

Farklı Hava Üfleme Açılarında Kanat Yüzey Sıcaklığı Değişiminin Deneysel Olarak Araştırılması

Birkut GÜLER¹ 

Öz

Kanatla soğutma uygulamalarının endüstride uygulamalarını görebilmekteyiz. Motorlarda ve soğutma ihtiyacı olan yerlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Mühendislik çalışmalarında, kanat uygulamalarının bir yüzeyden çevredeki havaya veya akışkana ısı transferini iyileştirmek önemli bir yer tutmaktadır Kanat kullanmanın amacı etkili yüzey alanını artırarak yüzeyden ısı transferini artırmaktır. Bununla birlikte kanadın bağlı olduğu alt taban da bir iletim direnci oluşturmaktadır. Bu nedenle kanatçık kullanmak her zaman ısı transferini artırmayabilir. Bu da kanat etkinliği ile ifade edilir. Bu çalışma, 450 W gücünde bir ısıtıcı kullanılarak alüminyum bir kanadın farklı hava üfleme konumlarında termal davranışını incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ısıtıcı üzerine alüminyum plaka ve yüzeyine termal macun uygulanmış ve ardından üzerine alüminyum kanatlar (finler) yerleştirilmiştir. Ayrıca, ısı transferinin nasıl etkilendiğini anlamak için farklı fan konumları denenmiştir. Fan, kanatlara dik, paralel ve 45 derece açıyla yerleştirilmiştir. Sonuçlar, fanın plakanın yüzeyiyle dik olarak yerleştirildiği durumda kanadın alt tutucusunun en düşük yüzey sıcaklığına sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, termal yönetimde fan konumunun kritik bir faktör olduğunu vurgulayarak ısı transferini optimize etmek için pratik uygulamalarda kullanılacak önemli bilgiler sunmaktadır. Bu tür bilimsel çalışmalar, enerji verimliliğini artırmak ve ısı sistemlerin tasarımını geliştirmek isteyen endüstri ve mühendislik alanlarında uygulama potansiyeli taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Taşınım Katsayısı, Isı Transferi, Soğutma.

Experimental Investigation of Fin Surface Temperature Change at Different Air Flow Angles

Abstract

We can observe the practical applications of fin cooling systems in various industrial contexts, particularly in engines and places where cooling is essential. In engineering studies, the implementation of fins plays a significant role in enhancing heat transfer from a surface to the surrounding air or fluid. The primary objective of using fins is to increase the effective surface area, thus improving heat transfer from the surface. However, the base to which the fin is attached introduces a resistance to heat conduction, making the use of fins not always beneficial. This efficiency of fins is expressed as their effectiveness. In this study, an aluminum fin was investigated under different air blowing conditions using a 450 W heater. The study involved applying thermal paste to the heater's surface and attaching aluminum fins to it. Different fan orientations were tested to understand their effect on convective heat transfer. The fan was placed perpendicular to the fins, parallel to them, and at a 45-degree angle. The results showed that the configuration with the fan perpendicular to the surface exhibited the lowest surface temperature on the lower base of the fin. These findings emphasize the critical role of fan orientation in thermal management, providing valuable insights for optimizing heat transfer in practical applications. Such scientific research has the potential for application in industries and engineering fields seeking to enhance energy efficiency and improve the design of thermal systems.

Keywords: Convection Coefficient, Heat Transfer, Cooling.

¹Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri, Giresun, Türkiye, birkut.guler@giresun.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0001-5541-5279>

1. Giriş

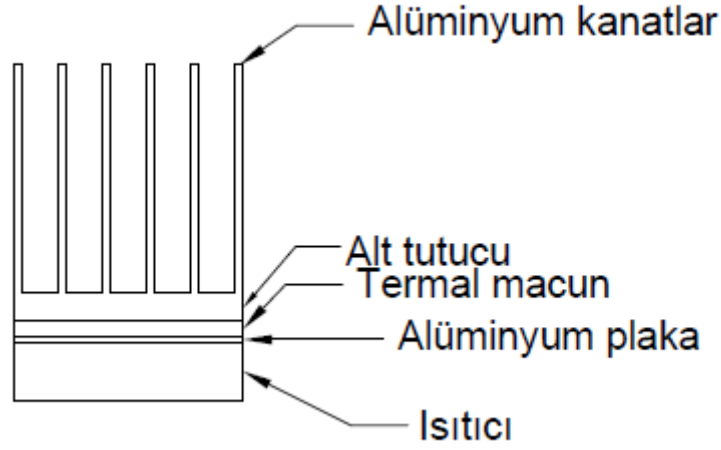
Isı transferi temel olarak üç şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar sırasıyla, iletim, taşınım ve ışınım'dır. Bina yüzeylerinde veya soğutma yapılacak ekipmanlarda aynı zamanda termal iletim, taşınım ve radyasyon ısı transferi gerçekleşmektedir (Lv ve ark., 2020). Taşınım ile ısı transferinde etkili parametrelerden biri olan ısı taşınım katsayısını belirlemek problemlerin çözümü açısından temel aşamadır. Taşınım ısı transferinin altında yatan fiziksel mekanizmalarını anlamak ve taşınım ile ısı transfer hesaplamalarını gerçekleştirmek için çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Taşınım ile ısı transfer mekanizmasını anlamak için fiziksel kökenler araştırılarak bir takım boyutsuz sayılar geliştirilmiştir (Bergman ve ark., 2011). Isı taşınım problemlerinin analizlerinde, katı yüzeydeki ortalama ısı akısının kolayca hesaplanabilmesi için ısı transfer katsayısı h 'nin kullanılması geleneksel çözüm yöntemidir. h 'yi bulmak için, kütle, momentum ve enerjinin korunumu için geçerli denklemleri aynı anda çözmek gerekir. Bazı araştırmacılar analizi büyük ölçüde basitleştirebilen, ancak taşınım özelliklerinin korunmasına izin veren bir ısı taşınım uzunluğu Δs de önermektedir (Shih ve ark., 2011). Taşınım ısı transfer katsayısı hem soğutma uygulamalarında hem de ısıtma uygulamalarında iyi çözümlenmesi gereken parametredir. Çalışmalar, binanın dış yüzeyinin konvektif ısı transfer katsayısının rüzgar hızı, rüzgar yönü ve sıcaklık farkı ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Xue ve ark., 2022). Farklı çalışmalar da hava akızsız koşulda, hava akışı koşulu altındaki Nu sayısından her zaman daha yüksek olduğunu gösterirken hava hızının varlığı ve geliş açısının ısı transferi üzerindeki etkisi ortaya koyulmaktadır (Wu ve ark., 2015). Isı transferinde özellikle ekipmanların soğutulmasında genişletilmiş yüzey ya da kanat adı verilen bir yöntemle soğutma yapılmaktadır. Genişletilmiş yüzey terimi, genellikle bir katı içinde iletim yoluyla ısı transferini ve katının sınırlarından taşınım yoluyla ısı transferini içeren önemli bir özel durumu tasvir etmek için kullanılmaktadır. Genişletilmiş yüzey kabulüyle yapılan çözümlerlerde farklı yaklaşımlar vardır. Yapılan çalışmalarda çift yönlü kanatlarda kanatlarda ısı transfer miktarının sıcaklık farkıyla ve eksenel yüzey alanıyla arttığı ortaya koyulmaktadır (Khaled., 2018). Kanat ucu sıcaklığının yanı sıra, uniform kalınlıktaki kanatlı boru kesitlerinin verimliliklerinin tahmini için yeni ve kullanımı basit bir korelasyon formüle etmeye yönelik çalışmalar da yapılmıştır (Bahaduri ve Vuthaluru., 2010). Zorlanmış taşınım katsayısı artan hava hızıyla artmaktadır (Ghafroki ve ark., 2017). Isıtıcı fırın tasarımlarında fırının içinde farklı bölgelerde hava hızına bağlı olarak verim farkları oluşabilmektedir. (Illes ve Harsanyi 2009). Taşınım ile ısı transfer katsayısının belirlenmesinde kullanılan ifadelerin doğruluğunu araştırmak amacıyla yapılan çalışmalar sınır tabakası teorisinden gelen hava akış yönüne göre belirlenen taşınım katsayısını kullanan, laminer ve türbülanslı akışların belirlenmesini de dikkate alan modelin farklı deneysel çalışmalarla doğrulandığını göstermektedir (Sartori., 2006). Farklı uygulamalar için zorlanmış taşınım katsayısını belirleyen ampirik ifadeler elde etmeye yönelik çalışmalar da

yapılmıştır(Rajasekaran ve ark., 2019). Boru etrafındaki enine akış için ısı transfer katsayılarının deneysel değerleri Borunun eksenine boyunca hava akışı için ısı transfer katsayılarından %22 daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur(Niezdoda_Zelasko ve Zelasko., 2014)

2. Materyal ve Metot

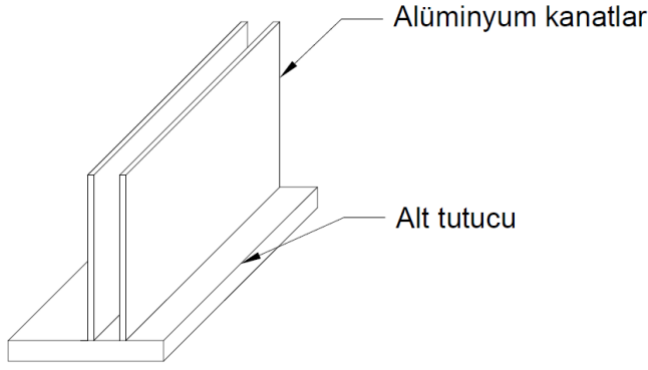
2.1 Deneysel Çalışma

Yapılan çalışmada 450 W gücünde elektrikli bir ısıtıcının üzerine 1 mm kalınlığında alüminyum plaka ve onun üzerine de termal macun sürülmüştür. Termal macunun üzerine de 6 adet kanattan oluşan genişletilmiş yüzey yerleştirilmiştir. Şekil 1 Çalışmada kullanılan düzeneği göstermektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan deney düzeneği

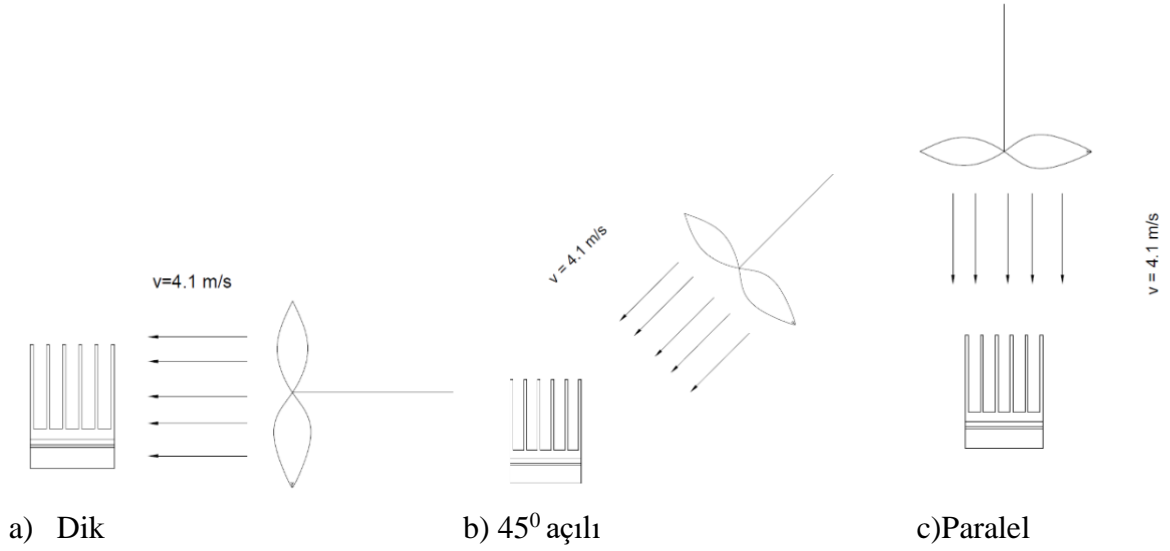
Şekil 2 çalışmada kullanılan alüminyum kanatların duruşunu temsili olarak göstermektedir. Buna göre 1,2 mm kalınlığında olan kanatlar 42x30 mm lik plaka üzerine aralarında 5 mm boşluk olacak şekilde yerleştirilmiştir. 450 Watt gücünde olan ısıtıcı 5 dakika süre ile çalıştırılarak, bu süre sonunda kanadın bağlı olduğu alt yüzeyden sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Sıcaklık ölçümünde problu dijital termometre kullanılmıştır. Ölçüm yapılan ortam sıcaklığı 20 °C olarak tespit edilmiştir.



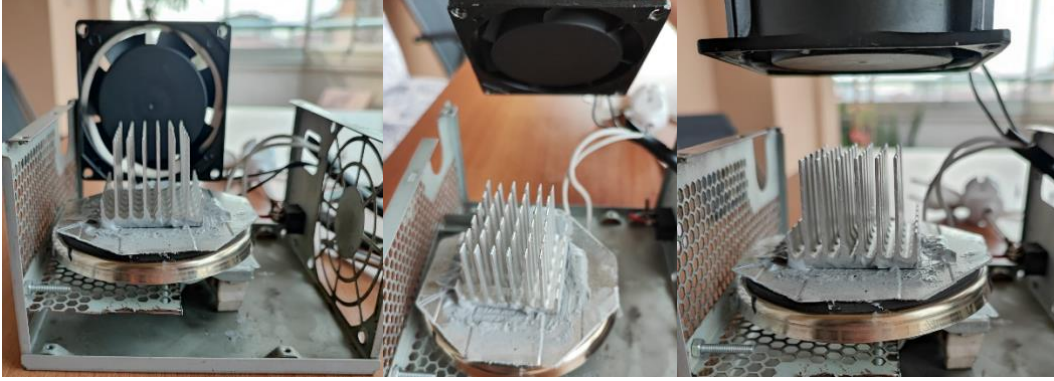
Şekil 2. Çalışmada kullanılan kanat yapısı

2.2. Hava akış açısının taşınım katsayısı üzerine etkisinin belirlenmesi

Rüzgâr açısının soğutma üzerine etkili olduğu daha önce yapılan çalışmalarda ortaya koyulmuştur(Sartori, 2006). Önceki literatür çalışmalarında rüzgarın aksenel ve radyal ısı taşınım katsayıları üzerindeki etkisi ağırlıklı olarak vurgulanırken, bu çalışmada benzersiz bir yaklaşım benimseyerek üç farklı açıda deneyler gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada Isıtıcı ve fan eş zamanlı olarak çalıştırılarak genişletilmiş yüzeyin bağlı olduğu tutucu üzerinden sıcaklık okumaları yapılmıştır. Çalışmada fan ilk olarak kanada dik, daha sonra 45° açıyla sonra ise fana paralel yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Şekil 3. sırasıyla fanın kanada dik, 45° ve paralel yerleştirilme konumunu göstermektedir. Fan hızı ölçümü, anemometre kullanılarak yapılmış ve bu ölçümler deneyin güvenilirliğini sağlamak için belirli aralıklarla tekrarlanmıştır. Kanatçıkların dik ve 45 derece konumu sağlamak için bir tutucu kullanılmıştır. Fan alüminyum kanatlara 30 mm mesafede tutularak hava dağılım bölgesi içerisinde tutulmuştur. Şekil 4 çalışmada kullanılan deney düzeneği üzerinde fanın farklı pozisyonlarını göstermektedir.



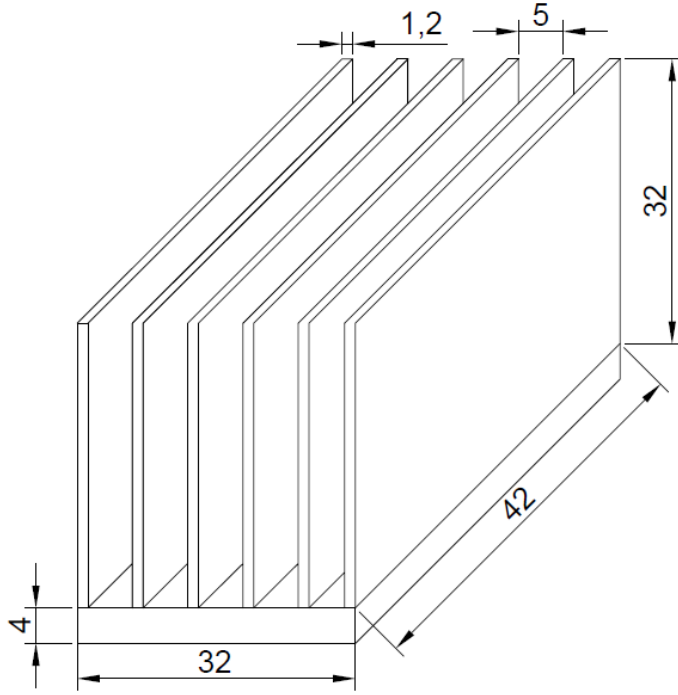
Şekil 3. Soğutucu fanın farklı konumlarda yerleştirilmesi



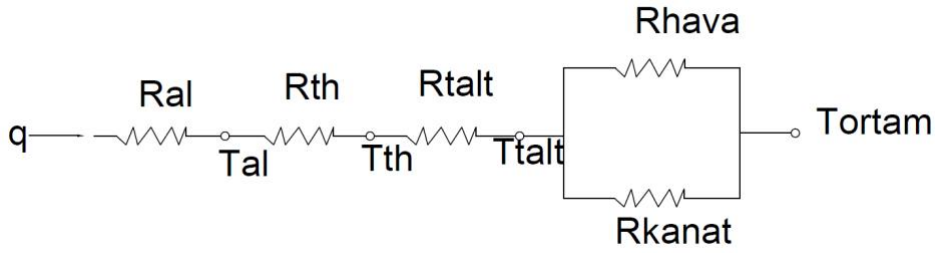
Şekil 4. Soğutucu fanın farklı konumlarındaki deneysel düzenek

2.3. Problemin çözümü

Yapılan çalışmada 450 W elektrik gücündeki ısıtıcı 5 dakika boyunca çalıştırılarak yaklaşık 350.000 W/m^2 sabit ısı akısı oluşturulmuştur. Çalışmada ısı akısı çok yüksek olduğundan rejim koşullarına gelmesi beklenmeden 300 s sürelerle ölçümler yapılmıştır. Soğutma havasını üflemek için 220 V gerilimde çalışan fan kullanılmıştır. Fanın her üç durumda da kanada olan mesafesi 30 mm olarak sabit tutulmuştur. Şekil 5. Çalışma esnasında kullanılan kanadın ölçülerini, Şekil 6. oluşan ısı dirençleri göstermektedir.



Şekil 5. Kanat yapısının gösterimi



Şekil 6. Oluşan ısıl dirençlerim şematik gösterimi

Yapılan çalışmada aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

1. 5 dakika süresi sonundaki oluşan sıcaklık değeri hesaplanmıştır.
2. Isıtıcının kenarlarından ve ön tarafından transfer olan ısı miktarları ihmal edilmiştir.
3. Soğutucu aracılığıyla gerçekleşen ısı transferinin, bu çalışma bağlamında tek boyutlu olduğu varsayılmıştır. Yani, ısı transferi süreci, sadece bir tek boyutlu uzamsal yönde meydana gelmekte ve diğer boyutlar göz ardı edilmektedir.
4. Adyabatik kanat kabulü yapılmıştır
5. Özelliklerin sıcaklıkla değişmediği sabit olduğu kabul edilmiştir.
6. Işımla ısı transfer etkileri ihmal edilmiştir.

$R_{t,al}$ Isıtıcının üzerindeki alüminyum plakanın ısı direnci; L, plakanın kalınlığı, k alüminyum ısı iletim katsayısı

$$R_{t,al} = \frac{T_{al}-T_l}{q_x} = \frac{L}{k \times A} \quad (1)$$

$R_{t,therm}$ Termal macunun ısı direnci; L, termal macunun kalınlığı, k termal macun ısı iletim katsayısı

$$R_{t,therm} = \frac{T_{th}-T_{al}}{q_x} = \frac{L}{k \times A} \quad (2)$$

$R_{t,kanat\ taban}$ Kanadın alt taban yüzeyinin ısı direnci L, kanadın alt kısmının kalınlığı, k kanat malzemesinin ısı iletim katsayısı

$$R_{t,kanat\ taban} = \frac{T_{kanat,taban}-T_{th}}{q_x} = \frac{L}{k \times A} \quad (3)$$

Kanatların arasında kalan hava kısmının ısı direnci; h ısı taşınım katsayısı, a kanadın oturduğu yüzeyin genişliği, N kanat sayısı, t_f kanadın kalınlığı, b kanadın oturduğu yüzeyin uzunluğu

$$R_{t,hava} = \frac{1}{h \times (a - N \times t_f) \times b} \quad (4)$$

$R_{t,kanat}$ Adyabatik kanat kabulüyle; tek kanat için ısı direnci; θ_k taban ile akışkan arasındaki sıcaklık farkı, q_k kanattan ortama olan ısı akısı

$$R_{t,kanat} = \frac{\theta_k}{q_k} \quad (5)$$

h, kanattan çevreye olan ısı taşınım katsayısı, P_k kanadın temas uzunluğu, A_k kanadın yüzey alanı, m kanat performans sayısı

$$R_{t,kanat} = \frac{(h \times P_k \times A_k)^{-1/2}}{\tan(m \times d)} \quad (6)$$

$$P = (b + tf) \quad (7)$$

$$A_c = (b \times tf) \quad (8)$$

$$m = \sqrt{\frac{h \times P}{k \times A_c}} \quad (9)$$

$$R_{t,kanat} = \frac{(h \times P \times k \times A_c)^{-1/2}}{\tan(m \times d)} \quad (10)$$

Tüm kanatlar için ısı direnci;

$$N \text{ kanat sayısı} = R_{t,kanat(N)} = \frac{R_{t,kanat}}{N} \quad (11)$$

Sistemin genel direnci; alüminyum plaka, termal macun ve kanat dirençlerinin toplamıyla bulunabilir.

$$R_{toplamlam} = R_{t,al} + R_{t,therm} + R_{t,kanat \text{ taban}} + R_{t,eşdeğer} \quad (12)$$

Kanadın ısı direnci ise kanat aralarındaki hava ve kanadın alüminyum kısmının dirençlerinden oluşacaktır. $R_{t,eşdeğer}$ kanadın eşdeğer direnci aşağıdaki gibi verilebilmektedir.

$$R_{t,eşdeğer} = [R_{t,hava}^{-1} + R_{t,kanat}^{-1}]^{-1} \quad (13)$$

Isıtıcıdan ortama olan ısı akısı;

$$q = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{toplamlam}} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{t,al} + R_{t,therm} + R_{t,kanat \text{ taban}} + R_{t,geniş \text{ yüzey}}} \quad (14)$$

Aynı zamanda; kanat tabanından ortama geçen ısı akısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$q = \frac{T_{kanat,taban} - T_\infty}{R_{t,geniş \text{ yüzey}}} \quad (15)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan malzemelerin özelliklerinin sıcaklıkla değişmediği kabul edilerek aşağıda Tablo 1’de verilen değerler kullanılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan malzemelerin ısı iletim katsayıları

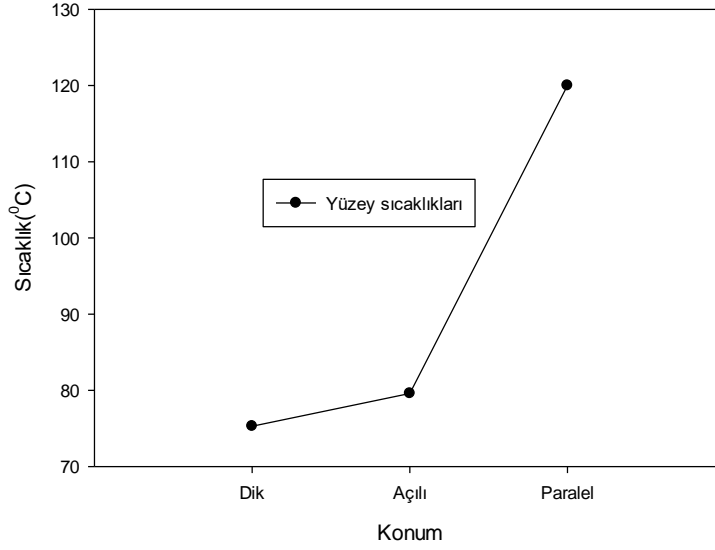
Malzeme	Isı iletim katsayısı (W/mK)
Alüminyum	238,48
Thermal macun	0,68
Kanat taban (alüminyum)	238,48

Çalışmada kullanılan malzemelerin hepsi için yüzey alanı 0,00126 m² olarak hesaplanmıştır. Çalışmada oluşan ısı direnç değerleri ise sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Tablo 2. hesaplanan ısı dirençleri göstermektedir.

Tablo 2. Çalışmada hesaplanan ısı dirençler

Malzeme	Isıl direnç değerleri (K/W)
Alüminyum	0,003327955
Thermal macun	3,5014006
Kanat taban (alüminyum)	0,013311821

Yapılan çalışmada fanın açılarının sırasıyla dik, 45 derece ve paralel olması durumları için kanadın dip kısmından sıcaklık ölçümleri yapılarak; oluşan yüzey sıcaklıkları belirlenmiştir. Buna göre belirlenen yüzey sıcaklık değerleri aşağıdaki Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Farklı üfleme konumlarında oluşan yüzey sıcaklıkları

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, 450 W gücündeki ısıtıcının kullanıldığı bir ortamda alüminyum plakanın zorlanmış taşınım şartlarında ısıl davranışı incelenmiştir. Çalışmada, plakanın üzerine termal macun uygulanmış ve termal macunun üstüne alüminyum kanatlar yerleştirilmiştir. Bu kanatlar, plaka yüzeyinden dışarıya doğru ısı transferini artırmak amacıyla kullanılmıştır. Dışarıdan bir fan kullanılmış ve kanadın tutucu alt kısmından sıcaklık ölçümleri yapılmış ve farklı fan konumları denenmiştir. Sınır tabaka, bir akışkanın katıyla temas halinde olduğu bölgedir. Çalışmada, sıcaklığı düşürmek istediğimiz yüzey, alüminyum kanatlarla kaplıdır. Sınır tabaka içinde akışkanın hızı yavaşlamakta ve ısı transferi bu bölgede yoğunlaşmaktadır. Fanın dik olarak yerleştirildiği durumda, akışkanın kanatlara çarpması ve ardından ayrılması, sınır tabakasının incelmeye neden olmaktadır. Bu durum ise sıcaklığın daha hızlı bir şekilde yüzeyden uzaklaştığı anlamına gelmekte ve daha iyi bir soğutma sağlanmaktadır. Sonuç olarak, fanın dik olarak yerleştirilmesi, sınır tabakasının incelmeye ve ısı transferinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum ise ısının daha hızlı bir şekilde kanatlardan uzaklaştığı ve daha etkili bir soğutma sağlandığı anlamına gelmektedir.

Çalışma sonuçları, fanın kanada dik olarak yerleştirildiği durumun, kanadın alt tutucusunun en düşük yüzey sıcaklığına sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, termal yönetimde fan konumunun ve kanat yerleşiminin ısı transferini optimize etmek için önemli bir etken olduğunu göstermektedir. Bu bilimsel bulgular, endüstriyel uygulamalarda ve ısıl sistem tasarımında ısı transferini verimli bir şekilde kontrol etmek isteyen mühendisler için fayda sağlayabilir.

Sistemin kanatlar arasındaki basınç düşüşünü de içeren daha ayrıntılı bir çalışmayla analizi konunun daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır. Adyabatik kanat ucu kabulü kısa süreli çalışma olması nedeniyle geçerli kabul edilebilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Bahadori,A., Vuthaluru, H.B.,(2010). Predictive tool for estimation of convection heat transfer coefficients and efficiencies for finned tubular sections. *International Journal of Thermal Sciences*, 49,1477-1483
- Bergman, T.L., Lavine, A.S.,Incropera, F.P., Dewitt, D.P. (2011). Fundamentals of Heat and Mass Transfer (7th ed.) United States of America. John Wiley & Sons.
- Ghafroki, P.S., Kallaste, A., Vaimann, T., Rassolkin, A., Belahcen, A.(2017). Determination of Forced Convection Coefficient Over a Flat Side of Coil. *58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University*, 978-1-5386-3846.
- Illés, B., Harsányi, G.(2009). Investigating direction characteristics of the heat transfer coefficient in forced convection reflow oven. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 33, 642–650
- Khaled, A-R.A., (2009). Analysis of heat transfer through Bi-convection fins. *International Journal of Thermal Science*, 48,122-132
- Lv, L., Xiang,Y.,Gu, Z., Huang, C., (2020). Dynamic characteristics of convection heat and radiation heat on building surfaces under cyclic heat flow. *Science Progress*, 105(1), 1–21.
- Niezgoda- Zelasko, B., Zelasko, J.(2014). Free and forced convection on the outer surface of vertical longitudinally finned tubes. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 57,145–156.
- Rajasekaran, E., Kumar, B., Muruganandhan, R., Raman,S.V., Antony, U.(2018). Determination of forced convection heat transfer coefficients and development of empirical correlations for milk in vessel with mechanical agitators. *J Food Sci Technol*,55(7), 2514–2522.
- Sartori, E.(2006). Convection coefficient equations for forced air flow over flat surfaces, *Solar Energy*, 80,1063–1071
- Shih, T., Thamire, C., ve Zhang, Y., (2011). Heat convection length for boundary-layer flows. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38, 405–409.
- Xue, X., Han, S., Guo, D., Zhao, Z., Zhou, B., Li, F., (2022). Study of the Convective Heat Transfer Coefficient of Different Building Envelope Exterior Surfaces. *Buildings*, 12,860.
- Wu, S-Y., Wang, K., Xiao, L., & Chen, S-M., (2016). Wind Effect on Combined Convection and Surface Radiation Heat Losses of a Fully Open Cylindrical Cavity With Insulation. *Heat Transfer Engineering*, 37(5):456–467