired Boiler on Heat Transfer

Abstract

Heat exchangers, which are very commonly used in industrial plants, are devices that transfer heat without mixing two fluids at different temperatures. Turbulators used in heat exchangers provide improvements in heat transfer. In boilers, turbulators are applied to smoke pipes, giving turbulence to smoke gases and increasing heat transfer by increasing the contact of smoke gases with the surface. In this study, turbulators with different angle fins were added to the 3rd transition pipes in a gas-fueled boiler and experiments were carried out and the effect of turbulator fin angle change on heat transfer and flue gas output temperature was investigated. In addition, the experiments were confirmed by analyzing the Solidworks Flow Simulation program, which analyzes the dynamics of computational fluids. In the experiment, turbulators with 3 different fin angles (15°, 20°, 25°) are used. The boiler used in the experiment has 3 passes The first pass is the first place where the burning occurs and with the 2nd pass and the 3rd pass, the fuel goes to the chimney. 12 turbulators were placed on the 3rd passage pipes with an outer diameter of 42.4 mm and a pipe internal

* Sorumlu Yazar: bernaceri@hotmail.com

diameter of 36 mm and a pipe length of 1720 mm. In the experiment, the water inlet temperature was set to be 50°C and the water output temperature was 70°C. According to the results of the experiment, the effect of the change in the angle of the turbulator fin on heat transfer and flue gas output temperature was observed. According to the result of the experiment and Solidworks Flow Simulation analysis, the lowest value of the flue gas output temperature was obtained by the turbulator with a fin angle of 25°, while the most heat transfer was obtained by the turbulator with a fin angle of 25°. According to the results of the experiment obtained, the best yield was obtained from the turbulator with a fin angle of 25° with 97.6%.

Keywords: Heat Exchangers, Turbulator, Heat Transfer.

1. Giriş

Isı değiştiricileri, farklı sıcaklıklarda olan ve birbirine karışmayan akışkanlar arasındaki ısı transferini sağlayan cihazlardır. Isı değiştiricileri çok fazla alanda kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak; termik santraller, ısıtma, ilaç endüstrisi, taşıtlarda, demir çelik endüstrisi, soğutma tesisatları vb. verebilir. Kullanım yerlerine göre değişik tiplerde imalatları yapılabilmektedir. Isı değiştiricisi seçiminde etkili faktörler; akışkan sayısı, akışkanın yapısal özellikleri, akışkanların faz değişimleri, akışkanın akış şekli, ısı transfer mekanizması gibi etkenlerdir.

Isı transferini artırabilmek amacıyla geliştirilen yöntemler aktif ve pasif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu iki yöntemdeki amaç ısı taşınım katsayısını artırabilmektir. Isı taşınım katsayısının artırılması için akışın türbülanslı olması gerekmektedir. Akışta türbülans arttıkça ısı geçişinde ona paralel olarak artacaktır. Aktif yöntemde dışarıdan bir enerji uygulaması yapılırken, pasif yöntemde herhangi bir enerji uygulanmamaktadır. Aktif yöntemde yüzey döndürme veya yüzey titreşimi yapılırken; pasif yöntemde yüzey sadece işlenmektedir. Isı değiştiricileri altı ana gruba ayrılmaktadır. Şekil 1'de ısı değiştiricileri gruplanması görülmektedir.



Şekil 1. Isı Değiştiricileri Gruplandırması (Figure 1. Heat Exchangers Grouping)

Isı transferini iyileştirmek amacıyla birçok yöntem denenmektedir. Bu yöntemlerden birisi de türbülötör kullanımı olmuştur. Türbülötörler ısı transferini artırmak için kullanılırlar. Kazanlarda boru içine yerleştirilen türbülötörler türbülansı artırmaktadırlar. Türbülötörler akım yolunu uzatarak, türbülans değerlerini yükseltmekte, ısı transferini artırmaktadırlar. Duman borularında kullanılan türbülötörler baca gazı sıcaklığını düşürürler ve baca gazı kayıplarını azaltırlar. Türbülötörler enerji verimliliği sağladığı için çok fazla alanda kullanılmaktadırlar. Türbülötörlerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Sparrow ve Chaboki (1984), boru içindeki girdaplı hava akışında türbülötör kullanılması ısı transferine etkisini incelemek için deneysel çalışma yapmıştır. Türbülötör kullanılmayan boru ile türbülötör kullanılan borular arasındaki ısı transferini karşılaştırmışlardır. Türbülötör kullanılan borunun ısı aktarımının daha büyük olduğu ve ısı transfer veriminin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Pusat (2016), çalışmada bükümlü plaka tipi türbülötörü çift borulu eşeksenli bir ısı değiştiricisinin içine yerleştirilmiştir. Bu deneysel çalışmada türbülötörün ısı transferine, basınç kaybına, ekserji kaybı, entropi atım oranı ve

NTU değişimi incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, plaka kalınlığının artmasının entropi oranını artırmış olduğunu, etkinlik üzerinde bir etkisi olmadığını, ekserji kaybının arttığını belirtmiştir. Kapan (2016), çalışmada ısı değiştiricisinin içerisine yay tipi türbülötör koyarak ısı transferine ve basınç değişimine etkisini incelemiştir. Re arttıkça sürtünme faktörünün azaldığını tespit etmiştir. Bademci (2017), plaka tipi türbülötörler ve bu plaklar üzerine oluşturulmuş farklı kanatçık açıları ve farklı adımlar kullanılarak sayısal çalışma yapmıştır. Türbülötörleri dairesel kesitli borunun içine yerleştirmiş ve basınç kayıpları, ısı transfer özellikleri ve sürtünme karakteristikleri incelemiştir. Sayısal analizler sonucunda türbülötör kullanılmasıyla boş boruya göre %208 oranlarında ısı transferinde iyileşme olduğunu gözlemlemiştir. Celik ve arkadaşları (2018), akış içerisine zikzak şeklinde türbülötörleri Taguchi-Gri analiz yöntemini kullanarak incelemiştir. Deneylerinde türbülötörlerin en yüksek noktaları arasındaki mesafeyi kullanmışlardır. Bu yöntemle performans karakteristiklerini ve optimal tasarım parametrelerini belirlemişlerdir. Karagöz ve arkadaşları (2019), boru içerisine 3 farklı kanatçık arası mesafeye ve 3 farklı kanatçık açısına sahip türbülötör yerleştirmişlerdir. Sürtünme katsayısındaki değişimi bulmuşlardır. Ata ve Acır (2020), hava akışkanlı güneş kollektöründe, ısı transferine etki eden parametreleri iki farklı kanatçık tipine sahip türbülötör kullanarak incelemiştir. Isı transfer miktarının maksimum olması için gerekli olan parametre dizilimi $Re=5000$, Tip-II ve $\alpha=25^\circ$ olarak belirlemişlerdir. Koca ve Zedeli (2020), ısı değiştirici modellemesi için beş farklı (düz boru, tek, iki, üç, dört ve beş helisli) iç boru tasarımlarını ve deneysel ortamda çözümlenerek optimum ısı değiştiricisini belirlemeye çalışmışlardır. Isıl performansın en yüksek olduğu ısı değiştiricisi olarak beş helisli boruyu tespit etmişlerdir. Turgut, E. (2020), iç içe iki borudan oluşan ısı değiştiricisinin içerisine yerleştirilmek üzere dairesel kesitli türbülötör kullanmış, türbülötörün ısı transferi ve basınç kaybına olan etkisini incelemiştir. Reynolds sayısındaki artışın ısı transferini artırdığını tespit etmiş olup ısı performansın ise Reynolds sayısındaki artış ile ters orantılı değişim gösterdiğini belirlemiştir. Şahin ve arkadaşları (2020), eşmerkezli iç içe borulu ısı değiştiricisinde, ısı transferinin iyileştirilmesi ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yay tipi türbülötörler kullanmışlardır. RNG- $k-\epsilon$ modeli ile sayısal analizler yapmışlardır. Sayısal analizlerde, Model ① (RNG-Standard wall function), Model ② (RNG-Non-Equilibrium wall function) ve Model ③ (RNG-Enhanced wall treatment) üç temel türbülans modelleri kullanılmıştır. Deneysel ve sayısal analizler sonucunda en iyi sonuçları Model ① türbülans modeli verdiğini belirtmişlerdir. Koca ve Budak (2021), kanatçık sayısı farklı olan kanatçıklı iç borulu ısı değiştiricisi dik konumdayken ısı transferinin artırılması için deneysel çalışma yapmışlardır. Boru içi akışların hepsini türbülanslı olacak şekilde ele almışlardır. Yaptıkları deney sonucunda en iyi ısı transfer miktarının kanatçık sayısı en fazla olan iç boruda olduğunu belirtmişlerdir. Fırat ve arkadaşları (2021), farklı kanatçık açısına sahip türbülötörlerin ısı transferine ve sürtünme faktörüne etkisini

deneysel olarak araştırmışlardır. Reynolds 7223 ile 10043 arasında değişen değerlerinde çalışma yapmışlardır. Türbülatörlerin kanatçık açısı 10° ve 20° olarak deney yapmışlardır. En iyi ısı transferini Reynolds 7223 sayısı ile 20° açılı kanatçıklı türbülatörde elde ettiklerini belirtmişlerdir. 20° açılı kanatçıklı türbülatörün ısı iyileştirme faktörü, 10° açılı trblatre oranla 1.037 kat daha fazla olduğu bulmuşlardır.

Yapılan bu çalışmada duman borulu gaz yakıtlı kazanda farklı açılı kanatçıklara sahip türbülatörlerin kullanımının ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisi araştırılmıştır. Yapılan deney ve analiz sonucunda kanatçık açısı arttıkça ısı transferi artmaktadır ve baca gazı çıkış sıcaklığı azalmaktadır. Ayrıca baca gazı emisyonları da ölçümü olup türbülatör kullanımının yanma verimine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deney düzeneğinde; fabrikayı ısıtmak için kullanılan doğalgaz yakıtlı MİMSAN marka 300.000 kcal/h kapasiteli, 3 geçişli bir kazan, çeşitli noktalarda sıcaklık ölçen sıcaklık transmitteri ve baca gazı çıkış değerlerini ölçebilmek için TESTO 300 cihazı kullanılmıştır. TESTO 300 baca gazı analizörü cihazıdır ve baca gazındaki emisyon değerlerini ölçmektedir. şekil 2'de deney düzeneği ile ilgili görseller verilmiştir.



şekil 2. Deney Düzeneği (Figure 2. Experimental Assembly)

Tablo 1'de kazan etiket bilgileri verilmiştir.

Tablo 1. Kazan Etiket Bilgileri

Isı Gücü	300.000	kcal
Isı Gücü	348	kW
Çalışma Sıcaklığı	50/30	°C
Konsantrasyon Basıncı	4.2	bar
Hidrolik Test Basıncı	6	bar
İşletme Basıncı	4	bar

Türbülatörler, kullanılacak kazanın işletme basıncına, yakıt cinsine, çalışma rejimine, gaz sıcaklıklarına, boru çapı ve işletme koşullarına bağlı olarak tasarlanır ve malzeme seçimi yapılır. Türbülatörler siyah veya paslanmaz malzemeden imal edilebilirler. şekil 3'te farklı tipteki türbülatörler görülmektedir.



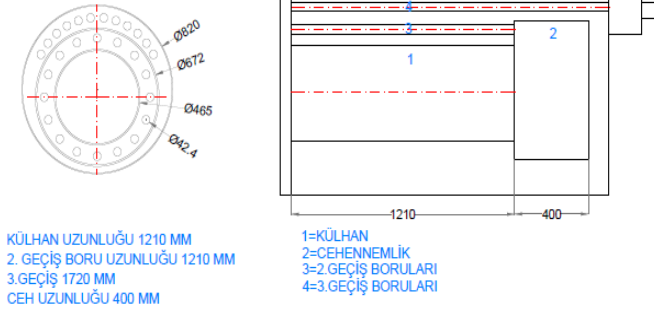
şekil 3. Türbülatör rnekleri (Figure 3. Turbulator Examples)

Türbülatörler 3. geçiş borularında kullanılmıştır. Boru iç çapı 36 mm ve boru boyu 1720 mm'dir. Toplamda 12 adet boru bulunmaktadır. şekil 4'te deneyde kullanılan türbülatörler görülmektedir.



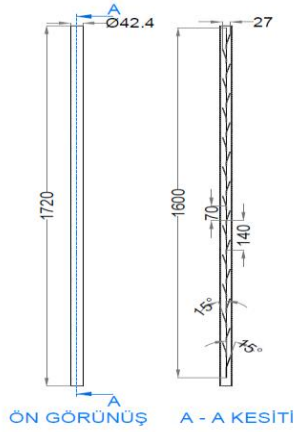
şekil 4. Türbülatör (Figure 4. Turbulator)

şekil 5'te kazanın boyutu hakkında bilgi verilmektedir.



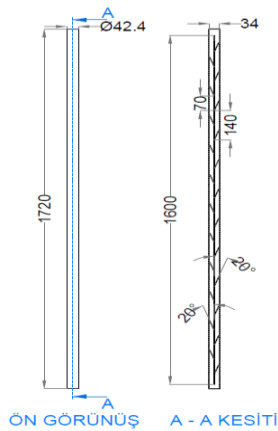
Şekil 5. Kazan Boyut Bilgileri (Figure 5. Boiler Dimension Information)

Bütün türbülötörler 2 mm sac levha ile imal edilmiş olup kanatçık arası mesafe 70 mm, boyu 1600 mm'dir. Şekil 6'da 15° açılıya sahip türbülötörün tasarım parametreleri verilmiştir.



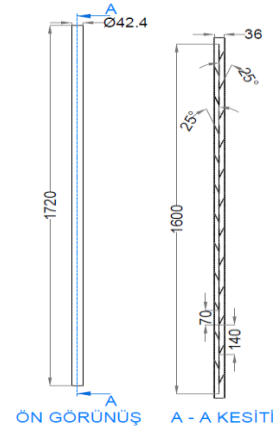
Şekil 6. 15° Açılıya Sahip Türbülötörün Tasarım Parametreleri (Figure 6. Design Parameters of Turbulent with 15° Angle)

Şekil 7'de 20° açılıya sahip türbülötörün tasarım parametreleri verilmiştir.



Şekil 7. 20° Açılıya Sahip Türbülötörün Tasarım Parametreleri (Figure 7. Design Parameters of Turbulent with 20° Angle)

Şekil 8'de 25° açılıya sahip türbülötörün tasarım parametreleri verilmiştir.



Şekil 8. 25° Açılıya Sahip Türbülötörün Tasarım Parametreleri (Figure 8. Design Parameters of Turbulent with 25° Angle)

Kazandan elde ettiğimiz verilere göre Reynolds sayısı hesaplanmıştır. Boruların iç çapı 36 mm'dir. 12 borudan geçen gazın ortalama hızı dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$Re = \frac{v \cdot d_{iç}}{\nu} \quad (1)$$

v = Gazın boru içinde geçiş hızı (m/sn)

$d_{iç}$ = Boru iç çapı (m)

ν = Havanın kinematik viskozitesi (m²/sn)

Logaritmik sıcaklık farkı formülü;

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (2)$$

$$\Delta T_1 = T_{dg} - T_{sg} \quad (3)$$

$$\Delta T_2 = T_{dç} - T_{sç} \quad (4)$$

T_{dg} = Gazın 3. geçiş borusuna geldiği sıcaklık

$T_{dç}$ = Gazın borudan çıkış sıcaklığı

T_{sg} = Suyun kazana geldiği sıcaklığı

$T_{sç}$ = Suyun kazandan çıkış sıcaklığı

Taşıyım ile ısı transferi, gazdan suya geçen ısı transferine eşit olacaktır;

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T = (\dot{m} \cdot c_p)_{su} \cdot (T_{sg} - T_{sç}) \quad (5)$$

$$Nu = \frac{h \cdot d_{iç}}{k} \quad (6)$$

h =Isı taşıyım katsayısı (W/m²K)

$d_{iç}$ = Boru iç çapı (m)

k =Isıl iletim katsayısı (W/mK)

Kazan verim hesabı;

$$\eta = \frac{m_b \cdot i_b - m_s \cdot i_s}{B \cdot H_u} \quad (7)$$

m_b : Ölçülen buhar debisi (kg/h)

m_s : Ölçülen su debisi (kg/h)

i_b : Buhar entalpisi (kcal/kg)

i_s : Besi suyu entalpisi (kcal/kg)

B : Ölçülen yakıt debisi (kg/h)

Hu: Yakıtın alt ısıl değeri (kcal /kg)
Şeklinde hesaplamaları yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan deneysel çalışma ve analiz sonucunda ısı değiştiricisinde türbülötör kullanımının ısı transferine etkisi belirlenmiştir. Deneyde suyun kazana giriş sıcaklığı 50°C, suyun kazanda çıkış sıcaklığı 70°C, fan debisi 540 m³/h ve gaz giriş sıcaklığı 1000°C olarak alınmıştır. Fan debisi sabit olduğundan Re sayısı 42000 ile 42500 aralığında hesaplanmıştır. Yani Deneyde 3 farklı tipte türbülötör kullanılmıştır. Bu türbülötörlerin sisteme performans açısından etkisi araştırılmıştır. Tablo 2’de 3.geçiş borularına gelen gazın sıcaklık değeri verilmiştir.

Tablo 2. 3. Geçiş Borusundaki Gazın Giriş Sıcaklığı

Türbülötör Kanatçık Açısı	3. Geçiş Borusundaki Gazın Giriş Sıcaklığı(°C)
15°	379 °C
20°	355 °C
25°	348 °C

Türbülötör kanatçık açısı arttıkça gazın duman boruları içerisinde hareketi zorlanmıştır ve bu zorluk nedeniyle gaz sıcaklığında düşüş meydana gelmiştir. Yapılan deney sonucunda TESTO 300 cihazından elde edilen veriler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Deney Verileri

Kanatçık Açısı	T _b (°C)	CO ₂ (%)	Verim (%)	T _o (°C)	T _{çığ} (°C)
15°	100,5°C	%10,4	%96,6	25,8 °C	57 °C
20°	83,6 °C	%10,45	%97,1	23,9 °C	56,3 °C
25°	77,9 °C	%10,57	%97,6	20,9 °C	55 °C

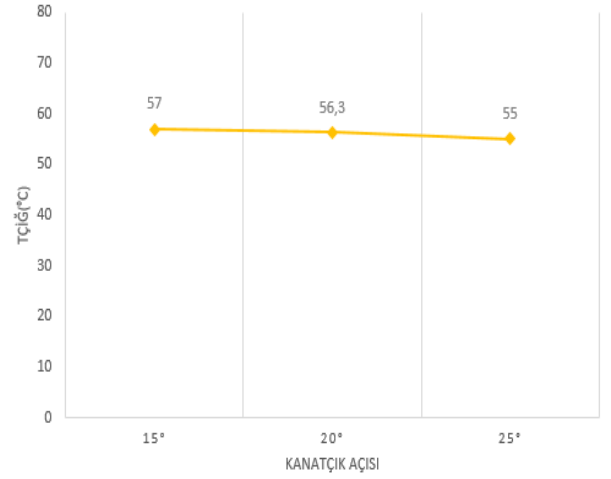
T_b= Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı

T_o= Ortam Sıcaklığı

T_{çığ}=Çiğlenme Sıcaklığı

Deney sonucunda elde verilere göre türbülötörlerin baca gazı emisyonlarına çok fazla etki etmediği anlaşılmıştır.

Şekil 9’da çiğlenme noktası sıcaklığı (T_{çığ}) değeri grafik halinde verilmiştir.

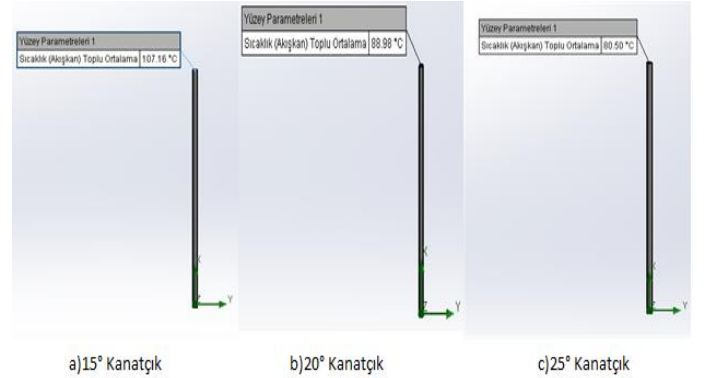


Şekil 9. Çiğlenme Noktası Sıcaklığı Grafiği (Figure 9. Dew Point Temperature Chart)

TESTO 300 baca gazı analiz cihazından alınan verilere göre kanatçık açısı 15° iken çiğlenme noktası sıcaklığı 57 °C, kanatçık açısı 20° olduğu zaman 56,3 °C ve kanatçık açısı 25° olduğu zaman 55 °C elde edilmiştir.

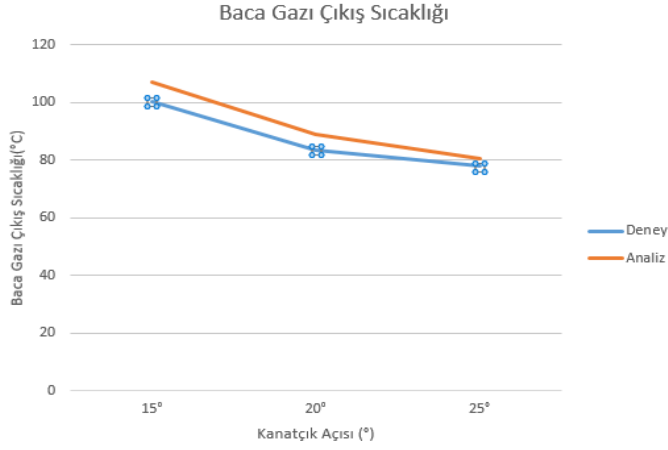
TESTO 300 baca gazı analiz cihazından alınan verilere göre kanatçık açısı 15° iken ortam sıcaklığı 25,8 °C, kanatçık açısı 20° olduğu zaman 23,9 °C ve kanatçık açısı 25° olduğu zaman 20,9 °C elde edilmiştir.

Solidworks Flow Simulation analizi sonucunda kanatçık açısı 15°, 20°, 25° olan türbülötörler de elde edilen baca gazı çıkış sıcaklık değeri Şekil 10’da verilmiştir.



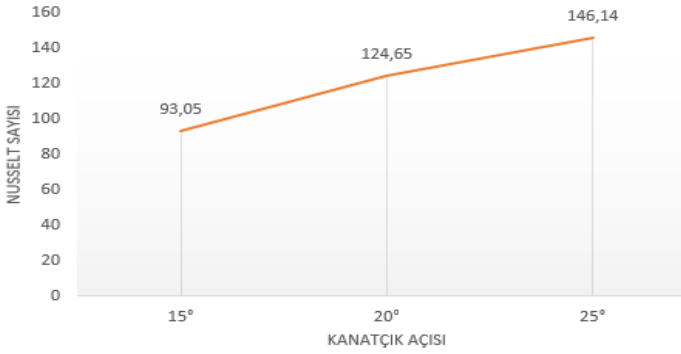
Şekil 10. Farklı Kanatçık Açısına Sahip Türbülötörlere ait Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı (Figure 10. Flue Gas Output Temperature of Turbulators with Different Fin Angle)

Yapılan Solidworks Flow Simulation analizi sonucunda 15° kanatçık açılı türbülötörde baca gazı çıkış sıcaklığı 107,16°C, 20° kanatçık açılı türbülötörde baca gazı çıkış sıcaklığı 88,98°C, 15° kanatçık açılı türbülötörde baca gazı çıkış sıcaklığı 80,5°C elde edilmiştir. Şekil 11’de deney sonuçları ile analiz sonuçlarının karşılaştırılması grafik halinde verilmiştir.



Şekil 11. Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı (Figure 11. Flue Gas Output Temperature)

Yapılan deney sonucuna göre Nusselts sayısı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Q değeri ısı transferi miktarı 1652,2 kcal/h olarak bulunmuştur. Şekil 12’de Nusselt değerleri grafik halinde verilmiştir.



Şekil 12. Nusselt Sayısı (Figure 12. Number of Nusselt)

Nu sayısı arttıkça ısı transferi miktarıda artmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda Nu sayısı en yüksek kanatçık açısı 25° olan türbülator ile elde edilmiştir.

Yapılan deney ve Solidworks Flow Simation analizi sonucunda sonucunda aşağıdaki verilere ulaşılmıştır.

- Yapılan deneyde 3.geçiş borularına gelen yanmış gazın sıcaklığı sıcaklık 3 deney içinde farklı elde edilmiştir. Kanatçık açısı 15°’de 379°C, kanatçık açısı 20°’de 355°C ve kanatçık açısı 25°’de 348°C olarak elde edilmiştir. Kanatçık açısı arttıkça gazın boru içinden geçişi zorlaşmıştır ve bu durum nedeniyle gazın 3. geçiş borularına giriş sıcaklığında düşüş meydana gelmiştir.

- Baca gazı çıkış sıcaklığı, kanatçık açısı 15°’de 100,5°C, kanatçık açısı 20°’de 83,6°C ve kanatçık açısı 25°’de 77,9°C olarak elde edilmiştir. Analiz sonucuna göre ise bu değerler kanatçık açısı 15°’de 107,16°C, kanatçık açısı 20°’de 88,98°C ve kanatçık açısı 25°’de 80,5°C elde edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman deney sonucu ile analiz sonucunun birbirine yakın değerler elde edildiği görülmüştür.

- Deneyde kanatçık açısı 15° olan türbülator kullanıldığı zaman verim %96,6 elde edilirken, kanatçık açısı 20° olan türbülatorde %97,1 ve kanatçık açısı 25° olan türbülatorde verim %97,6 elde edilmiştir. Bu sonuç doğrultusunda en iyi verim %97,6 ile kanatçık açısı 25° olan türbülatorde elde edilmiştir.

4.Sonuç

Bu çalışmanın amacı gaz yakıtlı kazanda farklı açılı kanatçıklara sahip türbülatorlerin kullanımının ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisini incelemektir. 15°,20° ve 25° lik 3 farklı kanatçık açısına sahip türbülator imal edilmiş ve doğalgaz yakıtlı bir kazanda kullanılmıştır. Yapılan deney sonucuna göre TESTO 300 cihazından elde edilen verilere göre en iyi verim 25° kanatçık açısına sahip türbülatorde %97,6 olarak elde edilmiştir. Bu durumunun sebebi kanatçık açısı arttıkça ısı transferi miktarı artmıştır. Baca gazı emisyon değerleri türbülator kullanımı ile çok değişmemiştir. CO₂ salınım değeri ortalama %10,40 ile %10,47 arasında gerçekleşmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda en düşük baca gazı sıcaklığı 25° açılıya sahip türbülatorde elde edilmiştir. Bu sonuç ısı transferinin en fazla 25° açılıya sahip türbülator ile elde edilmiş olduğunu göstermektedir. Türbülator kanat açısının artmasıyla dönme açısı artmış olup akım yolu uzamıştır. Akım yolunun artmasıyla ısı transferinde artış gerçekleşmiş olmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürde yapılmış olan çalışmalarla da uyumluluk göstermektedir. Örnek olarak Fırat ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada kanatçık açısı 10° ve 20° olan iki tip türbülator kullanılmış ve kanatçık açısı arttıkça yani 20° açılıya sahip türbülatorün kullanıldığı deneylerde ısı transferinin arttığı tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da türbülator kanatçık açısı arttıkça ısı transferinin arttığıda görülmektedir.

5. Teşekkür

Çalışmada deney yapma olanağı sağlayan Mimsan Grup’a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ata, I., & Acır, A. (2020). Hava Akışkanlı Güneş Kollektöründe Isı Transferi İyileştirmesine Etki Eden Parametrelerin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu. Politeknik Dergisi, 23 (2) , 527-535.
- Bademci, N. (2017). Boru İçine Yerleştirilen Türbülatorlerin Isı Transferi ve Akış Karakteristiklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi (Master's thesis, Batman Üniversitesi).
- Celik, N., Pusat, G., & Turgut, E. (2018). Application Of Taguchi Method And Grey Relational Analysis on a Turbulated Heat Exchanger. International Journal of Thermal Sciences, 23(2):527-535
- Fırat, İ., Karagöz, Ş., Yıldırım, O., & Sönmez, F. (2021). 10 ve 20 Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülatorlerin Isı Transferine ve Sürtünme Faktörüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. ULIBTK’21 Uluslararası Katılımlı 23. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi.
- Kapan, S. (2016). Yay tipi bir türbülatorün silindirik borularda ısı transferi ve basınç kaybına etkisi/The effects of coil spring turbulators inserted to the concentric heat exchangers on the heat transfer and pressure losses (Master's thesis, Fırat Üniversitesi).
- Karagöz, Ş., Çiltaş, S., Yıldırım, O., & Erdoğan, S. (2019). Yatay Borularda Türbülatorlerin Isı Transferine Olan Etkisinin Deneysel Araştırılması. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1), 306-316.
- Koca, T., & Zedeli, A. (2020). Helisel İç Borulu Isı Değiştiricilerde Isı Transferi ve Basınç Düşümü Analizinin

- Deneysel Olarak İncelenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 10 (3), 1943-1955.
- Koca, T., & Budak, S. (2021). Kanatçıklı İç Borulu Dikey Isı Değiştiricilerinde Isı Transferi ve Basınç Düşümü Analizi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11 (1), 62-72.
- Pusat, G. (2016). Isı Değiştirgeçlerinde Bükümlü Plaka Tipi Türbülatorün Isı Transferine ve Basınç Kaybına Etkisi/Effects Of Corrugated Plate Type Turbulators in a Heat Exchanger on Heat Transfer and Pressure Loss (Master's thesis, Fırat Üniversitesi).
- Sparrow, E. M., & Chaboki, A. (1984). Swirl-Affected Turbulent Fluid Flow and Heat Transfer in a Circular Tube. J. Isı Transferi, 106(4): 766-773
- Şahin, H. M., Dal, A. R., & Özkaya, M. (2020). İç İç Borulu Yay Tip Türbülatorlü Bir Isı Değiştiricisinin RNG k-ε Türbülans Modeli ile Sayısal Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 8(1), 64-78.
- Turgut, E. (2020). Dairesel Kesitli Türbülans Üreticilerinin Isıl Performansının Araştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(2), 481-490.
- Uğur, O. (2000). Duman Borulu Kazanlar İçin Türbülator Tipinin Seçilmesi (Master's thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi).
- Yıldız, A., & Gunerhan, H. (2005). Katı yakıtlı kazan tasarımı ve kazan ısı kapasite verimlilik değerinin deneysel olarak belirlenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 89, 50-57.